

Analisa CFD Kapal Passenger-Logistic Carrier dengan Variasi Hull Form

Ronald M H^{1*}, Hasanuddin², Wasys Dwi Aryawan², Hesty Anita Kurniawat², Totok Yulianto²

Mahasiswa Pascasarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia^{1*}

ronald.mhutaaruk@yahoo.co.id

Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia²

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan desain hull form terbaik bila ditinjau dari segi tahanan dan analisis CFD. Hull form divariasikan menjadi tiga bentuk yaitu, hull form berbentuk hard chine awal, hard chine hasil optimasi dan round bilge hasil optimasi melalui pertimbangan teknis dan safety. Dengan melakukan optimasi mengacu ukuran utama awal, diperoleh hasil tahanan terkecil pada hull form berbentuk round bilge hasil optimasi dengan besar 30,521 kN dengan persentase 84% di banding dengan desain awal. Dari analisis CFD, disimpulkan bahwa hull form bentuk round bilge optimal mempunyai tinggi gelombang yang lebih rendah di sekeliling kapal dan juga tinggi gelombang di belakang lambung yang relative kecil dibandingkan jenis kapal lainnya.

Kata kunci: hull form, CFD, tahanan, tinggi gelombang

1. Pendahuluan

Penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya adalah merancang dan menentukan ukuran utama Kapal Pasenger-Logistic Carrier di wilayah Provinsi Maluku, dimana rancangan tersebut menghasilkan kapal dengan konsep multifungsi. Ukuran utama yang dihasilkan adalah LPP =49,4 m; B = 10,5 m; T =2,32; Cb =0,67; Vs =10 knots; daya mesin = 2 x 325 HP dan Deadweight 400 DWT (Ronald, dkk 2010). Kapal tersebut dirancang dengan lines plan berbentuk hard chine dengan pertimbangan akan mempermudah pembangunan kapal dan memperkecil biaya pembangunan yang dikeluarkan. Pertimbangan tersebut belum cukup, karena untuk meminimalkan biaya operasional kapal, maka sangat penting juga untuk mendesain kapal dengan konsumsi bahan bakar yang rendah. Untuk maksud tersebut, maka pengaruh tahanan kapal harus diminimalkan dengan cara mengoptimasi dan memilih *hull form* yang menghasilkan tahanan yang paling kecil. Sehingga tujuan penelitian ini adalah mendapatkan hull form hasil optimisasi dan menganalisa masing-masing *hull form* tersebut dengan CFD.

2. Metodologi

Penelitian ini dimulai dengan mengoptimasi ukuran utama awal setelah menentukan parameter, variabel, *constraints*, dan fungsi objective untuk masing-masing bentuk *hull form*, yaitu *hard chine* dan *round blige*. Yang menjadi variabel adalah L, B, T dan H. Setelah variabel optimum hasil optimasi ditemukan, maka dilakukan perancangan lines plan pada kedua

bentuk *hull form*. Setelah itu dilakukan perhitungan tahanan dengan Software Maxsurf dan dicari besar daya mesin yang paling minimum. Kemudian setelah itu dilakukan analisa CFD pada masing-masing kapal dengan menggunakan software HullSpeed.

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk mendapatkan hasil lines yang optimal sebelum dilakukan perhitungan optimisasi, terlebih dahulu lines plan hard chine tersebut dimodifikasi karena pada rumus Holtrop dengan menggunakan Hullspeed tidak mempertimbangkan sudut masuk.

