



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Rekayasa Desain Bangunan Atas Kapal Katamaran Bermaterial Plastik HDPE dan Pengaruhnya Terhadap *Performance* Kapal

M. Haris Fikri Sulthoni ¹⁾, Wilma Amiruddin ²⁾, Hartono Yudo ³⁾

¹⁾ Laboratorium Perencanaan Dibantu Komputer

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*)} e-mail : mharisfikris7@gmail.com, wisilmiw@yahoo.com, hartono.yudo@yahoo.com

Abstrak

Bangunan atas kapal adalah salah satu bagian yang umum ada pada struktur kapal dalam bentuk bangunan yang utuh. Rekayasa desain bangunan atas kapal memiliki pengaruh terhadap karakteristik teknik kapal, antara lain hambatan dan stabilitas. Perbedaan bentuk bangunan atas kapal akan mengindikasikan perubahan besar pada hambatan kapal terutama pada hambatan angin, serta stabilitas yang berbeda sehingga penulis ingin menganalisa pengaruh dari perancangan desain bangunan atas kapal terhadap *performance* kapal. Analisa dilakukan dengan pembuatan model rekayasa tiga desain, untuk melihat desain yang paling baik. Kemudian, analisa *performance* kapal diketahui dengan bantuan software Computational Fluid Dynamics (CFD) untuk analisa hambatan angin dan software system komputasi untuk analisa stabilitas kapal. Dari ketiga variasi desain bangunan atas kapal, nilai hambatan terendah terdapat pada model tiga dan mengalami kenaikan pada hambatan total kapal sebesar 0,045% dari hambatan sebelumnya dengan nilai sebesar 1,244 kN. Untuk nilai stabilitas paling baik didapatkan pada model 3 dengan nilai GZ maksimal sebesar 1,248 m untuk kondisi kapal kosong dan pada kapal kondisi penuh didapatkan pada model 3 juga dengan nilai GZ maksimal sebesar 1,117m.

Kata Kunci : Bangunan Atas Kapal, Hambatan Angin, Stabilitas, CFD

1. PENDAHULUAN

Kapal adalah transportasi atau kendaraan baik digunakan dilaut, danau, maupun sungai sebagai kendaraan pengangkut barang ataupun orang. Kapal pariwisata adalah kapal yang digunakan dalam kegiatan pariwisata sebagai fasilitas pendukung pariwisata. Fasilitas pendukung pariwisata atau alat transportasi terutama kapal yang beroperasi didaerah danau masih memiliki desain yang sangat sederhana. Dalam pembangunan kapal selain memperhatikan segi keamanan, maka dalam pembangunan kapal atau perahu juga harus memperhatikan segi kenyamanan bagi penumpang kapal. Pada penelitian [1] melakukan analisa terhadap *performance* kapal katamaran dengan bagian lambung bermaterial plastik HDPE yang diproduksi oleh pengrajin perahu daerah Kebondowo Banyubiru. *Performance* kapal yang

dianalisa yaitu berupa hambatan, stabilitas, dan olah gerak dengan melakukan tiga variasi pada jarak demihull kapal katamaran. Dari tiga variasi jarak demihull yang dilakukan didapat jarak terbesar (S/L 0,42) dengan nilai hambatan sebesar 1,190 kN dan nilai GZ maksimal sebesar 1,197 m. Perahu katamaran berbahan plastik HDPE ini dapat ditingkatkan terutama dibagian bangunan atas dengan desain sedemikian rupa, dimana tetap memperhatikan keamanan dan kenyamanan ketika kapal atau perahu tersebut beroperasi.

Bangunan atas kapal adalah salah satu bagian yang umum ada pada struktur kapal dalam bentuk bangunan yang utuh. Desain bangunan atas yang bagus dan menarik akan memiliki daya tarik tertentu terutama dalam hal meningkatkan nilai ekonomis kapal. Desain yang menarik akan memberikan kenyamanan bagi penumpang kapal. [2] penelitian tentang analisa penyusunan peti kemas dengan perbedaan bentuk penyusunan dan

jumlah peti kemas yang dimuat terkait hambatan angin dan stabilitas pada kapal Container 18.000 TEUS. Hasilnya menunjukkan bahwa dari lima variasi model yang dilakukan didapatkan pada model keempat dengan muatan 15744 TEUS memiliki nilai hambatan angin dan stabilitas yang paling baik dengan nilai GZ maksimal sebesar 5,25 meter dengan susunan peti kemas dibagian samping disusun secara streamline (*for-side streamlined*). Bentuk pada bagian atas kapal akan sangat berpengaruh terhadap hambatan yang ditimbulkan terutama hambatan angin. Dengan semakin streamline maka akan memiliki aliran yang baik dan hambatan yang ditimbulkan akan kecil [3]. Dalam sebuah penelitian yang melakukan perubahan rencana umum kapal dengan menambahkan alat tangkap, didapatkan hasil perbandingan stabilitas kapal dengan nilai GZ maksimum kapal sesudah mengalami penurunan dengan kapal sebelum penambahan alat tangkap sebesar 3,43% [4].

