

ANALISA STABILITAS KAPAL RORO *PASSANGER* 5000GT MERAK-BAKAUHENI DENGAN VARIASI LEBAR DAN PANJANG *BILGE KEEL*

Recha Hafida Ardiansyah¹, Samuel¹, Imam Pujo Mulyatno¹

¹)Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia

ABSTRAK

Kapal ro-ro 5000GT Merak-Bakauheni adalah kapal penyebrangan yang akan melakukan rute dari pelabuhan Merak ke Bakauheni juga sebaliknya. Kapal penyebrangan 5000GT ini mempunyai jumlah deck yang cukup banyak sehingga bangunan atas kapal tampak lebih tinggi. Untuk cardeck ada 3, deck penumpang ada 2 dan 1 helipad. Jadi kapal penyebrangan ini memerlukan tinjauan lebih signifikan mengenai keselamatan saat berlayar salah satunya adalah dengan menganalisa stabilitas kapal ro-ro *passanger* 5000GT. Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah menggunakan software komputasi numerik atau software perkapalan untuk membantu perhitungan pada stabilitas dan equilibrium. Untuk Analisa stabilitas dilakukan melalui perhitungan nilai stabilitas terhadap kurva stabilitas pada sudut kemiringan -45° sampai 90° . Analisis menggunakan pedoman standar stabilitas yang dikeluarkan oleh IMO. Analisa juga dilakukan dengan menggunakan rumus pendekatan severe wind calculation yang dikeluarkan oleh IMO. Hasil analisa stabilitas menggunakan aturan IMO (International Maritime Organization) Dalam perhitungannya, kapal Roro *Passanger* 5000GT dengan bilge keel telah memenuhi semua kriteria IMO dalam 6 kondisi berbeda dan diperoleh hasil, kapal tersebut memiliki stabilitas yang baik. Kapal ini menggunakan penghitungan manual pengaruh luasan bilge keel dengan rumus pendekatan severe wind calculation sesuai dengan aturan IMO, sehingga mendapatkan hasil yang maksimal perbedaannya dengan menggunakan bilge keel dan tanpa bilge keel.

Kata kunci : Kapal Penyebrangan, Roro *Passanger* 5000GT, Stabilitas, Bilge Keel

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan yang oleh lautan antara pulau yang satu dengan pulau yang lain. Untuk melakukan menghubungkan jalur transportasi antara wilayah atau pulau yang satu dibutuhkan alat bantu transportasi penyebrangan, salah satunya dengan kapal. Dengan kebutuhan penyebrangan semakin tahun meningkat sedang jumlah armada yang tersedia kurang mencukupi, maka diperlukan kembali armada baru untuk memenuhi kebutuhan tersebut. salah satunya dinas perhubungan membuat kapal penyebrangan ro-ro *passanger* 5000GT dengan rute pelabuhan Merak ke pelabuhan Bakauheni.

Kapal ro-ro *passanger* 5000GT Merak-Bakauheni adalah salah satu kapal yang akan mendukung kelancaran penyebrangan dari pulau Jawa ke pulau Sumatera. Taupun sebaliknya. Kapal ini mempunyai bentuk yang berbeda, tergantung pada karakteristik dimensi utama kapal. Pembuatan kapal ini haruslah memperhatikan stabilitasnya dengan memiliki ukuran yang besar dan jumlah deck yang cukup banyak serta jumlah muatan yang cukup banyak dengan memperhatikan prinsip-prinsip pembuatannya yang mencakup dimensi utama kapal, sehingga dapat membentuk satu bangunan kapal yang utuh dan siap dioperasikan. Desain dan konstruksi kapal yang baik akan meningkatkan stabilitas dan produktivitas dari kapal. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan menganalisis stabilitas

kapal yang menggunakan *bilge keel* sebagai penyeimbang secara optimum sehingga dapat meningkatkan stabilitas kapal