3.1 Constraint

3.1.1 Ukuran Utama

Constraints ukuran utama kapal ini dipertimbangkan dipertimbangkan sebagai fungsi muatan yang dibawa kapal dan kondisi perairan kapal beroperasi yaitu sebagai berikut:

Panjang kapal (Lpp). Batasan Lpp minimal merupakan fungsi panjang muatan di atas geladak kapal yaitu 6 container yang disusun ke depan-samping-atas 1x2x3, 4 truk disusun ke depan-samping-atas 2x2x1, dan mobil sedan yang disusun ke depan- samping- atas 2x2x1. Maka Lpp minimal kapal dapat dihitung berdasarkan fungsi muatan container dan kendaraan yang tersusun ke depan, ditambah dengan jarak kamar mesin, ceruk buritan dan haluan. Sehingga:

Luang muat = L container +2L truk +2L sedan + L jarak poop- container + L jarak

container-truck + L jarak truc-truck + L jarak truck-sedan + L jarak sedan-sedan + L jarak sedan-sekat ceruk = 30,6 m

Lpp = Ruang muat + Ruang mesin
+ Lceruk buritan + Lceruk haluan

Lpp = 47 m

Batasan Lpp maksimal berdasarkan perhitungan kapal Logistic Passenger Carrier = 56 m (Herald Poelh, 1991)

Jadi batasan Lpp adalah : $47 \text{ m} \leq Lpp \leq 56 \text{ m}$.

Lebar kapal (B). Batasan B minimal dalam merupakan fungsi lebar truk yang dimuat dengan susunan 2 berjajar dan panjang 2 sepeda motor yang diletakan di kanan dan kiri kapal, maka B minimal kapal dapat dihitung sebagai berikut:

B minimum = 2B truk + 2L sepeda motor + B jarak antar truk + 2B jarak antar truk dan sepeda motor + 2.B jarak sepeda motor ke tepi kapal = 8,5 m.

Batasan B maksimal berdasarkan rasio ukuran utama $L/B=3,31$ dari hasil pengumpulan data untuk kapal muti purpose oleh (Hasanudin, 2004) untuk $L= 56 \text{ m}$ $B = 16,92 \text{ m}$

Jadi batasan B adalah: $9,5 \text{ m} \leq B \leq 16,92 \text{ m}$

Tinggi Kapal (H). $L/H = 14$, untuk daerah pelayaran samudra berdasarkan rule BKI

H minimum = L minimum/14 = 3,357 m.

Dan $L/H = 10,10$ (Hasanudin, 2004).

Berdasarkan rasio kapal pembeding kapal muti purpose data maka

H maksimum = Lmaksimum/10,10
= 56/14 = 5,54 m

Jadi batasan H adalah: $3,357 \text{ m} \leq H \leq 5,54 \text{ m}$

Sarat Kapal (T). Sarat kapal ditentukan: $1 \text{ m} \leq T \leq 2,5 \text{ m}$. Penentuan range di atas supaya kapal dapat berlabuh pada pelabuhan yang dangkal dan kapal tetap stabil.

3.1.2 Constraint Rasio Ukuran Utama Kapal

Rasio ukuran utama yang digunakan adalah:

- 1 Rasio B/T: $3,40 \leq B/T \leq 9,68$
- 2 Rasio L/B: $3,31 \leq L/B \leq 5,31$
- 3 Rasio L/H: $9 \leq L/H \leq 23,16$
- 4 Rasio H/T: $1,12 \leq H/T \leq 3,49$

3.1.3 Constraint Lambung timbul

Lambung timbul dihitung dengan menggunakan aturan PGMI (Peraturan Garis Muat Indonesia) untuk kapal kurang dari 100 m sehingga:

$F_{\text{minimum}} \geq 0,287 \text{ m}$

3.1.4 Selisih Berat Kapal

Berdasarkan referensi buku *Practical Ship Design* (Watson,) untuk selisih beart dan displamen dibatasi:

$$-5\% \leq \left[\frac{\Delta - \sum W}{\Delta} \right] \leq 5\%$$

3.1.5 Intact Stability

Batasan Intact stability ditentukan dengan menggunakan ketentuan Intact Stability (IMO, 2006) yaitu:

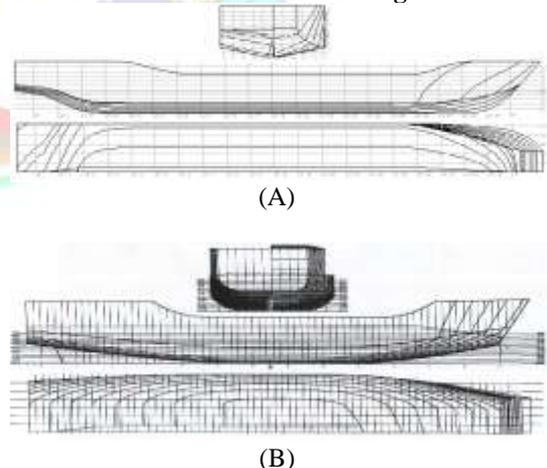
1. Area 0° sampai $30^\circ \geq 0,055 \text{ m.rad}$
2. Area 0° sampai $40^\circ \geq 0,090 \text{ m.rad}$
3. Area 30° sampai $40^\circ \geq 0,030 \text{ m.rad}$
4. GZ pada sudut $30^\circ \geq 0,200 \text{ m}$
5. GZ maksimum ≥ 250
6. $MG \geq 0,150 \text{ m}$
7. Periode Olang $\geq 6 \text{ s}$

3.1.6 Objective Function

Dengan mempertimbangkan desain kapal diharapkan hemat bahan bakar maka dibutuhkan ukuran utama kapal yang memiliki tahanan yang kecil. Dengan demikian akan berpengaruh pada besarnya daya mesin yang dibutuhkan dan hematnya konsumsi bahan bakar mesin. Sehingga:

Objective Function = Minimal Resistance

3.1.7 Hard Chine dan Round Bilge Awal



Gambar 1. Lines Plans Awal: A) Hard Chine B) Round Bilge

Gambar 1 menunjukkan lines plan awal pada masing-masing hull form. Kedua *lines plan* ini akan dioptimasi ukuran utamanya, dengan menggunakan konstrain masing-masing bentuk.

3.1.8 Ukuran Utama Optimum

Setelah melakukan optimisasi ukuran utama dengan menggunakan batasan seperti dijelaskan sebelumnya serta batasan masaing-masing bentuk, maka diperoleh hasil hasil seperti Tabel 1.

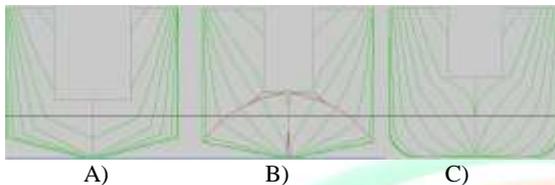
Tabel 1: Ukuran Utama Hasil Optimisasi

Variabel (m)	Hard Chine	Round Bilge
Lpp	47,900	47,900
B	10,184	9,342
H	4,449	5,103
T	2.500	2,200

Terlihat ada perbedaan ukuran utama yang dihasilkan pada masing-masing hull form. Perbedaan yang tidak begitu signifikan ini disebabkan oleh constraint yang berbeda antara *hard chine* dan *round bilge*.

3.1.9 Hasil Rancangan kapal

Dengan menggunakan ukuran utama yang optimum (Tabel 1.), maka digambar lines plan masing-masing bentuk.

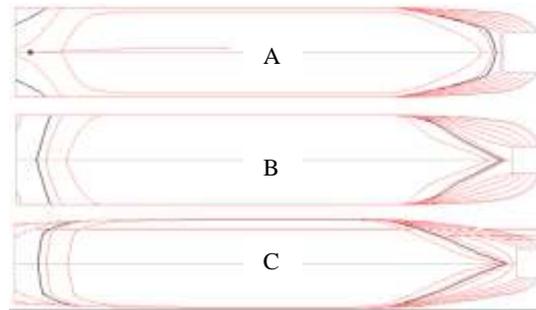


Gambar 2. Rancangan Body Plans Kapal pada: A) Hard Chine Awal B). Hard Chine Modifikasi C). Round Bilge Modifikasi