Pertimbangan dalam memilih plastik HDPE karena memiliki berat \pm 55% lebih ringan dibandingkan dengan kayu [5]. Karakteristik teknis yang cukup baik dari jenis plastik HDPE adalah temperature leleh berkisar antara 200°-280°C [6]. Bermassa jenis antara 0,95-0,97 g/mL, dan berbentuk kristalin (kristalinitasnya 90%) [7]. Perahu berbahan plastik HDPE memiliki keunggulan dapat meningkatkan kapasitas penambahan penumpang dari 8 orang menjadi 12 orang [8].

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan analisa terhadap performance kapal berupa hambatan angin dan stabilitas akibat perancangan desain bangunan atas kapal. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui bentuk dari bangunan atas kapal yang paling baik dari perancangan desain terhadap hambatan angin, daya mesin yang digunakan serta stabilitas yang dari perancangan desain bangunan atas kapal.

2. METODE

2.1. Objek Penelitian

Data yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian ini didapatkan dari data penelitian sebelumnya seperti ukuran utama kapal, terlihat pada tabel 1. Objek penelitian adalah bentuk desain bangunan atas kapal yang dibuat tiga model, untuk melihat bentuk model yang bagus terhadap performance kapal. Dalam penelitian ini nilai displacement tetap pada setiap model.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal

Dimensi Kapal	Nilai Satuan
LOA	6,66 m
LPP	6,312 m
BOA	3,0 m
Breadth	0,65 m
Draught	0.26 m
Height	0.5 m
Cb	0,7
Speed	12 Knot
Δ (ton)	1,407

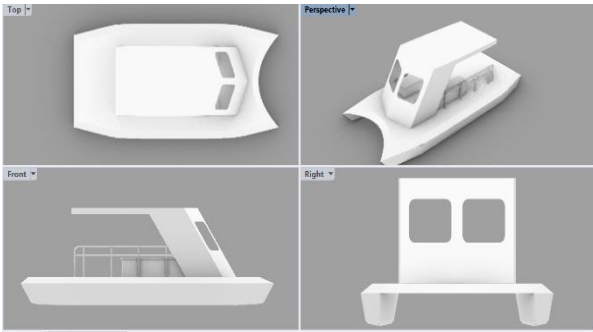
2.2. Perlakuan Penelitian

Penelitian ini hal yang difokuskan yaitu pada efek perancangan desain bangunan atas kapal yang akan berpengaruh terhadap karakteristik teknik kapal, antara lain hambatan dan stabilitas kapal. Dimana bangunan atas kapal didesain dengan tiga model untuk melihat nilai hambatan dan stabilitas yang bagus.

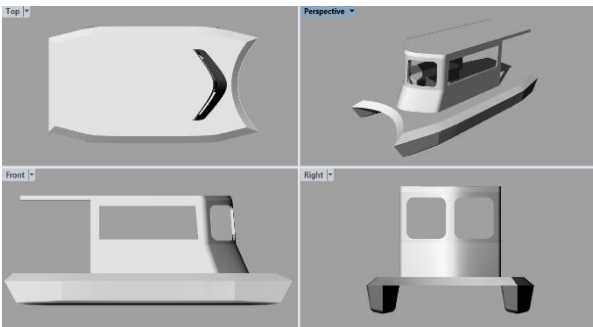
2.3. Pembuatan Model

Penelitian ini memerlukan model tiga dimensi dari kapal katamaran ketika melakukan analisa hambatan angin dan stabilitas kapal. Permodelan 3D kapal katamaran dilakukan dengan menggunakan bantuan *software Rhinoceros*.

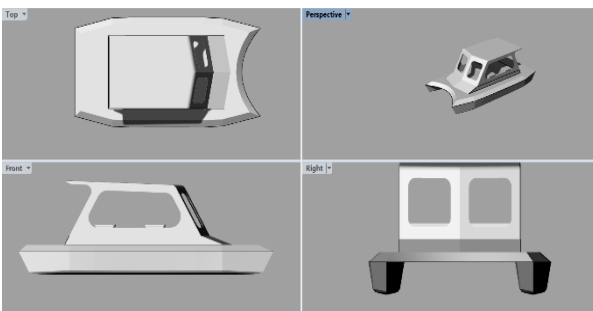
Setelah permodelan 3D selesai maka dilanjutkan dengan memodifikasi perancangan desain bangunan atas kapal katamaran dengan 3 desain bangunan atas kapal. Perancangan desain bangunan atas ini menggunakan *software Rhinoceros*, dengan format *file X_T* dan format *file .iges*. Hasil dari pemodelan tersebut memiliki ukuran yang sesuai dengan ukuran sesungguhnya, Pada gambar 1 sampai gambar 3 merupakan rencana perancangan desain bentuk bangunan atas, pada tiap model dibuat bentuk yang berbeda untuk melihat bentuk yang paling baik diantaranya. Desain bangunan atas model 1 dibuat pada bagian depan bangunan atas dengan sudut lancip, tanpa pada ujung depan bangunan atas dibuat *rounding* (pembundaran). Kemudian, desain bangunan atas model 2 dibuat dengan bagian depan bangunan atas kapal lebih tegak dan pada ujung depan bangunan atas dibuat *rounding* (pembundaran). Dan yang terakhir, pada desain bangunan atas model 3 dibuat dengan bagian depan bangunan atas dengan sudut lancip serta pada ujung depan bangunan atas dibuat *rounding* (pembundaran).