Bilge keel merupakan alat untuk menahan gerak oleng kapal dimana fungsinya sebagai alat penambah stabilitas kapal. Pemasangan *bilge keel* harus ditempatkan sejauh mungkin dari sumbu oleng dan mengarah kearah atau sejajar sumbu tersebut. *bilge keel* ini biasanya dipasang hanya pada $1/2 L$ atau $1/3 L$ bagian tengah kapal dan ditempatkan pada bagian *bilge keel* sejauh *parallel midel body*. Ujung depan dan belakang *bilge keel* harus berbentuk miring sebaik mungkin agar kotoran dan tali-menali tidak tersangkut. [4]

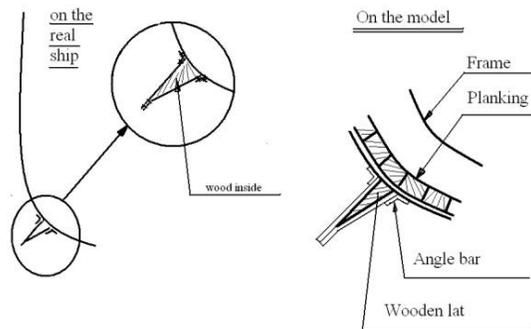
Dalam penelitian ini penulis mengambil beberapa tujuan mengenai Kapal ro-ro *passanger* 5000GT Merak-Bakauheni. Seperti mengetahui stabilitas kapal dengan *bilge keel* dan tanpa *bilge keel* dan mencari stabilitas yang terbaik setelah ditambahkan *bilge keel*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

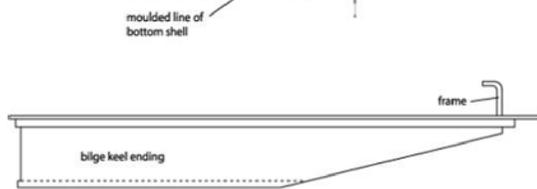
2.1. Karakteristik *Bilge Keel*

Kapal penyebrangan merupakan alat transportasi yang digunakan untuk mengangkut penyebrang dari satu wilayah ke wilayah lain dengan yang dibatasi perairan atau lautan. kapal ini sangatlah berperan penting untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi suatu wilayah dengan menunjang transportasi antara dua pulau. Kapal penyebrangan juga diperlukan

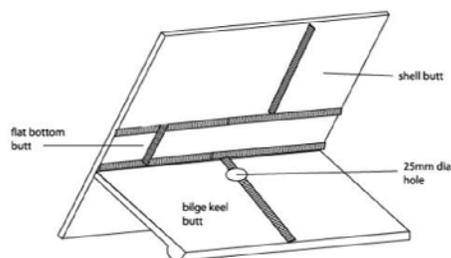
karena ongkos yang di keluarkan dapat diminimalkan dari pada dengan menggunakan mode transportasi penerbangan. Kapal penyebrangan mendapatkan pengaruh besar dari luar baik dari gelombang ataupun faktor lainnya, sehingga diperlukan alat-alat penyetabil yang menunjang kapal agar lebih stabil setelah mendapatkan gaya dari luar seperti fin stabilizer dan bilge keel.



Gambar 1. Bilge Keel Tampak Depan[1]



Gambar 2. Bilge Keel Tampak Atas[1]



Gambar 3. Bilge Keel Tampak Samping[1]

Bilge keel adalah alat untuk menahan gerak oleng kapal dimana fungsinya sebagai alat penambah stabilitas kapal. Pemasangan bilge keel harus ditempatkan sejauh mungkin dari sumbu oleng dan mengarah kearah atau sejajar sumbu tersebut. bilge keel ini biasanya dipasang hanya pada 1/2 L atau 1/3 L bagian tengah kapal dan ditempatkan pada bagian bilge keel sejauh paralel midel body. Ujung depan dan belakang bilge keel harus berbentuk miring sebaik mungkin agar kotoran dan tali-menali tidak tersangkut

2.2. Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal adalah kemampuan dari suatu benda yang melayang atau mengapung dan dimiringkan untuk kembali berkedudukan tegak lagi. Stabilitas adalah persyaratan utama desain setiap kapal. Pada kapal besar, seringkali stabilitas memanjang tidak seberapa perlu untuk diperhitungkan karena biasanya dianggap cukup besar. Yang paling perlu mendapat perhatian pada waktu merencanakan kapal adalah stabilitas melintangnya. Stabilitas pada sudut oleng kecil ($<6^\circ$) disebut stabilitas awal, tetapi untuk kapal ikan lebih penting dari yang lain karena sebuah kapal ikan harus selalu bekerja dengan beban stabilitas yang berat.