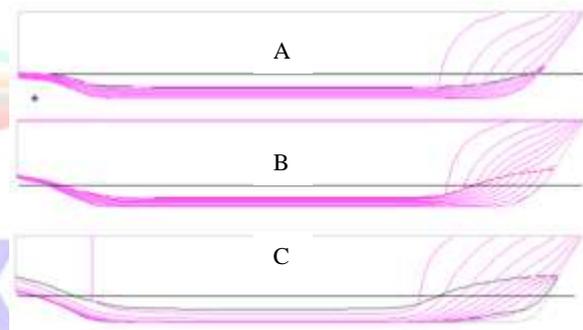
Gambar 2A adalah *body plan* kapal awal yang dihasilkan oleh penelitian sebelumnya dimana kapal mempunyai ramp door dengan lebar 5,8 m mengikuti batas platform bangunan atas di samping kapal, lebar ini cukup besar sehingga bagian depan kapal tampak tumpul sehingga menyebabkan tahanan kapal besar. *Lines plan hard chine* awal tersebut kemudian dimodifikasi menjadi bentuk yang lebih hidrodinamis (Gambar 2B). Ukuran *ramp door* pada Gambar 2B diperkecil menjadi 3 m sehingga bagian depan kapal lebih runcing, dan station bagian depan kapal di bawah garis air tidak dibuat lurus supaya sudut masuknya kecil. Selanjutnya kapal *hard chine* tersebut dimodifikasi menjadi bentuk *round bilge* (Gambar 2C). Modifikasi ini dilakukan dengan menggunakan *lines plan hard chine* dan *round bilge* awal. Kombinasi kedua *lines plan* ini dilakukan dengan mengambil keuntungan dari masing-masing *lines plan* yaitu:

- Kapal *hard chine* awal (Gambar 1) memiliki bentuk *lines plan* yang smooth dan tidak ada patahan. Ditinjau dari segi hidrodinamika hal ini sangat menguntungkan, akan tetapi bagian depannya tumpul dan bagian belakangnya tidak berbentuk S (dirancang untuk mesin out board) sehingga perlu dimodifikasi
- Untuk menutupi kekurangan *lines round bilge* awal (Gambar 1B), maka *lines plan* tersebut perlu dimodifikasi dengan *lines plan hard chine* pada Gambar 2B. Hasil modifikasinya adalah bagian depan kapal dibuat lancip, dan dengan ramp door dinaikan supaya semakin

lancip, bagian belakang dibuat mirip dengan *lines hard chine* supaya kapal dapat memakai dua buah mesin, ini dikarenakan kapal yang didesain harus pada *draft* yang rendah.



Gambar 3. Rancangan Water Lines Kapal pada: A) Hard Chine Awal B). Hard Chine Modifikasi C). Round Bilge Modifikasi

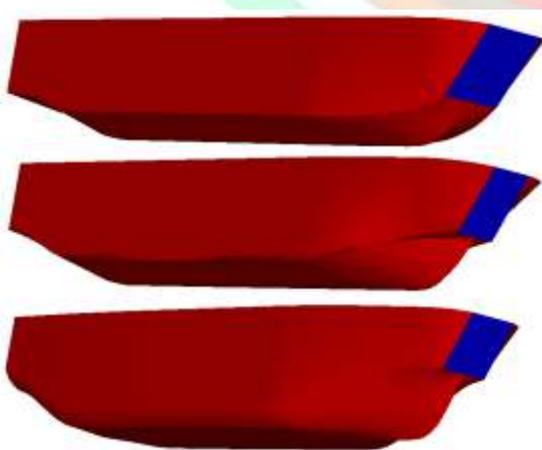


Gambar 4. Rancangan Buttock Lines Kapal pada: A) Hard Chine Awal B). Hard Chine Modifikasi C). Round Bilge Modifikasi