Gambar 1. Model Bangunan Atas 1



Gambar 2. Model Bangunan Atas 2



Gambar 3. Model Bangunan Atas 3

2.4. Analisa Hambatan Angin

Nilai hambatan besar kecilnya dari sebuah perahu atau kapal bersifat proporsional terhadap besarnya displacemen kapal. Hal ini berarti setiap perubahan yang terjadi terkait dengan berat displacemen akan berpengaruh linier terhadap nilai hambatan kapal.

Hambatan gesek memiliki nilai kisaran 60%-70%, sedangkan nilai hambatan sisa 30%-40%. Hambatan sisa adalah komponen lain dari hambatan total kapal dimana salah satu jenis hambatan sisa yang dimaksud adalah hambatan angin. Keberadaan dari bangunan atas akan memberikan pengaruh terhadap hambatan angin.

Hambatan angin merupakan komponen yang menjadi pertimbangan dalam desain kapal, terutama tinggi bagian kapal diatas permukaan air seperti bangunan atas. Selain ketinggian bagian kapal, bentuk dari bagian kapal diatas permukaan air juga memiliki pengaruh pada hambatan angin ini. Dengan desain perencanaan se-streamline dan seefisien mungkin hal ini akan dapat untuk mengurangi atau memperkecil efek yang

ditimbulkan oleh hambatan angin terhadap kapal. Adapun rumus untuk mengetahui nilai hambatan udara yaitu :

1. Koefisien gaya gesek [9]

$$C_x = \frac{X}{\frac{1}{2} \rho a VR^2 AVL} \quad (1)$$

2. Koefisien gaya aksial

$$C_y = \frac{Y}{\frac{1}{2} \rho a VR^2 AVL} \quad (2)$$

3. Koefisien momen yaw

$$C_n = \frac{N}{\frac{1}{2} \rho a VR^2 AVL LOA} \quad (3)$$

C_x koefisien gaya gesek, X adalah gaya gesek, ρa adalah massa jenis udara, VR adalah kecepatan angina, AVL adalah luas area kapal secara memanjang (diatas permukaan air), dan AVT adalah luas area kapal secara melintang (diatas permukaan air). C_y adalah koefisien gaya aksial dan N adalah momen yaw, dan LOA adalah Panjang kapal secara keseluruhan.

2.5. Analisa Stabilitas Kapal

Stabilitas merupakan keadaan dimana kapal setelah mengalami gaya dari dalam atau luar untuk kembali kekeadaan semula. Stabilitas terdiri atas 3 kriteria yaitu : 1) Keseimbangan Stabil, 2) Keseimbangan Netral, 3) keseimbangan tidak stabil (menurut Taylor 1997). Pada penelitian ini standar yang digunakan untuk stabilitas kapal yaitu standar kriteria umum untuk kapal katamaran menurut IMO MSC.36 (63) .

2.6. Computational Fluid Dynamic (CFD)

Computational Fluid Dynamic (CFD) merupakan perhitungan dengan menggunakan analisa numerik serta struktur data yang melibatkan aliran fluida dalam memecahkan dan menganalisa yang termasuk dalam salah satu cabang mekanika fluida. CFD merupakan cara untuk menentukan aliran fluida yang menjadi alternatif yang paling murah dan cepat dalam melakukan penelitian atau percobaan tentang fenomena aliran dan interaksinya.

Metode dengan CFD merupakan metode dengan menggunakan sistem simulasi dengan menggunakan komputer dalam pengujian

dan analisa. Computational Fluid Dynamics terdiri atas tiga elemen utama yaitu:

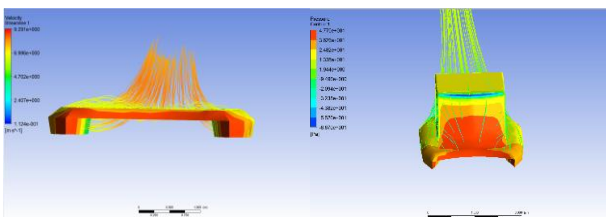
- Pre Processor
- Solver Manager
- Post Processor

Penelitian [10] mengenai Analisa perencanaan optimasi lambung kapal dengan hasil menunjukkan bahwa metode CFD adalah Analisa yang efektif dan murah dalam pelaksanaannya.