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

1. Titik berat (G) menunjukkan letak titik berat kapal, merupakan titik tangkap dari sebuah titik pusat dari sebuah gaya berat yang menekan kebawah. Besarnya nilai KG adalah nilai tinggi titik metasentra (KM) diatas lunas dikurangi tinggi metasentra (MG)
2. Titik apung (B) menunjukkan letak titik apung kapal, merupakan titik tangkap dari resultan gaya-gaya yang menekan tegak keatas dari bagian kapal yang tercelup.
3. Titik metasentra (M) merupakan sebuah titik semu dari batas dimana G tidak boleh melewati diatasnya agar kapal selalu mempunyai stabilitas yang positif (stabil)..

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam pengolahan data yang sudah didapat, penelitian ini dilakukan dengan menggunakan software komputasi numerik dan rumus pendekatan severe wind calculation untuk membantu perhitungan pada hidrostatis, stabilitas. Pengolahan data sekunder berupa ukuran utama kapal untuk persiapan proses perhitungan dan pembuatan gambar/pemodelan..

Setelah model kapal dan model bilge keel selesai lalu dilakukan lah analisa stabilitasnya dengan menggunakan *software* pekapal dan rumus pendekatan *severe wind calculation*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perancangan dan Teknis Kapal

a. Ukuran Utama

Dalam menganalisa Stabilitas dan kapal ro-ro passenger 5000GT yang akan di tambahkan bilge keel pada lambung kapal terpenting adalah mengetahui displasment kapal tersebut. Dalam penelitian ini penulis menggunakan data penelitian yang telah ada dari kapal ro-ro passenger 5000GT Merak-Bakahuni. Memiliki ukuran utama kapal yaitu :

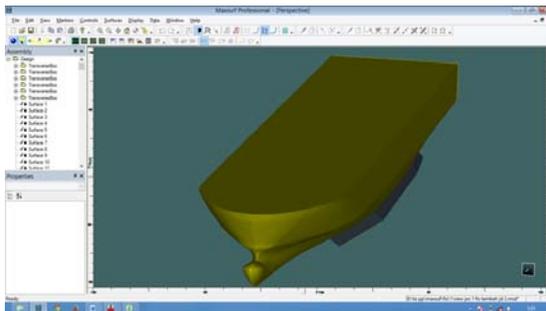
Ukuran Utama Kapal:

Loa	: 109,40 m
Breadth	: 19,60 m
Depth (Moulded)	: 5,60 m
Draught Design (Moulded)	: 4,10 m
Speed	: 16 knots
Crew	: 32

b. pembuatan Model Kapal

Membuat model kapal sesuai dengan gambar rencana garis kapal ro-ro passanger 5000GT dengan menggunakan software perkapalan, hal tersebut dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Dari data lines plan kapal selam tersebut kita bisa membuat model kapal dengan menggunakan software perkapalan.
2. Setelah dilakukan permodelan utama kapal, dilakukan proses penambahan variasi bilge keel yang akan dialasa.



