



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Studi Analisa Perbandingan Hambatan dan Stabilitas Kapal Tipe Lambung Monomaran dengan Catamaran Jalur Pelayaran Lembar NTB ke Padang Bai Bali

Jatie Erlangga¹⁾, Berlian Arswendo A²⁾, Deddy Chrismianto³⁾

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
Email: jatiegreendis@gmail.com

Abstrak

Salah satu inovasi dalam bidang produksi kapal adalah rekayasa bentuk lambung kapal yang bertujuan untuk memproduksi kapal dengan performa yang lebih baik. Diantara sekian banyaknya tipe lambung kapal adalah Monomaran dan Catamaran. Analisa perbandingan hambatan, stabilitas, dan olah gerak terhadap model kapal dengan tipe lambung Monomaran dan Catamaran dilakukan untuk mengetahui gambaran performa masing – masing kapal saat beroperasi di rute perairan Lembar NTB ke Padang Bai Bali. Analisa hambatan, stabilitas, dan olah gerak dapat dilakukan dengan menggunakan software Maxsurf.

Hasil pengujian hambatan dengan software Maxsurf pada kecepatan 17 knot menunjukkan model kapal dengan tipe lambung Catamaran memiliki hambatan sebesar 99,5 kN dengan daya sebesar 1.087,77 Hp, lebih kecil 23 % dibandingkan model kapal Monomaran. Dengan besar displacement yang sama hasil pengujian stabilitas menggunakan software Maxsurf Stability menunjukkan bahwa kapal Catamaran memiliki jarak Gz yang lebih besar pada kondisi I, II, dan III, dan telah memenuhi semua kriteria stabilitas yang ditentukan. Hasil pengujian olah gerak menunjukkan model kapal Catamaran memiliki respon pitching yang lebih baik dibandingkan model kapal Monomaran pada sudut masuk air 0⁰ (depan) dan 90⁰ (samping), sedangkan pada sudut masuk air 180⁰ (belakang), kapal Monomaran memiliki respon pitching yang lebih baik dibandingkan dengan kapal Catamaran.

Kata Kunci : Hambatan, Stabilitas, Olah gerak, Monomaran, Catamaran

1. PENDAHULUAN

Pelabuhan Lembar Provinsi Nusa Tenggara Barat merupakan satu – satunya pelabuhan yang menghubungkan jalur pulau Bali dan pulau Lombok. Pelabuhan ini terletak di kecamatan Lembar, di bagian Lombok Barat. Jarak waktu pemberangkatan dan kedatangan sekitar 1,5 jam dengan waktu tempuh 4 jam, tergantung pada kondisi laut.

Aktivitas penyeberangan berlangsung selama 24 jam. Rata – rata pengguna jasa penyeberangan di Pelabuhan Lembar setiap harinya berkisar di angka 250 penumpang, jumlah ini dapat melonjak menjadi 1.200 orang pada saat musim liburan seperti libur lebaran. Jika dilihat kedepannya pelabuhan lembar akan terus berkembang dari segi jumlah penggunanya, tentunya kebutuhan akan kapal penyeberangan juga akan bertambah. Oleh

karena itu dibutuhkan studi perancangan kapal penyeberangan dengan mengedepankan aspek keselamatan. Aspek keselamatan pada studi perancangan tidak lepas dari *statutory* yang telah diatur.

Salah satu inovasi dalam bidang produksi kapal adalah rekayasa bentuk lambung kapal yang bertujuan untuk memproduksi kapal dengan performa yang lebih baik. Diantara sekian banyaknya tipe lambung kapal adalah *Monomaran* dan *Catamaran*. Analisa perbandingan hambatan, stabilitas, dan olah gerak terhadap model kapal dengan tipe lambung *Monomaran* dan *Catamaran* dilakukan untuk mengetahui gambaran performa masing – masing kapal saat beroperasi di rute perairan Lembar NTB ke Padang Bai Bali.

Dari latar belakang yang telah diuraikan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perbandingan hambatan, stabilitas, dan olah gerak model kapal antara tipe lambung *Monomaran* dan *Catamaran*.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini permasalahan akan dibatasi sebagai berikut :

1. Perhitungan ukuran utama menggunakan *Ship Comparassion*.
2. Parameter keberhasilan analisis stabilitas menggunakan IMO untuk General Ship.
3. Perbandingan analisis hambatan, stabilitas, dan olah gerak berdasarkan variasi model lambung *Monomaran* dan *Catamaran*.
4. *Displacement* antara lambung tipe *Monomaran* dan *Catamaran* dikunci.

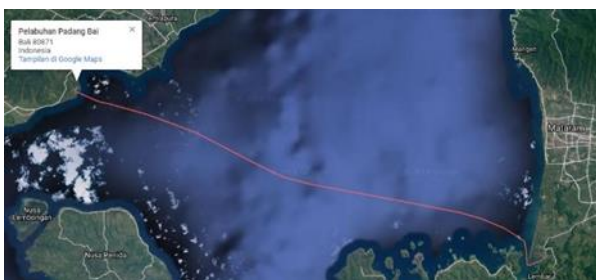
2. DAFTAR PUSTAKA

1.1 Pelabuhan Lembar

Sejak dipindahkan pada tahun 1979, pelabuhan lembar mulai ramai sebagai jalur penyeberangan. Letak geografis pelabuhan Lembar berada di dalam teluk membuatnya terlindungi dari angin kencang dan gelombang. Pelabuhan Lembar memiliki 3 dermaga, dimana 2 dermaga difungsikan sebagai dermaga penyeberangan dengan rute Lembar-Padang Bai Denpasar-PP, dan satu dermaga sebagai penyeberangan untuk muatan barang berbagai jenis.