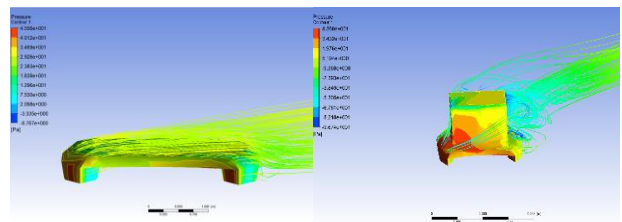
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hambatan angin merupakan hambatan yang disebabkan oleh pengaruh dari udara yang berhembus secara alami yang mungkin dari berbagai arah dan tidak dapat memprediksi dan mengontrolnya. Komponen hambatan ini menjadi pertimbangannya tinggi rendahnya bagian kapal yang berada diatas permukaan air. Selain ketinggian pada bagian kapal diatas permukaan air, bagian bentuk kapal diatas permukaan air juga berpengaruh terhadap hambatan angin, maka perlu dalam perencanaan desain *sestreamlined* dan seefisien mungkin demi mengurangi hambatan udara.

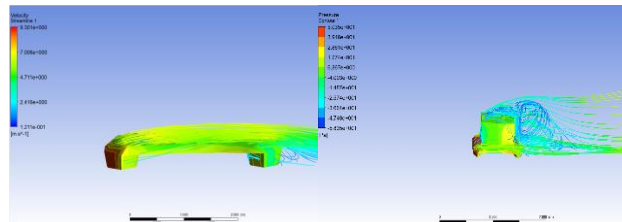
Hasil perhitungan untuk seluruh variasi berdasarkan perbedaan bentuk bangunan atas diperoleh berdasarkan system komputasi software berbasis CFD. Hasil yang dimaksud adalah hambatan angin dan nilai stabilitas untuk perahu katamaran. Hasil perhitungan menunjukkan variasi bentuk bangunan atas kapal pada variasi ketiga memberikan hambatan angin terkecil dan nilai GZ terbesar. Hasil komputasi CFD dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 4-8.



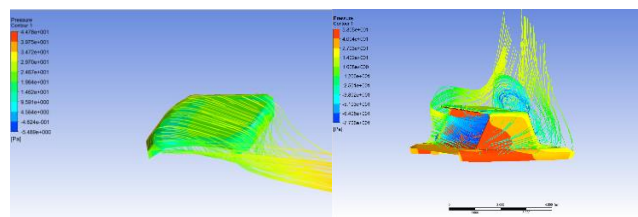
Gambar 4. *Streamline Velocity* pada Model Sebelum Rekayasa Desain dan Model 3 Rekayasa Desain Bangunan Atas Kapal Katamaran Sudut 0°



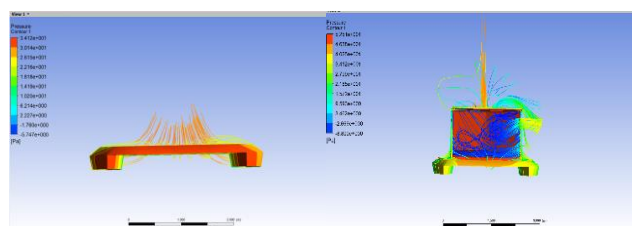
Gambar 5. *Streamline Velocity* pada Model Sebelum Rekayasa Desain dan Model 3 Rekayasa Desain Bangunan Atas Kapal Katamaran Sudut 45°



Gambar 6. *Streamline Velocity* pada Model Sebelum Rekayasa Desain dan Model 3 Rekayasa Desain Bangunan Atas Kapal Katamaran Sudut 90°



Gambar 7. *Streamline Velocity* pada Model Sebelum Rekayasa Desain dan Model 3 Rekayasa Desain Bangunan Atas Kapal Katamaran Sudut 135°



Gambar 8. *Streamline Velocity* pada Model Sebelum Rekayasa Desain dan Model 3 Rekayasa Desain Bangunan Atas Kapal Katamaran Sudut 180°

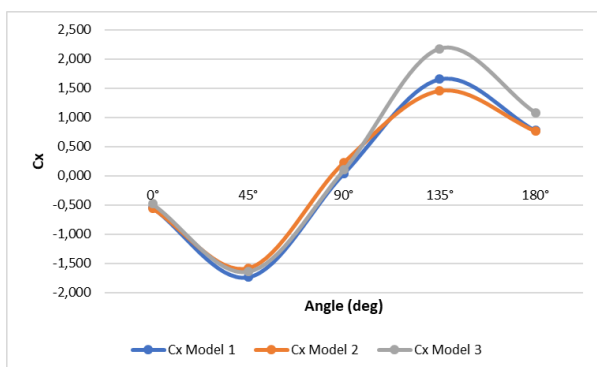
Tabel 2. Nilai Gaya Aksial dan Gaya Lateral

Sudut Datang Angin	Gaya Aksial (N)	Gaya Lateral (N)
0	12,815	0,297
45	41,651	29,555
90	0,460	58,487
135	42,916	29,708
180	12,717	0,105

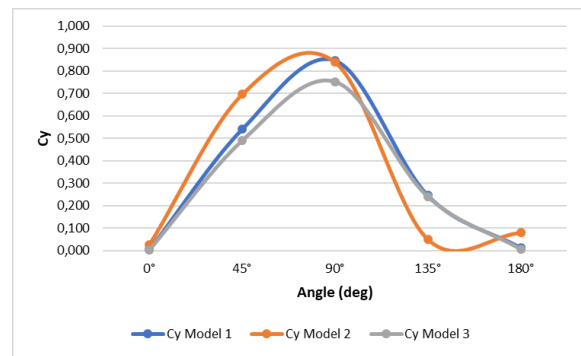
Berdasarkan hasil pengujian pada model 3 menghasilkan nilai hambatan angin rata-rata yang diterima sebesar 0,045% setelah dilakukan perekayasaan desain. Hal ini dikarenakan pada model 3 dibuat pembundaran (rounding) ujung-ujung depan bangunan atas. Karena unuk mengurangi gaya gesek depan kapal maka diharuskan membuat bentuk konfigurasi sehalus mungkin dan ramping dapat mengurangi *longitudinal force* untuk hambatan angin lebih lanjut [3].