Gambar 4 Model Kapal dan Bilge Keel

e. Analisa Stabilitas kapal

Salah satu otoritas di bidang maritim yang telah diakui adalah *International Maritime Organisation (IMO)*. Standart stabilitas yang ditetapkan IMO adalah mengenai lengan stabilitas (GZ). Berikut ini adalah kriteria IMO yang digunakan:

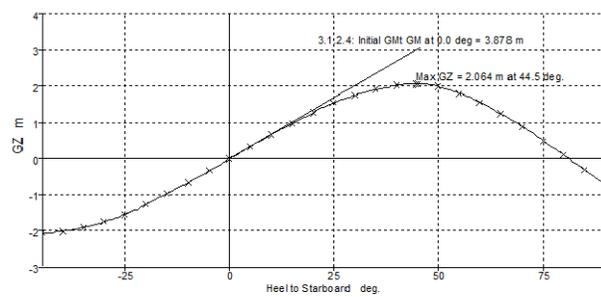
1. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.1* :
 - a. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0°– 30° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 3,101 m.deg.
 - b. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0°– 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 5,157 m.deg.
 - c. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 30°– 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 1,719 m.deg.
2. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.2* : nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut 30°– 180° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,2 m.
3. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.3* : sudut pada nilai GZ maksimum tidak boleh kurang atau sama dengan 25° (deg)
4. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.4* : nilai GM awal pada sudut 0° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,15 m.

Berikut ini adalah tabulasi dari hasil perhitungan stabilitas kapal pariwisata pada kondisi I s/d kondisi VII dengan standart kriteria IMO :

Tabel 1 Hasil Analisa Stabilitas

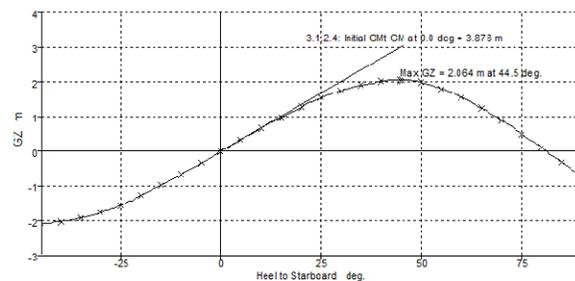
Kondisi	Kondisi						
	awal	I	II	III	IV	V	VI
GM	28,6	28,61	28,58	28,61	28,55	28,61	28,62
GM _{15°}	47,67	47,69	47,70	47,69	47,64	47,68	47,7
GM _{30°}	19,07	19,09	19,11	19,08	19,10	19,07	19,09
GM _{45°}	2,064	2,060	2,063	2,064	2,062	2,064	2,065
GM _{60°}	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5
GM _{75°}	3,909	3,878	3,826	3,894	3,865	3,903	3,883

Hasil dari menganalisa stabilitas pada model awal (tanpa bilge keel) dan model yang telah mengalami perubahan sebagai berikut:



Gambar 5 Kurva Nilai GZ Model Tanpa Bilge Keel

Pada kurva ini bahwa nilai panjang GZ 2,064 yang telah memenuhi syarat stabilitas kapal.



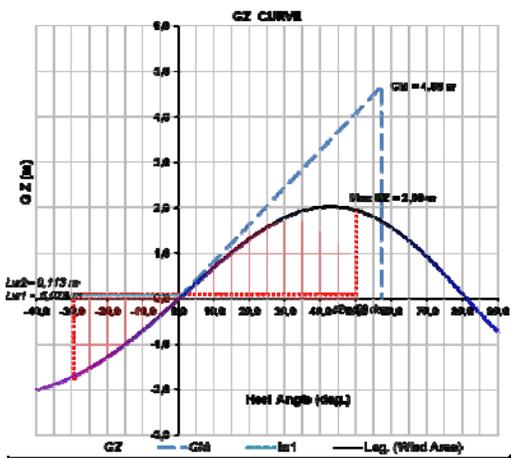
Gambar 6 Kurva Nilai GZ Model dengan Bilge Keel

Pada kurva ini bahwa nilai panjang GZ 2,0645 dari hasil analisa menerangkan bahwa hasil perhitungan stabilitas untuk kapal penyeberangan pada semua kondisi (kondisi awal s/d kondisi VI) dinyatakan memenuhi (*pass*) standart persyaratan yang ditetapkan IMO.

f. Analisa Sewere Wind Calculation

Pada hasil yang ditunjukkan pada analisis dengan menggunakan software ternyata tidak signifikan perbedaan antara masing-masing model pada penambahan bilge keel dan model awal (tanpa bilge keel). Hal ini disebabkan dalam software *hydromax* tidal mencakup spesifikasi penambahn bilga keel dalam pengaruh stabilitasnya. Oleh karena itu penulis menggunakan rumus pendekatan yang telah ditetapkan aturanya pada IMO (Intrnasional Maritim Organisation) yakni severe wind calculation dengan code A.749(18) Criteria :3.2.2.3.