Untuk jasa pengangkutan penumpang dari Lembar-Padang Bai Jarak waktu pemberangkatan dan kedatangan sekitar 1,5 jam dengan waktu tempuh 4 jam, tergantung pada kondisi laut, dengan jarak tempuh 38 mil laut. Aktivitas penyeberangan berlangsung selama 24 jam.

Karakter gelombang pada jalur penyeberangan laut Lembar ke Padang Bai dinyatakan oleh BMKG wilayah III memiliki ketinggian gelombang dari 0,25 meter sampai dengan 1,5 meter, dengan kecepatan angin 6 sampai dengan 15 knot yang mengarah ke barat.



Gambar 1. Rute Pelayaran Padang Bai – Lembar NTB

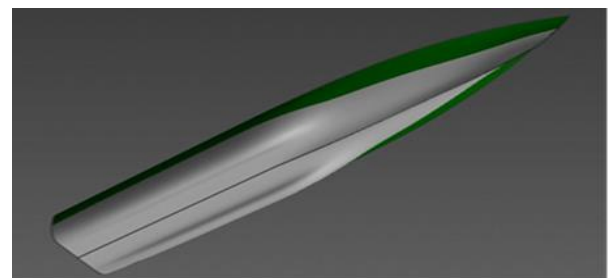
1.2 Metode Perbandingan

Merupakan metode perancangan kapal yang mensyaratkan adanya satu kapal pembanding

dengan dan telah memenuhi kriteria rancangan (stabilitas, kekuatan kapal, dll), juga mengusahakan hasil yang lebih baik dari kapal yang telah ada (kapal pembanding). Ukuran - ukuran pokok kapal dihasilkan dengan cara mengalikan ukuran pokok kapal pembanding dengan faktor skala (*scale factor*).

2.3 Monomaran

Monomaran adalah jenis kapal yang memiliki design lambung unik, dimana pada bagian bawahnya (*bottom*) ditekuk ke atas. Tujuan design lambung *monomaran* ditekuk ke atas adalah untuk menghasilkan sarat yang relatif besar pada muatan ringan atau kosong. Disain lambung *monomaran* mampu memberikan sarat yang lebih dalam untuk *dead weight* yang sama, sehingga kapal memiliki stabilitas yang baik dalam kondisi muatan kosong tanpa harus mengisi atau memberikan ballast pada kapal. Bentuk lambung *monomaran* ini memiliki keuntungan lain yaitu pada bagian *cargo hold* yang berbentuk kotak persegi panjang bisa tetap dipertahankan.

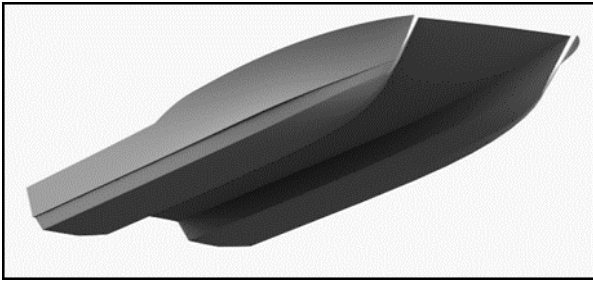


Gambar 2. Model Kapal *Monomaran*

2.4 Catamaran

Catamaran sudah dikenal oleh orang-orang polinesia sejak pada jaman dahulu kala. Kestabilannya yang sangat tangguh membuat para designer dan pembangun kapal banyak yang melirik untuk membuat jenis kapal ini. Sampai saat ini jenis kapal ini banyak digunakan untuk kapal-kapal penumpang, perahu-perahu layar, bahkan beberapa perahu-perahu nelayan.

Keuntungan lain *catamaran* selain stabil adalah kapal jenis ini memiliki badan yang sangat lebar karena jembatan (*Bridge*) antara satu lambung dengan lambung yang lainnya digunakan sebagai tempat muatan. Pada kapal *Roro*, muatan mobil dan penumpang akan lebih banyak dibanding dengan kapal berjenis lain dengan kapasitas yang sama.



Gambar 3. Model Kapal *Catamaran*

2.2 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.

Hambatan total yang bekerja pada kapal saat melaju pada permukaan air tenang memiliki beberapa komponen hambatan yang meliputi hambatan gesek, hambatan viskositas, hambatan gelombang, hambatan udara, dan hambatan karena bentuk badan kapal.

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{tot} \cdot (C_f (1+k) + C_A) + R_{W/W} \cdot W$$

dimana :

- R_T = Hambatan total kapal (N)
- ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)
- V = Kecepatan kapal (m/s)
- S_{tot} = Luas permukaan basah kapal (m^2)
- C_f = Koefisien tahanan gesek
- $(1+k)$ = Koefisien faktor bentuk
- C_A = Koefisien tahanan udara
- $R_{W/W}$ = Koefisien tahanan gelombang
- W = Gaya ke atas atau *buoyancy* (N)

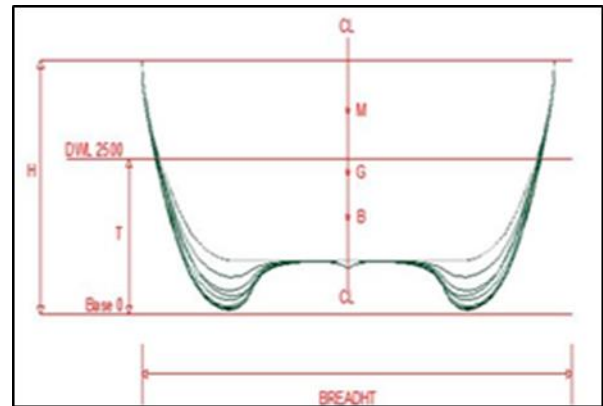
2.3 Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal dapat didefinisikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke keadaan awal ketika mengalami keolengan akibat dari pengaruh gaya luar.