Hasil lain menunjukkan untuk variasi satu dan dua memberikan nilai hambatan terbesar yaitu sebesar 0,057% setelah perekayasaan desain dan pada model 2 sebesar 0,059% untuk model 2. Perbedaan dari hambatan angin yang diterima setiap model tidak terlalu mengalami peningkatan atau perbedaan selisih yang jauh, hal ini dikarenakan perekayasaan desain setiap model memiliki bentuk dan tinggi bangunan atas yang hampir rata-rata sama.

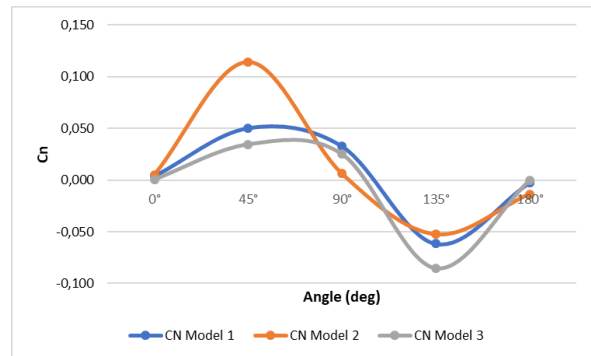
Variasi model kapal satu dan dua dihitung pengaruhnya karena penambahan bentuk bangunan atas dengan cara yang sama sebagaimana menghitung hambatan yang ditimbulkan akibat bangunan atas pada variasi ketiga. Hasil perbandingan dari karakteristik dapat dilihat pada gambar 9-11.



Gambar 9. Grafik perbandingan Koefisien Gaya Drag



Gambar 10. Grafik perbandingan Koefisien Gaya Lift



Gambar 11. Grafik perbandingan Koefisien Moment Yaw

Dari penyajian gambar dan tabel diatas menunjukkan perbedaan gaya drag, lift, dan moment yaw. Tanda (-) pada nilai koefisien menunjukkan arah kebelakang dan kekiri kapal. Berikut kesimpulannya :

1. Nilai rata-rata koefisien terendah dihasilkan pada model 3
2. Nilai rata-rata koefisien tertinggi dihasilkan pada model 2
3. Nilai perbandingan koefisien drag, lift, momen yaw tersebut didapatkan dari model dengan dimensi yang sama.

Setelah dilakukan penjumlahan antara hambatan yang ditimbulkan oleh efek perekayasaan desain bangunan atas (hambatan angin) dengan hambatan kapal sehingga didapatkan hambatan total. Hambatan total inilah yang akan menentukan berapa daya mesin penggerak untuk kapal.

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Hambatan Total Kapal Katamaran Setelah Rekayasa Desain Bangunan Atas

Model	Hambatan Kapal (kN)	Hambatan Angin (kN)	Hambatan Total (kN)
Sebelum	1,190	0,013	1,203
I	1,190	0,068	1,258
II	1,190	0,070	1,260
III	1,190	0,054	1,244

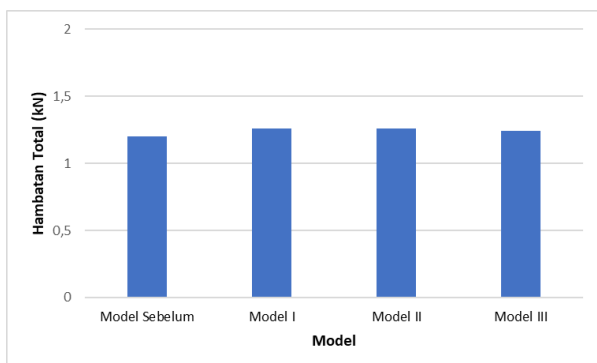
Hambatan total kapal yang didapat pada sebelum penambahan bangunan atas adalah 1,203 kN. Perekayasa desain sebelum dan sesudah perkerayaan bangunan atas mengalami kenaikan yaitu sebesar 4,6% dengan model 1, sebesar 4,7% dengan model 2 dan 3,4% dengan model 3. Gambar 12 menunjukkan kenaikan yang dialami model kapal katamaran antara sebelum dan sesudah dilakukan perkerayaan desain bangunan atas.

Hasil perhitungan pada tabel 3 maka dapat disimpulkan daya mesin penggerak kapal katamaran. Adapun rumus perhitungan dalam menentukan daya mesin kapal dapat dilihat sebagai berikut.

$$EHP = R_t \times V_t \quad (4)$$

EHP adalah tenaga yang dibutuhkan untuk mendorong kapal, dengan R_t adalah hambatan total kapal dan V_t adalah kecepatan kapal.