Severe wind calculation adalah sebuah rumusan yang akan menghitung pengaruh bilge keel terhadap stabilitas kapal.mengacu pada *standard requirements* yang telah ditetapkan oleh IMO.



Gambar 7 Kurva Luasan Area A dan Area B

Hasil yang akan ditimbulkan karena pangaruh bilge keel adalah luasan area B lebih besar dari pada luasan area A.dari hasil analisa perhitungan pada model utama tanpa bilge keel diperoleh hasil nilai luasan area A sebesar 44,733 m.deg dan area B sebesar 62,366 m.deg. hal ini menunjukkan bahwa kapal dengan model awal memiliki stabilitas yang cukup baik dengan nilai area B lebih besar dari area A.dengan perbandingan nilai B/A = 1,394

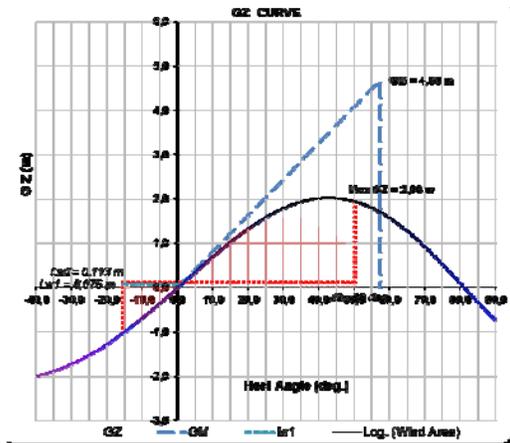
Dalam pengujian ini dilakukan pula analisa dengan model yang telah diberi variasi bilge keel dengan menggunakan metode yang sama. Hasil yang dihasilkan dari enam model yang telah di tambahkan variasi mempunyai nilai yang berbeda pula.berikut ini hasil analisis untuk enam model dengan variasi panjang dan lebar yang berbeda:

- a. Model ke-1 yakni model kapal dengan penambahan variasi bilga keel seluas 77,65 m² didapatkan nilai luasan area A sebesar 28,806 m.deg dan area B sebesar 62,373 m.deg. hal ini menunjukkan bahwa kapal dengan model awal memiliki stabilitas yang cukup baik dengan nilai area B lebih besar

dari area A.dengan perbandingan nilai B/A = 2,166.

- b. Model ke-2 yakni model kapal dengan penambahan variasi bilga keel seluas 113,70 m² didapatkan nilai luasan area A sebesar 23,958 m.deg dan area B sebesar 62,362 m.deg. hal ini menunjukkan bahwa kapal dengan model awal memiliki stabilitas yang cukup baik dengan nilai area B lebih besar dari area A.dengan perbandingan nilai B/A = 2,720.
- c. Model ke-3 yakni model kapal dengan penambahan variasi bilga keel seluas 52,15 m² didapatkan nilai luasan area A sebesar 33,599 m.deg dan area B sebesar 52,376 m.deg. hal ini menunjukkan bahwa kapal dengan model awal memiliki stabilitas yang cukup baik dengan nilai area B lebih besar dari area A.dengan perbandingan nilai B/A = 1,587.
- d. Model ke-4 yakni model kapal dengan penambahan variasi bilga keel seluas 76,31 m² didapatkan nilai luasan area A sebesar 31,964 m.deg dan area B sebesar 65,265 m.deg. hal ini menunjukkan bahwa kapal dengan model awal memiliki stabilitas yang cukup baik dengan nilai area B lebih besar dari area A.dengan perbandingan nilai B/A = 2,042.
- e. Model ke-5 yakni model kapal dengan penambahan variasi bilga keel seluas 28,55 m² didapatkan nilai luasan area A sebesar 38,471 m.deg dan area B sebesar 62,373 m.deg. hal ini menunjukkan bahwa kapal dengan model awal memiliki stabilitas yang cukup baik dengan nilai area B lebih besar dari area A.dengan perbandingan nilai B/A = 1,621.
- f. Model ke-6 yakni model kapal dengan penambahan variasi bilga keel seluas 42,43 m² didapatkan nilai luasan area A sebesar 35,482 m.deg dan area B sebesar 62,301 m.deg. hal ini menunjukkan bahwa kapal dengan model awal memiliki stabilitas yang cukup baik dengan nilai area B lebih besar dari area A.dengan perbandingan nilai B/A = 1,758.