Gambar 3 menunjukkan gambar *lines plan hard chine* awal, *hard chine* modifikasi dan *round bilge* modifikasi dengan setengah sudut masuk (*half angle of enterance*) yaitu: $69,85^\circ$; $31,32^\circ$ dan $25,20^\circ$ dengan perbandingan 1:0,448:0,361. Hal ini memperlihatkan bahwa *lines plan hard chine* awal akan membutuhkan gaya untuk memecah air jauh lebih besar dibandingkan dengan *lines plan hard chine* modifikasi dan *round bilge* modifikasi, hal ini karena gaya normal besarnya sebanding dengan bentuk penampang. *Hard chine* mempunyai geladak yang lebih lebar sehingga ruang akomodasi lebih luas, tetapi dengan semakin lebarnya ruang di atas geladak akan berpengaruh pada lebarnya bentuk *water line* di dalam air yang akhirnya akan berpengaruh pada besarnya tahanan kapal. Bentuk belakang *water line* kapal *hard chine* awal mengikuti bentuk geladak yang lebar ini menyebabkan untuk kapal yang mempunyai *froud number* rendah akan terjadi turbulensi. Pada *lines plan hard chine* modifikasi turbulensi akan berkurang karena bentuk *water line* bagian

belakang agak lancip dan pada lines plan round bilge turbulensi akan semakin banyak berkurang karena bentuk bagian belakang berbentuk parabola. Bentuk bagian belakang yang ideal untuk lines plan kapal froud number rendah sebaiknya adalah lancip dengan sudut $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$, akan tetapi pada penelitian tidak diterapkan karena dibelakang kapal akan dipasang dua buah mesin tujuannya supaya sarat kapal rendah, sehingga pilihan yang paling baik adalah bagian belakang *waterline* bentuk parabola.

Bentuk buttock secara umum hampir sama dari belakang sampai depan pada ketiga kapal. Perbedaan *buttock* ada pada bentuk bagian belakang kapal awal dan modifikasi, di mana line kapal hard chine awal bagian transom tercelup air sedangkan kapal modifikasi, transomnya tidak tercelup air, hal ini dikarenakan kapal memiliki froud number yang rendah sehingga sangat baik jika transom di atas garis air supaya tidak terjadi turbulensi, sedangkan kapal dengan froud number tinggi transom sebaiknya di bawah garis air karena transom yang tercelup tidak menyebabkan turbulensi di belakang tetapi kapal malahan seakan-akan panjang kapal bertambah. Untuk buttock bentuk hard chine terdapat banyak potongan karena bentuk station bawah kapal miring sedangkan pada kapal round bilge tidak seperti banyak potongan karena bagian bottomnya datar dan kelengkungan kapal berada di *round bilge*. Bentuk *bottom* yang datar pada *round bilge* mempunyai keuntungan dalam



Gambar 5. Bentuk 3-Dimensi Kapal pada: A) Hard Chine Awal B). Hard Chine Modifikasi C). Round Bilge Modifikasi

kemudahan *docking* dan juga pada saat kapal mengalami *grounding*. Kapal ini cenderung lebih stabil sehingga lebih aman. Gambar 5 merupakan bentuk 3 dimensi masing-masing kapal.

3.1.10 Analisis Tahanan kapal

Setelah desain selesai maka dengan hidromax diperoleh hasil perhitungan tahanan untuk masing-masing kapal (Tabel 2.) .