Stabilitas pada kapal dipengaruhi oleh tiga titik antara lain:

1. Titik G (*gravity*) adalah titik berat dari kapal
2. Titik B (*bouyancy*) adalah titik tekan air keatas
3. Titik M (metasentra) adalah titik perpotongan vektor gaya keatas pada -

keadaan awal dengan vektor gaya tekan keatas pada keadaan oleng.

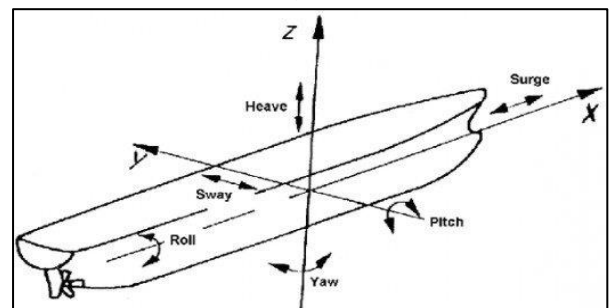


Gambar 4. Titik Stabilitas

2.4 Olah Gerak Kapal

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

1. Gerakan rotasi, gerak ini merupakan gerak putaran meliputi :
 - a. *Rolling*
 - b. *Pitching*
 - c. *Yawing*
2. Gerakan translasi, gerak ini merupakan gerak lurus beraturan sesuai dengan sumbu nya meliputi :
 - a. *Surging*
 - b. *Swaying*
 - c. *Heaving*



Gambar 5. Gerakan Translasi dan Rotasi Kapal

3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Indetifikasi Permasalahan

Identifikasi dan batasan permasalahan meliputi perumusan masalah, asumsi yang berlaku dan penetapan tujuan seperti yang telah disebutkan pada bab I. Pendahuluan.

3.2 Langkah Kerja

Ruang lingkup permasalahan yang akan dianalisa dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Menentukan ukuran utama kapal dari data-data kapal pembeding.
2. Pembuatan *Lines Plan* kapal *Monomaran* dan *Catamaran*.
3. Membuat Model Lambung 3d *Monomaran* dan *Catamaran*.
4. Menghitung hambatan kedua model kapal menggunakan software *Maxsurf*.
4. Membuat *General Arrangement*.
5. Analisis Stabilitas Kapal.
6. Analisis Hambatan Kapal.
7. Analisis Olah Gerak Kapal.

3.3 Materi Penelitian

Dalam Penelitian ini untuk menentukan ukuran utama dalam pembuatan model kapal digunakan metode regresi dengan data – data kapal sebagai berikut :

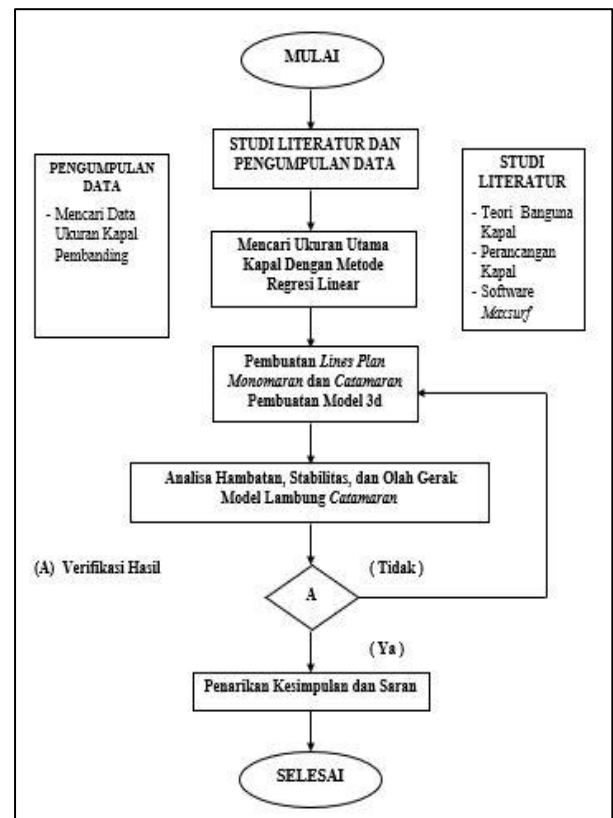
Tabel 1. Data – Data Kapal Pembeding

NAMA KAPAL	TIPE	LOA	B	T	Disp	V
LATITUDE	Cruise Ship	52	10.4	3.51	775	14
ITASCA	Cruise Ship	53.6	10.6	5.2	845	12
MO2	Cruise Ship	49.13	8.2	2.5	402	14
NASSIMA	Cruise Ship	49.18	8.7	2.57	330	22
BENETTI 50M FB 215	Cruise Ship	49.99	8.9	2.62	360	17
DR. NO NO	Cruise Ship	49.75	9.3	3.2	610	18
ONE MORE TOY	Cruise Ship	47	8.53	2.13	295	20
SKYFALL	Cruise Ship	57.91	10.2	2.6	810	18
SHENANDOAH OF SARK	Cruise Ship	54.35	8.23	4.65	300	13
LION SPIRIT	Cruise Ship	57.28	11.5	3	850	17
KINTA	Cruise Ship	54.6	9.4	2.9	620	16

Untuk data sekunder diperoleh dari literatur (jurnal dan buku).