Perhitungan pada persamaan 4 untuk daya mesin yang dibutuhkan pada kapal katamaran sebelum dilakukan perkerayaan desain yaitu sebesar 11 Hp. Kemudian untuk daya mesin setelah dilakukan perkerayaan desain nilai daya mesin yaitu 12 Hp. . Data nilai hambatan gesek kapal didapatkan pada penelitian sebelumnya yaitu sebesar 1,190 kN [1].



Gambar 12. Grafik perbandingan Hambatan Total

Stabilitas kapal dianalisa menggunakan system komputasi. Data berat kapal diperoleh dengan cara memeriksa jenis kayu dan mengukur konstruksi profil yang digunakan dalam pembuatan perahu, kemudian menghitung volume dan mengalikan dengan nilai rapat massanya (ρ , t/m³). Hasil perhitungan berat konstruksi dapat dilihat pada tabel 4 sampai tabel 9.

Tabel 4. Perhitungan Displacement Berat Perahu Katamaran Model 1

Jenis Konstruksi	Berat
Kerangka Lambung	0,527 Ton
Kerangka Bangunan Atas	0,078 Ton
Berat Kulit Kapal	0,351 Ton
Penumpang (Max. 6 Penumpang)	0,450 Ton
Jumlah	1,406 Ton

Tabel 5. Perhitungan Displacement Berat Perahu Katamaran Model 2

Jenis Konstruksi	Berat
Kerangka Lambung	0,527 Ton
Kerangka Bangunan Atas	0,082 Ton
Berat Kulit Kapal	0,400 Ton
Penumpang (Max. 5 Penumpang)	0,375 Ton
Jumlah	1,385 Ton

Tabel 6. Perhitungan Displacement Berat Perahu Katamaran Model 3

Jenis Konstruksi	Berat
Kerangka Lambung	0,527 Ton
Kerangka Bangunan Atas	0,024 Ton
Berat Kulit Kapal	0,391 Ton
Penumpang (Max. 6 Penumpang)	0,450 Ton
Jumlah	1,392 Ton

Tabel 4 sampai tabel 6 menjelaskan tentang berat tiap bagian konstruksi kapal. Pada tiap konstruksi pada tiga model memiliki nilai yang variasi. Pada desain model 1 memiliki selisih sebesar 1,50% dengan model 2, sedangkan pada model 3 memiliki selisih berat 0,50% dengan desain model 2. Serta model 3 memiliki selisih 0,99% dengan model 1. Selisih model 1 dan model 3 memiliki nilai yang kecil dikarenakan memiliki model desain bangunan atas yang hampir sama.

Pada perkerayaan desain bangunan atas ini mengakibatkan pengurangan jumlah penumpang. Penumpang awal pada kapal katamaran sebelum dilakukan perkerayaan desain yaitu maksimal 8 orang [1]. Hal seperti pada penelitian [4] dengan kesimpulan bahwa sebab perubahan rencana umum kapal yang menimbulkan penambahan peralatan tangkap mengakibatkan berat pada kapal naik yaitu sebesar 248 kg atau 0,248 ton, untuk

mempertahankan sarat agar tidak berubah yaitu 0,7 m, dengan demikian menyebabkan perubahan pada kapasitas muatan kapal yang mengalami pengurangan dari sebelumnya.

Tabel 7. Perbandingan LWT dan DWT pada Kapal Setelah Rekayasa Desain

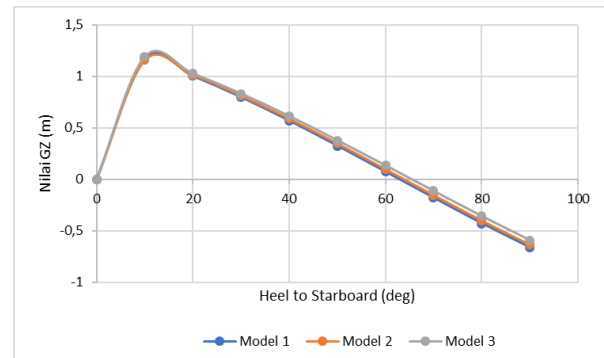
Model	Kapal 1	Kapal 2	Kapal 3
LWT 1	0,878	0,928	0,918
LWT 2	0,078	0,082	0,024
DWT	0,450	0,375	0,450
Jumlah (Ton)	1,406	1,385	1,392
VCG	1,109	1,070	1,044

Tabel 7 menjelaskan perbandingan tiap berat pada model kapal dengan LWT 1 adalah berat konstruksi pada lambung dan LWT 2 adalah berat konstruksi pada bagian bangunan atas kapal. LWT adalah perhitungan berat kapal pada saat kapal kosong. Sedangkan untuk DWT adalah berat kapal sewaktu kapal dalam keadaan penuh. Adapun komponen DWT seperti muatan, bahan bakar, penumpang, dan lain-lain. Penelitian ini komponen DWT yang dimaksud adalah penumpang. Penumpang setiap 1 orangnya memiliki berat sebesar 75 Kg.