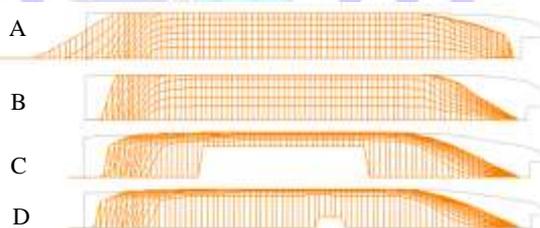
Tabel 2: Perhitungan Tahanan Kapal

Bentuk Hull Form	Resistence (kN)	Presentase
Hard chine awal	36,125	100%
Hard chine optimal	35,128	97%
Round bilge modifikasi	31,728	88%
Round blige optimal	30,521	84%

Hasil perhitungan tahanan memperlihatkan perbedaan range tahanan sampai 16% antara kapal hard chine awal dengan round bilge optimal, di mana kapal round bilge cenderung memiliki tahanan 10% lebih rendah dari tahanan hard chine. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa kapal round bilge optimal akan memberikan keuntungan lebih hemat bahan bakarnya sampai 16%, pengaruh ini tentu cukup significant terhadap biaya pembangunan jika dihitung sepanjang umur kapal (± 20 tahun)

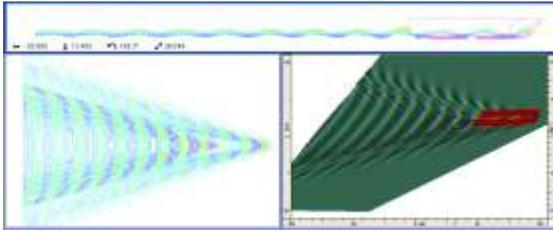
3.1.11 Analisis CFD

Langkah awal untuk analisis CFD adalah dengan melakukan meshing pada masing-masing *lines plan*. Hasil meshing ditunjukkan oleh Gambar 6.



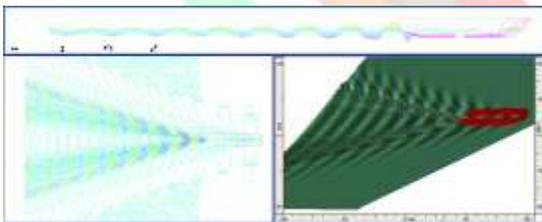
Gambar 6. Meshing Kapal pada: A) Hard Chine Awal B). Hard Chine Modifikasi C). Round Bilge Modifikasi d). Round bilge optimal

Setelah pembuatan mashing dilakukan kemudian dilanjutkan dengan running model. Sebelum melakukan running model ada beberapa input yang perlu diisi antara lain: setting kecepatan kapal/froud number kapal, grid free surface gelombang yang dihasilkan secara memanjang dari depan kebelakang, samping kanan dan kiri kapal, pembagian grid memanjang dan melintang, dan penentuan kepresisian perhitungan CFD yang dilakukan. Running prediksi *wave form* ini dilakukan untuk beberapa jenis lines plan antara lain: *lines plan hard chine awal*, *lines plan hard chine modifikasi*, *lines plan round bilge modifikasi* dan *lines plan round bilge optimal*. Hasil running tersebut ditampilkan dalam tiga pandangan samping, pandangan atas dan pandangan prespektif secara 3D solid.



Gambar 8. Wave form kapal hard chine awal

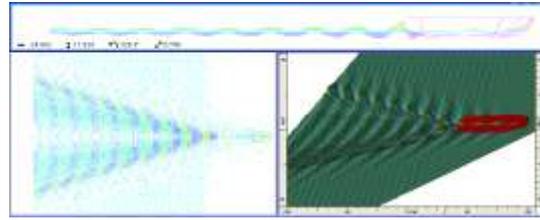
Dari hasil perhitungan CFD, kapal hard chine awal (Gambar 7) dilihat dari samping tampak gelombang kapal dari depan sampai belakang dengan ketinggian yang hampir sama besarnya. Gelombang besar dari depan sampai belakang ini dikarenakan kapal mempunyai sudut masuk yang besar. Apabila dilihat dari atas, gelombang besar timbul di depan kemudian membentuk V ke belakang. Gelombang tertinggi (warna coklat) terjadi pada daerah di belakang transom hingga 3,3 m, gelombang dengan tinggi 2,5 m (warna kuning) terjadi di setiap puncak gelombang. Sedang pada lembah gelombang, lembah terendah mencapai -1,68 m (warna merah) dan terjadi dibelakang gelombang tertinggi, sedangkan kedalam lembah -1,58 m (warna ungu) terjadi hampir pada setiap lembah gelombang yang kemudian berangsur-angsur hilang. Dilihat dari pandangan prespektif 3D solid terlihat pengaruh gelombang kesamping sangat besar yang menimbulkan riak-riak gelombang