3.4 Diagram Alir Penelitian

Penyusunan penelitian ini dilakukan berdasarkan sistematika metodologi yang diuraikan melalui diagram alir atau *flow chart* yang memuat kegiatan awal hingga akhir penelitian sebagai berikut :



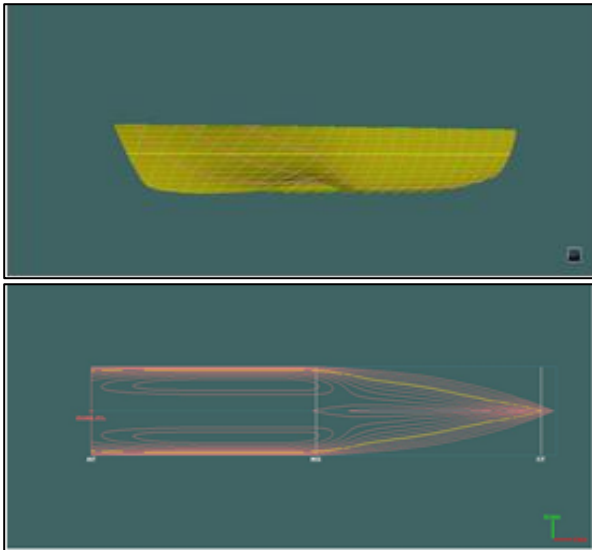
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

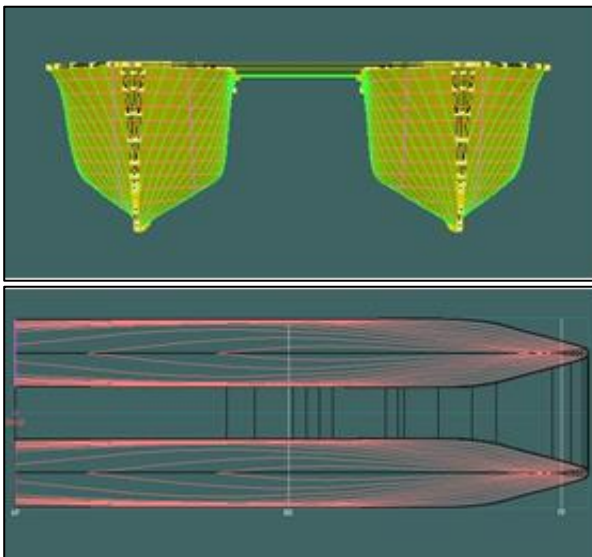
4.1 Penentuan Ukuran Utama Kapal dan Pembuatan Model 3d

Langkah pertama adalah mencari ukuran utama kapal menggunakan data kapal pembeding. Setelah itu membuat model 3d *Monomaran* dan *Catamaran* menggunakan bantuan software. Proses *fairing* dengan software design dilakukan untuk mendapatkan besar *displacement* yang sama untuk kedua model. Didapatkan data ukuran kapal sebagai berikut :

1. Tipe Kapal : *Monomaran*
 - LOA* : 53,691 m
 - Lpp* : 49,349 m
 - B* : 9,229 m
 - H* : 4,11 m
 - T* : 2,346 m
 - Vs* : 17 knots
 - Displacement : 566 ton
2. Tipe Kapal : *Catamaran*
 - LOA* : 57,85 m
 - Lpp* : 55,08 m
 - B* : 14,00 m
 - H* : 4,81 m
 - T* : 2,5 m
 - Vs* : 17 knots
 - Jarak *Demihull* : 4.5 m
 - Displacement : 566 ton



Gambar 6. Model Lambung *Monomaran*



Gambar 7. Model Lambung *Catamaran*

4.2 Analisis Hambatan

Perhitungan hambatan dilakukan dengan menggunakan bantuan software *Maxsurf Resistance*. Data yang dimasukkan adalah :

- a. Frame of reference (untuk melihat ukuran Lpp, Loa, dan T)
- b. Metode analisis hambatan
 - Model lambung kapal *Monomaran* menggunakan *Holtrop*
 - Model lambung *Catamaran* menggunakan *Slender Body*
- c. Efficiency
 - 80 %
- d. Kecepatan pengujian
 - 0 sd. 17 knot

Setelah melakukan analisa hambatan menggunakan software *Maxsurf* pada kedua model kapal, dimana pada model kapal *Monomaran* digunakan metode analisis hambatan *Holtrop*, dan

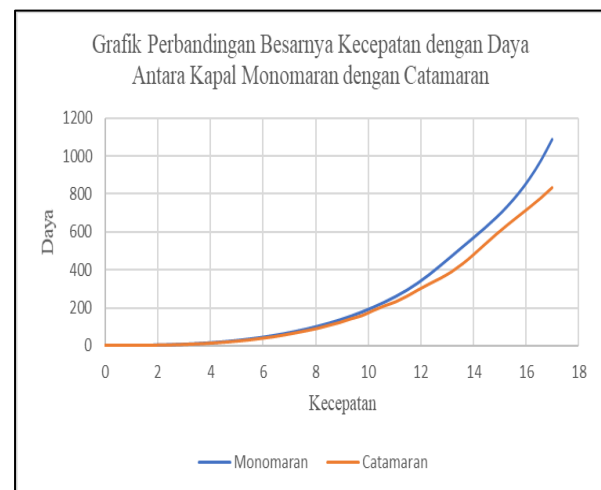
pada model kapal *Catamaran* digunakan metode *Slender Body*, didapatkan hasil besarnya hambatan pada model kapal *Monomaran* adalah sebesar 99,5 kN, dengan besar daya yang dibutuhkan untuk melaju pada kecepatan 17 knot sebesar 1.087,77 Hp.

Pada model kapal *Catamaran* besarnya hambatan adalah sebesar 76,5 kN, dengan besar daya yang dibutuhkan untuk melaju pada kecepatan 17 knot sebesar 835,991 Hp. Ini menunjukkan bahwa model lambung *Catamaran* memiliki besar hambatan 23% lebih kecil dibandingkan dengan model kapal *Monomaran* untuk melaju pada kecepatan 17 knot.