Nilai VCG pada setiap model memiliki nilai yang berbeda, dengan selisih model 3 sebesar 5,86% dengan model 1, dan sebesar 2,43% antara model 2. Hal ini dikarenakan penambahan berat dan perubahan posisi muatan atau beban pada kapal katamaran, yang mengakibatkan perubahan titik berat pada seetiap desain model yang dibuat. Besar dan kecil nilai VCG memiliki pengaruh terhadap stabilitas kapal. Nilai VCG semakin besar maka luasan pada nilai GZ area terhadap sudut healing menjadi semakin kecil. Pada penelitian [10] meninjau ketinggian VCG kapal terhadap stabilitas dengan variasi ketinggian antara lain 3 meter, 3,25 meter, 3,75 meter, 3,8 meter dan 4 meter. Pada penelitian ini menghasilkan bahwa nilai VCG terbesar yaitu 4 meter memiliki nilai Maksimal GZ terkecil adalah 88,36 m.deg pada sudut healing 68,64 deg. Sedangkan nilai maksimal GZ terbesar yaitu 132,17 m.deg pada sudut healing 84,55 deg yang terdapat pada variasi VCG 3 meter [11].

Analisa stabilitas dilakukan menggunakan 2 kondisi menurut IMO yaitu (1) Kondisi kapal dengan muatan kosong dan *consumable* 100% (2) Kondisi kapal dengan muatan penuh.

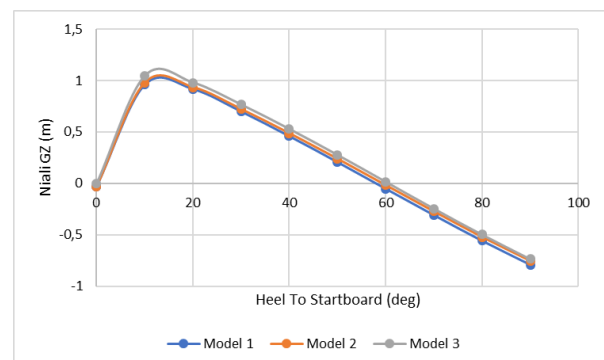
Hasil analisa stabilitas disajikan pada gambar 13 sampai dengan gambar 14 dan tabel 8 sampai dengan 9 yang berupa perbandingan kurva GZ dari ketiga desai rekayasa bangunan atas kapal tiap kondisi dan tabel kriteria stabilitas menurut IMO MSC.36(63).



Gambar 13. Kurva GZ kondisi 1 (Kapal kosong)

Tabel 8. Kriteria Stabilitas pada Kondisi 1 (Kapal Kosong)

No.	IMO MSC.36 (63)	Value	Model		
			I	II	III
1.	0-30	$\geq 7,4281$ m.deg	10,0 9	9,90	10,19
2.	Angle Of Max. GZ	$\geq 10^\circ$	12,7°	12,7°	12,7°



Gambar 14. Kurva GZ kondisi 2 (Kapal Penuh)

Tabel 9. Kriteria Stabilitas pada Kondisi 2 (Kapal Penuh)

No.	IMO MSC.36 (63)	Value	Model		
			I	II	III
1.	0-30	$\geq 6,9329$ m.deg	9,00	9,16	9,91
2.	Angle Of Max. GZ	$\geq 10^\circ$	13,6°	13,6°	13,6°

Semua kondisi telah memenuhi kriteria IMO MSC.36(63). Gambar 13 sampai dengan gambar 14 menunjukkan seluruh variasi dari masing-masing kondisi nilai GZ melebihi batas minimal.

Kondisi 1 dengan variasi model bangunan atas telah memenuhi kriteria IMO untuk ketiga variasi yang telah diskenariokan, ketiga model kapal memiliki nilai lengan pengembali yang cukup besar. Model I, II, III kapal memiliki nilai

GZ maksimal secara berturut-turut yaitu 1,232 m, 1,217 m, dan 1,248 m. Analisis pada kondisi 1 (muatan kosong) model mengalami penurunan nilai GZ maksimal pada model 2 dengan selisih 1,2% atau sebesar 1,217 m. Sedangkan jika dibandingkan dengan nilai GZ maksimal pada model 3 yang tidak mengalami penurunan dan memiliki nilai GZ maksimal yang nilainya yaitu sebesar 1,248 m.

kondisi 2 dengan variasi model bangunan atas telah memenuhi kriteria IMO untuk ketiga variasi yang telah diskenarioakan, ketiga model kapal memiliki nilai lengan pengembali yang cukup besar. Model I, II, III kapal memiliki nilai GZ maksimal secara berturut-turut yaitu 1,038 m, 1,055 m, dan 1,117 m. Analisis pada kondisi 2 (muatan penuh) model mengalami penurunan nilai GZ maksimal. Hal ini disebabkan karena perubahan nilai VCG pada kapal, yang disebabkan penambahan dan pegeseran muatan pada kapal. Kondisi pada saat kapal muatan penuh dimiliki oleh model 3 dengan nilai sebesar 1,117 m pada sudut $13,6^\circ$.