Gambar 8. Wave form kapal hard chine modifikasi

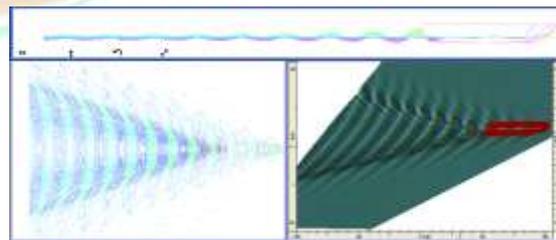
Dari hasil perhitungan CFD, kapal hard chine modifikasi (Gambar 8) bila dilihat dari samping tampak gelombang kecil sepanjang kapal karena kapal mempunyai sudut masuk yang kecil. Di belakang kapal, puncak gelombang masih tinggi, sedangkan jika dilihat dari atas, di depan kapal timbul gelombang tetapi gelombang ini pecah ke samping. Gelombang besar timbul di belakang membentuk V diikuti gelombang samping akibat pecahnya depan kapal. Gelombang tertinggi (coklat) terjadi di belakang kapal sampai 3,3 m. Sedangkan gelombang dengan tinggi 2,5 m (kuning) terjadi di setiap puncak gelombang. Lembah terendah -1,68 m (warna merah) terjadi di belakang gelombang tertinggi. Lembah -1,58 m (warna ungu) terjadi hampir di setiap lembah gelombang yang semakin ke belakang berangsur

–angsur hilang. Lembah gelombang ekstrim yang terjadi tidak sebanyak pada kapal hard chine asli; dilihat dari pandangan prespektif 3D solid terlihat pengaruh gelombang ke samping lebih besar.



Gambar 9. Wave form kapal round bilge modifikasi

Dari hasil perhitungan CFD, kapal round bilge modifikasi (Gambar 9) bila dilihat dari samping tampak gelombang sepanjang kapal yang lebih kecil. Hal ini karena kapal mempunyai sudut masuk yang kecil di belakang kapal. Dilihat dari atas tampak gelombang timbul di depan kapal kemudian pudar, gelombang besar yang timbul di belakang membentuk V yang menimbulkan riak-riak di samping kapal. Gelombang tertinggi (warna coklat) terjadi dibelakang kapal sampai 3,3 m. Gelombang dengan tinggi 2,5 m (warna kuning) terjadi di setiap puncak gelombang tetapi daerah ini tidak sebanyak kapal hard chine. Lembah terendah -1,68 m (warna merah) terjadi di belakang gelombang tertinggi, dan lembah -1,58 m (warna ungu) terjadi hampir di setiap lembah yang daerahnya lebih banyak jika dibandingkan kapal hard chine modifikasi. Dilihat dari pandangan prespektif 3D solid terlihat pengaruh gelombang ke samping sangat besar yang menimbulkan riak-riak gelombang