Grafik data perbandingan besarnya kecepatan dengan hambatan antara model kapal *Monomaran* dengan *Catamaran* ditunjukkan pada gambar 8, sedangkan grafik perbandingan daya dan kecepatan antara model kapal *Monomaran* dan *Catamaran* ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Kecepatan dengan Hambatan Antara *Monomaran* dan *Catamaran*



Gambar 9. Grafik Perbandingan Kecepatan dengan Daya Antara *Monomaran* dan *Catamaran*

4.3 Analisis Stabilitas

Sebelum melakukan analisis stabilitas terlebih dahulu membuat *general arrangement* (rencana umum) untuk memasukan semua beban yang ada pada kapal, dan posisi peletakan tangki – tangki. Kedua model kapal direncanakan dapat menampung penumpang maksimal sebanyak 200 orang.

Analisis Stabilitas menggunakan bantuan software *Maxsurf*. Perhitungan stabilitas kapal dibagi menjadi tiga kondisi sehingga diketahui stabilitas tiap – tiap kondisi. Dengan deskripsi pengkondisian muatan adaah sebagai berikut :

1. Kondisi I : adalah kapal dengan kondisi akan berangkat , dengan keadaan penumpang penuh. Persediaan perbekalan, minyak lumas, air tawar, dan bahan bakar dalam keadaan penuh (100%).
2. Kondisi II : adalah kapal dengan kondisi persediaan pada perbekalan makanan tangki bahan bakar , minyak lumas , dan air tawar tinggal 50 % , dengan keadaan penumpang penuh.
3. Kondisi III : adalah kondisi kapal tanpa penumpang, dengan keadaan perbekalan makanan, bahan bakar, minyak lumas, dan air tawar, tinggal 10 %.

4.3.1 Parameter uji stabilitas

Kriteria pengujian stabilitas yang digunakan pada software *Maxsurf Stability* adalah *IMO section A.749(18) Ch 3 - Design criteria Applicable to all Ships* dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Nilai luasan kurva Gz pada kondisi 0^o- 30^o tidak boleh kurang dari 3.15 m.deg.
- b. Nilai luasan kurva GZ pada kondisi 0^o- 40^o tidak boleh kurang dari atau sama dengan 5.16 m.deg.
- c. Nilai luasan kurva GZ pada kondisi 30^o- 40^o tidak boleh kurang dari 1,719 m.deg.
- d. Max Gz pada kondisi 30^o lebih.
- e. Sudut maximum Gz
- f. *Initial GMt*

Untuk kapal dengan lambung tipe *Catamaran* penentuan nilai sudut maksimum Gz menggunakan kriteria pengujian *HSC 2000 Annex 7 Multihull Intact (HSC multi. Intact 1.2)* dengan ketentuan sudut pada nilai GZ maksimum tidak boleh kurang atau sama dengan 10^o (deg).

4.3.2 Hasil Analisis Stabilitas

Berikut ini adalah hasil data dari pengujian stabilitas pada model kapal *Monomaran* pada semua kondisi terhadap parameter uji stabilitas yang telah ditentukan.

Tabel 2. Pengujian pada Kriteria *IMO A.749(18) Ch 3 - Design criteria Applicable to all Ships Area 0^o-30^o*

Kondisi Pengujian	Ketentuan (m.deg)	Hasil (m.deg)	Status
Kondisi I	3,1513	20,859	Pass
Kondisi II	3,1513	19,961	Pass
Kondisi III	3,1513	20,313	Pass

Tabel 3. Pengujian pada Kriteria *IMO A.749(18) Ch 3 - Design criteria Applicable to all Ships Area 0^o-40^o*

Kondisi Pengujian	Ketentuan (m.deg)	Hasil (m.deg)	Status
Kondisi I	5,1566	33,199	Pass
Kondisi II	5,1566	30,833	Pass
Kondisi III	5,1566	30,085	Pass

Tabel 4. Pengujian pada Kriteria *IMO A.749(18) Ch 3 - Design criteria Applicable to all Ships Area 30^o-40^o*

Kondisi Pengujian	Ketentuan (m.deg)	Hasil (m.deg)	Status
Kondisi I	1,71189	12,54	Pass
Kondisi II	1,71189	10,872	Pass
Kondisi III	1,71189	9,77	Pass

Tabel 5. Pengujian pada Kriteria *IMO A.749(18) Ch 3 - Design criteria Applicable to all Ships Max GZ at 30 or Greater*

Kondisi Pengujian	Ketentuan (m.deg)	Hasil (m.deg)	Status
Kondisi I	0,2 m	1,289	Pass
Kondisi II	0,2 m	1,135	Pass
Kondisi III	0,2 m	1,039	Pass

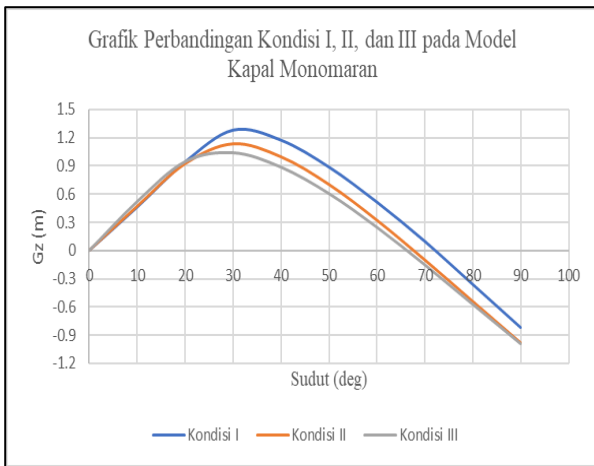
Tabel 6. Pengujian pada Kriteria *IMO A.749(18) Ch 3 - Design criteria Applicable to all Ships Angel of maximum GZ*

Kondisi Pengujian	Ketentuan (m.deg)	Hasil (m.deg)	Status
Kondisi I	25 deg	31,8	Pass
Kondisi II	25 deg	30,9	Pass
Kondisi III	25 deg	28,2	Pass

Tabel 7. Pengujian pada Kriteria *IMO A.749(18) Ch 3 - Design criteria Applicable to all Ships Initial GMt*

Kondisi Pengujian	Ketentuan (m.deg)	Hasil (m.deg)	Status
Kondisi I	0,15 m	2,606	Pass
Kondisi II	0,15 m	2,680	Pass
Kondisi III	0,15 m	3,076	Pass

Grafik perbandingan hasil analisis model kapal *Monomaran* pada semua kondisi ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan Stabilitas Model Kapal Monomaran Pada Kondisi I, II, dan III

Berikut ini adalah hasil data dari pengujian stabilitas pada model kapal *Catamaran* pada semua kondisi terhadap parameter uji stabilitas yang telah ditentukan.