Penelitian mengenai Analisa Teknis Dan Ekonomis Pada Kapal Pelayaran Rakyat “KLM Lestari Budaya” Setelah Dimodifikasi Menjadi Kapal Pariwisata dengan kesimpulan kapal sebelum dimodifikasi menghasilkan nilai GZ terbaik sebesar 0,474 m pada sudut $31,8^\circ$, sedangkan setelah dimodifikasi menghasilkan nilai GZ terbaik sebesar 0,623 m pada sudut $36,4^\circ$ dimana letak muatan digeser ke bagian kapal yang lain [12]. Kesimpulan ini mendukung hasil penelitian analisis performance kapal setelah dilakukan perekayasa desain bangunan atas kapal katamaran dengan dimana letak muatan mampu mengakibatkan nilai LCG maupun VCG berubah sehingga mengakibatkan nilai KG pada kapal akan berubah. Muatan yang letaknya semakin jauh dari midship akan mengakibatkan nilai GM semakin kecil dan berakibat terhadap nilai GZ yang juga semakin kecil.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pada bagian pembahasan ini, penulis mengambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut: 1) dari ketiga model desain bangunan atas, terlihat nilai rata-rata koefisien terendah terdapat pada model 3 dengan nilai hambatan sebesar 1,244 kN. 2) Daya mesin kapal yang dibutuhkan setelah penambahan rekayasa desain bangunan atas yaitu sebesar 12 HP. Dan 3) nilai stabilitas paling baik didapatkan pada model 3 dengan nilai GZ maksimal pada saat kondisi penuh yaitu 1,248 m pada sudut $12,7^\circ$ dan 1,117 m pada sudut $13,6^\circ$. Hal ini disebabkan pada model 3 memiliki nilai VCG yang lebih

rendah dibandingkan dengan model lainnya yaitu 0,894 m pada saat kapal kosong dan 1,044 m kapal kondisi penuh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima Kasih Penulis sampaikan kepada Allah SWT yang tidak henti-henti memberikan Karunia dan CintaNya, Orang Tua yang selalu mendukung dan mendoakan penulis,

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Makhrusyah, F., “Analisa Performa Perahu Katamaran Berkulit Plastik HDPE Produksi PengrajinPerahu Kebondowo Banyubiru”. *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. , no. 1, pp. 59-65, 2019.
- [2]. Abdurohman, A., Trimulyono A., Amiruddin W., “Analisa Hambatan Angin Dan Stabilitas Kapal Super,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 4, no. 1, pp. 91–100, 2016.
- [3]. P. Andersen, “Wind Forces on Container Ships (in Danish),” *DTU Mechanical Engineering*, no.3, p. 282, 2007.
- [4]. A. Prasetya, W. Amiruddin, U. Budiarto, D. “Perubahan Rencana Umum Akibat Penambahan Alat Tangkap Dan Pengaruhnya Pada Performance Kapal,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 4, no. 4, pp. 847–857, 2016.
- [5]. Amiruddin, W., E. S. Hadi, Kiryanto, “Pemanfaatan Material Plastik Hdpe Bekas Drum Kemasan Sebagai Kulit Lambung Perahu,” *Jurnal Kapal*, vol. 11, no. 3, pp. 162–169, 2014.
- [6]. I. Mujiarto, “Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif,” *Traksi*, vol. 3, no. 2, pp. 65–74, 2005.
- [7]. Bierley, A. W., R. J. Heat dan M.J. Scoot. 1988. “Plastik Materials Properties and Applications”. New York: Chapman and Hall Publishing.
- [8]. D. W. Amiruddin, “Analisis Teknis Ekonomis Penggunaan Kulit Plastik HDPE Sebagai Pengganti Kulit Kayu Pada Lambung Perahu Katamaran,” *Jurnal Kapal*, vol. 16, no. 1, p. 33, 2019.
- [9]. T. Fujiwara, M. Ueno, and T. Nimura, “Estimation of Wind Forces and Moments acting on Ships,” *National Maritime Research Institute. Japan*, vol. 1998, no. 183, pp. 77–90, 1998.
- [10]. J. M. A. Fonfach and C.g. Soares, “Improving The Resistance Of a Series 60 Vessel With a CFD Code”, *V European Conference on Computational Fluid Dynamics (CFD 2010)*, no. June, pp.14-17, 2010.

- [11].Mujahid, S. 2019. “Kajian Penentuan Titik Berat Vertikal Pada Studi Kelayakan Desain Barge Penambang Timah Terhadap Stabilitas Kapal”. Jurnal Inovtek Polberg, Vol. 9, No. 1. pp. 182-189.
- [12].I. Aditio, E. S. Hadi & Kiryanto, “Analisa Teknis Dan Ekonomis Pada Kapal Pelayaran Rakyat "KLM Lestari Budaya" Setelah Dimodifikasi Menjadi Perahu Wisata,” Jurnal Teknik Perkapalan, Vol. 6, pp. 1-9, 2018.