Gambar 10. Wave form kapal round bilge optimal

Dari hasil perhitungan CFD, kapal round bilge optimal (Gambar 10), bila dilihat dari samping tampak gelombang sepanjang kapal paling kecil. Hal ini karena kapal mempunyai sudut masuk paling kecil. Di belakang kapal timbul gelombang besar. Dilihat dari atas tampak gelombang timbul di depan kapal kemudian pudar. Gelombang besar timbul di belakang membentuk V. Gelombang tertinggi (warna coklat) terjadi di belakang kapal sampai 3,3 m. Gelombang dengan tinggi 2,5 m (warna kuning) terjadi hanya di beberapa puncak gelombang (daerah warna kuning paling sedikit dibanding

lines plan lainnya). Lembah terendah -1,68 m (warna merah) terjadi di belakang gelombang tertinggi. Lembah -1,58 m (warna ungu) terjadi hampir di setiap lembah yang lebih banyak dibandingkan kapal hard chine modifikasi. Dilihat dari pandangan prespektif 3D solid terlihat pengaruh gelombang kesamping kecil

Dari hasil *lines plan* yang telah dirunning di atas, *lines plan* yang terbaik adalah *lines round bilge* optimal karena *lines* ini mempunyai sudut masuk yang kecil sehingga gelombang yang ditimbulkan pun kecil. Gelombang yang ditimbulkan oleh bagian depan kapal tersebut akan berpengaruh pada perhitungan *wave making resistance* yang merupakan komponen tahanan kapal sehingga ini cocok dengan fungsi objectif pada perhitungan ukuran utama kapal. Dilihat bentuk gelombang di belakang kapal secara umum mempunyai pola yang sama yaitu bentuk V. Bentuk gelombang bagian belakang relative besar karena sudut water line besar 80° ~ 90° (syarat supaya tidak terjadi turbulensi sudut 10° ~ 15°). Sudut besar ini supaya memudahkan penempatan 2 buah mesin dibelakang dengan sarat kapal yang rendah. Hal ini sebenarnya dapat diatasi dengan membuat bentuk catamaran pada lambung bagian belakang akan tetapi biaya pembangunan dan biaya perawatan kapal mahal. Sehingga bagian belakang bentuknya dibuat tetap yaitu dengan sudut *waterline* yang besar, untuk mengurangi efek tersebut bagian belakang dibuat bentuk parabola.

5. Kesimpulan

Lines plan kapal *round bilge* optimal merupakan *lines plan* yang terbaik ditinjau dari tahanan dan analisa CFD. Kapal *round bilge* memiliki tahanan sebesar 30,521 kN dan merupakan kapal dengan tahanan terkecil dari masing-masing hull form.

Kapal *round bilge* mempunyai keunggulan dalam sudut masuk yang kecil, *ramp door* yang lebih tinggi, bentuk transom di atas garis air dan bentuk water line buritan yang bundar sehingga menyebabkan tahanan kapal kecil, stabilitas kapal baik dan aliran fluida yang lebih baik. Setelah dilakukan analisa *wave form* dengan CFD kapal dengan hull form bentuk *round bilge* optimal mempunyai tinggi gelombang yang lebih rendah di sekeliling kapal dan juga tinggi gelombang di belakang lambung yang relative kecil dibandingkan jenis kapal lainnya.

6. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Tim PHKI 2010 ITS yang telah memberikan dukungan dana untuk penyelesaian penelitian ini.

7. Daftar Pustaka

- Hasanudin. 2004. Optimasi Ukuran utama LCU (Landing craft Unit) untuk menghasilkan Biaya produksi yang minimum. Skripsi: ITS. Surabaya.
- Hutauruk, Ronald M., Hasanudin dan D. A. Wasys,.2010. Perancangan Kapal Pasenger Logistic Carrier di Provinsi Maluku dengan Konsep Multi Fungsi, Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana X-ITS, 4 Agustus 2010.
- Intact stability. 2006. International Maritime Organization.
- Poehls Herald, dan Rolf Bruns. 1991. "Considerations About the Design of a Flexible Cargo/Passenger Ship for Indonesiian Interisland Sea Transportation", International Conference on Inter-Island Sea Transportation and Offshore Technology. Makassar: Hasanuddin University.
- Watson,D.G.M. 1998. Practical Ship Design. Elsevier: Amsterdam, London, New York