Tabel 8. Pengujian pada Kriteria *IMO A.749(18) Ch 3 - Design criteria Applicable to all Ships Area 0°-30°*

Item	Ketentuan (m.deg)	Hasil (m.deg)	Status
Kondisi I	3,1513	93,728	Pass
Kondisi II	3,1513	94,569	Pass
Kondisi III	3,1513	96,279	Pass

Tabel 9. Pengujian pada Kriteria *IMO A.749(18) Ch 3 - Design criteria Applicable to all Ships Area 0°-40°*

Item	Ketentuan (m.deg)	Hasil (m.deg)	Status
Kondisi I	1,71189	34,379	Pass
Kondisi II	1,71189	33,046	Pass
Kondisi III	1,71189	32,230	Pass

Tabel 10. Pengujian pada Kriteria *IMO A.749(18) Ch 3 - Design criteria Applicable to all Ships Area 30°-40°*

Item	Ketentuan (m.deg)	Hasil (m.deg)	Status
Kondisi I	1,71189	34,379	Pass
Kondisi II	1,71189	33,046	Pass
Kondisi III	1,71189	32,230	Pass

Tabel 11. Pengujian pada Kriteria *IMO A.749(18) Ch 3 - Design criteria Applicable to all Ships Max GZ at 30 or Greater*

Item	Ketentuan (m)	Hasil (m)	Status
Kondisi I	0,2 m	3,662	Pass
Kondisi II	0,2 m	3,545	Pass
Kondisi III	0,2 m	3,478	Pass

Tabel 12. Pengujian pada Kriteria *IMO A.749(18) Ch 3 - Design criteria Applicable to all Ships Initial GMt*

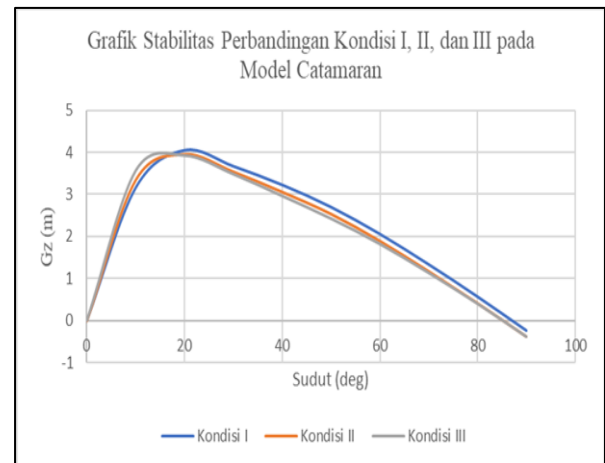
Item	Ketentuan (m)	Hasil (m)	Status
Kondisi I	0,15m	19,289	Pass
Kondisi II	0,15 m	21,136	Pass
Kondisi III	0,15 m	24,453	Pass

Untuk lambung kapal katamaran nilai GZ ditentukan dengan menggunakan kriteria pengujian *HSC 2000 Annex 7 Multihull Intact*.

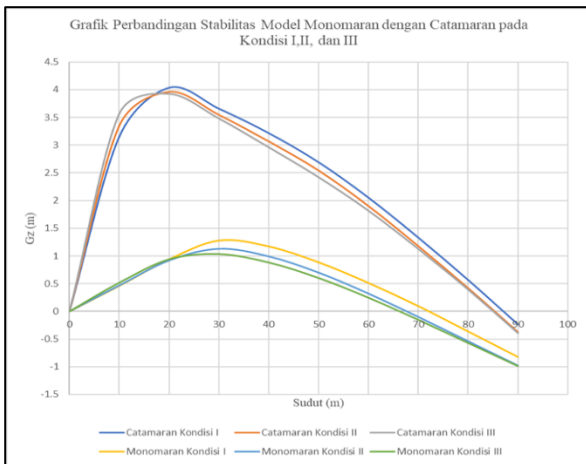
Tabel 13. *HSC Annex 7 Multihull. Intact Angel of max GZ*

Item	Ketentuan (deg)	Hasil (deg)	Status
Kondisi I	10	20	Pass
Kondisi II	10	17,3	Pass
Kondisi III	10	15,5	Pass

Grafik perbandingan hasil analisis model kapal Monomaran pada semua kondisi ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Perbandingan Stabilitas Model Kapal Catamaran Pada Kondisi I, II, dan III



Gambar 12. Perbandingan hasil pengujian *Large Angle Stability* model kapal Monomaran dengan Catamaran pada kondisi I, II, dan III

Hasil analisa stabilitas menggunakan software *Maxsurf Stability* menunjukkan kedua model kapal (*Monomaran* dan *Catamaran*) telah memenuhi semua kriteria stabilitas yang ditentukan. Dari hasil analisa tersebut menunjukkan nilai luasan di bawah kurva Gz kedua model pada pengujian kondisi I, II, dan III masih di atas nilai standar IMO, artinya pada sudut yang diperkirakan sebagai titik tenggelam kapal (*downflooding point*) yaitu antara 0-30 (deg), 0-40 (deg), dan 30 -40 (deg) kedua model kapal masih dalam kondisi yang stabil karena memiliki momen pembalik (*righting moment*) yang besar.

Pada standar IMO untuk menentukan nilai maksimum Gz dan sudut maximum Gz menyebutkan bahwa jarak dan sudut oleng minimum pada nilai Gz tidak boleh kurang dari 0,2 m dan 25⁰ (deg). Sedangkan pada model kapal *Catamaran* nilai sudut maximum GZ menggunakan kriteria *HSC multi. Intact 1.2* sudut pada nilai GZ maksimum tidak boleh kurang atau sama dengan 10⁰ (deg). Dari hasil analisa pada semua kondisi menyatakan bahwa nilai Gz kedua model masih berada di atas standar persyaratan yang ditetapkan IMO.

Aturan IMO mengenai nilai GMT menyebutkan bahwa jarak *metacenter gravity* (MG) minum pada kedua model adalah 0,15 m. Kedua model memiliki nilai MG di atas standar yang telah ditetapkan IMO pada semua kondisi.

Dengan besar displacement yang sama hasil data menunjukkan, model kapal *Catamaran* memiliki jarak GZ (*righting moment*) yang lebih besar pada semua kondisi dibandingkan dengan model *Monomaran*.

4.4 Analisis Olah Gerak

Olah Gerak Kapal (*Seakeeping Performance*) adalah kemampuan untuk tetap bertahan di laut

akibat pengaruh dari gelombang laut. Olah gerak merupakan aspek penting dalam hal perancangan kapal (*Ship Design*). Output perhitungan ini dapat terdiri dari beberapa atau keseluruhan unit meliputi data sebagai berikut :

1. Derajat kebebasan gerak kapal (Heave, Pitch, Roll) yang berupa *motion* dan percepatan.
2. Hambatan tambahan (*added resistance*) akibat pengaruh gelombang dan arah masuk gelombang (*wave heading*).
3. Gaya dinamis yang bekerja pada kapal.
4. Struktural respon (RAOs) pada tiap gerakan kapal.

Hasil running *maxsurf motion* dengan tinggi gelombang sebesar 1,5 m (*moderate water*), kecepatan kapal 17 knot menggunakan spektrum gelombang JONSWAP adalah sebagai berikut :

Tabel 14. Heave motion, roll motion, dan pitch motion model kapal *Monomaran* dan *Catamaran* pada sudut masuk air 0⁰ (*Following Seas*)

0 ⁰ Monomaran	Hasil	Satuan	0 ⁰ Catamaran	Hasil	Satuan
Heave motion	0,281	m	Heave motion	0,277	m
Roll motion	0	deg	Roll motion	0	deg
Pitch motion	1,24	deg	Pitch motion	0,94	deg

Pada tabel 14. dapat dilihat nilai RMS hasil analisa olah gerak kapal dari sudut masuk air 0⁰ (*Following Seas*) yang dikondisikan pada tinggi gelombang 1,5 m, dan tipe gelombang JONSWAP menunjukkan bahwa model kapal *Catamaran* memiliki respon gerakan yang lebih baik dibandingkan dengan model kapal *Monomaran*, yaitu pada *Heave motion* Catamaran sebesar 0,277 m dan *Monomaran* sebesar 0,281 m, sedangkan *Pitch motion Monomaran* sebesar 1,24⁰ (deg) dan *Catamaran* 0,94⁰ (deg).

Tabel 15. Heave motion, roll motion, dan pitch motion model kapal *Monomaran* dan *Catamaran* pada sudut masuk air 90⁰ (*Beam Seas*)

90 ⁰ Monomaran	Hasil	Satuan	90 ⁰ Catamaran	Hasil	Satuan
Heave motion	0,325	m	Heave motion	0,425	m
Roll motion	4,93	deg	Roll motion	2,56	deg
Pitch motion	0,64	deg	Pitch motion	0,53	deg

Pada tabel 15. dapat dilihat nilai RMS hasil analisa olah gerak kapal dari sudut masuk air 90⁰ (*Beam Seas*) yang dikondisikan pada tinggi gelombang 1,5 m, dan tipe gelombang JONSWAP menunjukkan bahwa model kapal *Monomaran* memiliki respon heaving yang lebih baik dibandingkan dengan model kapal *Catamaran*,

dimana heaving motion *Monomaran* sebesar 0,325 m , sedangkan *Catamaran* 0,425 m.

Respon gerakan *rolling* menunjukkan bahwa model kapal *Catamaran* pada sudut masuk air 90⁰ (*Beam Seas*) memiliki respon gerakan yang lebih baik dibandingkan dengan model kapal *Monomaran*, dimana pada kapal *Catamaran* sebesar 2,56 m, sedangkan pada model kapal *Monomaran* sebesar 4,93⁰.

Respon gerakan *pitching* menunjukkan bahwa model kapal *Catamaran* memiliki respon gerakan *pitching* yang lebih baik dibandingkan model kapal *Monomaran* dimana pada kapal *Catamaran* sebesar 0,53⁰ sedangkan pada model kapal *Monomaran* sebesar 0,64⁰.

Tabel 16. *Heave motion, roll motion, dan pitch motion* model kapal *Monomaran* dan *Catamaran* pada sudut masuk air 180⁰ (*Head Seas*)

180 ⁰		180 ⁰ <i>Catamaran</i>	
<i>Monomaran</i>	Hasil	Satuan	<i>Catamaran</i>
<i>Heave motion</i>	0,365	m	<i>Heave motion</i>
<i>Roll motion</i>	0	deg	<i>Roll motion</i>
<i>Pitch motion</i>	1,09	deg	<i>Pitch motion</i>

Pada tabel 16. dapat dilihat nilai RMS hasil analisa olah gerak kapal dari sudut masuk air 180⁰ (*Head Seas*) yang dikondisikan pada tinggi gelombang 1,5 m, dan tipe gelombang JONSWAP menunjukkan bahwa model kapal *Monomaran* memiliki respon gerakan yang lebih baik dibandingkan dengan model kapal *Catamaran*, yaitu pada *Heave motion Monomaran* sebesar 0,365 m, dan pada model kapal *Catamaran* sebesar 0,899 m, sedangkan *Pitch motion Monomaran* sebesar 1,09⁰ (deg) sedangkan pada model kapal *Catamaran* sebesar 3,25⁰ (deg).

Kriteria yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan baik tidaknya olah gerak kapal menggunakan NORDFORKS, 1987 dengan kategori kapal Niaga.

Tabel 17. Hasil Analisa respon olah gerak kapal model *Monomaran* terhadap kriteria NORDFORKS,1987 pada sudut masuk air 90⁰ (*Beam Seas*)

Description	Merchant Ship	Hasil	Status
<i>RMS of Vertical acceleration at FP</i>	0,275 g (L ≤ 100 m)	0,235 m/s ²	Memenuhi
<i>RMS of Vertical acceleration at Bridge</i>	0,15 g	0,198 m/s ²	Memenuhi
<i>RMS of Lateral acceleration at Bridge</i>	0,12 g	0,382 m/s ²	Memenuhi
<i>RMS of Roll</i>	6,0 deg	4,93 ⁰	Memenuhi

Tabel 18. Hasil Analisa respon olah gerak kapal model *Catamaran* terhadap kriteria NORDFORKS,1987 pada sudut masuk air 90⁰ (*Beam Seas*)

Description	Merchant Ship	Hasil	Status
<i>RMS of Vertical acceleration at FP</i>	0,275 g (L ≤ 100 m)	0,430 m/s ²	Memenuhi
<i>RMS of Vertical acceleration at Bridge</i>	0,15 g	0,381 m/s ²	Memenuhi
<i>RMS of Lateral acceleration at Bridge</i>	0,12 g	0,162 m/s ²	Memenuhi
<i>RMS of Roll</i>	6,0 deg	2,56 ⁰	Memenuhi

Dari hasil analisa olah gerak pada kedua model kapal yang ditunjukkan pada table 17. dan 18. diatas menunjukkan bahwa model kapal kedua model telah memenuhi ketentuan kriteria olah gerak NODFORKS, 1987.

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis hambatan stabilitas dan olah gerak yang dilakukan pada model kapal *Monomaran* dan *Catamaran* dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Analisa hambatan pada model kapal *Monomaran* dan *Catamaran* :

Pada kecepatan dinas kapal 17 knot model kapal *Catamaran* memiliki hambatan yang lebih kecil dengan selisih 23% dibandingkan dengan model kapal *Monomaran*, yaitu sebesar 76,5 kN, sedangkan pada model kapal *Monomaran* adalah sebesar 99,5 kN. Hal ini menunjukkan model kapal *Catamaran* dapat melaju pada kecepatan dinas dengan kebutuhan daya yang lebih kecil dibandingkan dengan model kapal *Catamaran*.

2. Analisa stabilitas pada model kapal *Monomaran* dan *Catamaran* :

Dengan besar displacement yang sama hasil data menunjukkan, model kapal *Catamaran* memiliki jarak GZ (*righting moment*) yang lebih besar pada semua kondisi pengujian (kondisi I, II, dan III) dibandingkan dengan model *Monomaran*.

Kedua model kapal (*Monomaran dan Catamaran*) telah memenuhi semua kriteria stabilitas yang ditentukan. Dari hasil analisa tersebut menunjukkan nilai luasan di bawah kurva Gz kedua model pada pengujian kondisi I, II, dan III masih di atas nilai standard IMO, artinya pada sudut yang diperkirakan sebagai titik tenggelam kapal (*downflooding point*) yaitu antara 0-30 (deg), 0-40 (deg), dan 30 -40

(deg) kedua model kapal masih dalam kondisi yang stabil karena memiliki momen pembalik (*righting moment*) yang besar.

3. Hasil analisa olah gerak :

Perbedaan paling signifikan dapat dilihat pada sudut masuk air 90^0 (*Beam Seas*) yang menunjukkan model kapal *Catamaran* memiliki respon gerakan *Rolling* yang lebih baik dibandingkan model kapal *Monomaran* yaitu $2,56^0$, pada model kapal *Catamaran*, dan sebesar $4,93^0$ pada kapal *Monomaran*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis perancangan yang dilakukan pada kedua model penulis menyarankan untuk :

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan tipe propeller dan penempatan propeller untuk lebih meningkatkan performa kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lewis, E.V. (Editor), 1988. *Principles of Naval Architecture Second Revision*. Volume II. The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 601 Pavonia Avenue, Jersey City, NJ
- [2] A. Embankment, "Focus on IMO, no. October 2001. International Maritime Organization, London, pp. 1-31, 1997.
- [3] V. Dubrousky, 2001, " Multi Hull Ships ", Backtone Publishing Company, USA.
- [4] Sahat Parulian Sagala, " Perbandingan Performa Hullform Lambung *Monohull* dan *Monomaran* pada Kapal Ro-Ro 5000GT ", Vol. 4, No. 2 April, 2016.
- [5] BPS Nusa Tenggara Barat, "Statistik Transportasi November 2017 Provinsi Nusa Tenggara Barat, " No.85/01/52 Th.VIII, 2 Januari, 2017.
- [6] BMKG Wilayah III Denpasar,"Prakiraan Cuaca Jalur Penyeberangan,"PJ.026/III/2018.
- [7] Anonim Hull. 20 Maret 2018. <http://en.wikipedia.org/wiki/hull>
- [8] Anonim Monomaran. 20 Maret 2018. <http://id.wikipedia.org/wiki/monomaran>
- [9] Anonim Catamaran 20 Maret 2018. <http://id.wikipedia.org/wiki/catamaran>.