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan hasil yang maksimal dalam penambahan bilge keel yakni pada model ke 2 yang mempunyai nilai luas area B sebesar 62,362 m.deg dimana nilai tersebut lebih besar dari luasa area A sebesar 23,958 m.deg dan model kedua memiliki nilai perbandingan antara area B/area A adalah 2,720 dimana hasil ini adalah hasil yang terbaik diantara model lainnya.



Gambar 8 Kurva Luasan Area A dan Area B

Tabel 2 Hasil Perhitungan SWC

Model	Luas bilga keel (m ²)	Area A (m ²)	Area B (m ²)	B/A
Awal	0	44,733	62,366	1,394
I	77,65	28,806	62,373	2,166
II	113,70	23,958	62,362	2,720
III	52,15	33,599	52,376	1,587
IV	76,31	31,964	65,265	2,042
V	28,55	38,471	62,373	1,621
VI	42,43	35,482	62,30	1,758

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah penulis lakukan yaitu analisa stabilitas kapal ro-ro penumpang Merak-Bakahuni 5000GT, diperoleh kesimpulan bahwa hasil analisa stabilitas kapal ro-ro penumpang Merak-Bakahuni 5000GT yang mengacu pada aturan IMO (international maritime Organization) dengan Code A.749(18) Criteria 3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater dan Criteria 3.1.2.4: Initial GMt. Hasil perhitungan secara keseluruhan menunjukkan bahwa stabilitas dari kapal ro-ro penumpang Merak-Bakahuni 5000GT dinyatakan memenuhi standar yang ditetapkan oleh IMO. sehingga kapal tersebut memiliki stabilitas yang baik. Pada analisa stabilitas tidak terjadi perubahan yang signifikan antara model awal dengan model yang diberi penambahan bilge keel yang menggunakan software perkapalan.

Setelah terjadi 6 perubahan variasi (model 1 -6) dalam pemberian bilge keel pada bagian lambung

kapal tidak signifikan dalam perubahan nilai GZ, maka dilakukanlah dengan perhitungan severe wind calculation yang mengacu pada aturan IMO code A.749(18) criteria 3.2.2.2 diperoleh hasil perbedaan nilai luasan area B>A yang signifikan. Pada perhitungan ini diperoleh bahwa pada model 2 menjadi model yang terbaik yang diterapkan pada kapal dengan nilai (B = 62,362 > A = 22,958)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Barabanou. N. 1994, *structural Design of sea- Going Ship*, Peace Publisher, Moscow.
- [2] Daret, D. R. 1991, *Ship Stability for Master and Mates*, 4th Edition. England: Butter and Fanner Ltd.
- [3] Gaol, J. L. 1994. *Pengaruh Posisi dan Bentuk Bilge Keel Terhadap Stabilitas dan Kecepatan Kapal Ikan*. Laporan Penelitian Bogor : Institusi Pertanian Bogor, Fakultas Perikanan.
- [4] Hutabarat, E. E. 1996. *Studi Tentang Pengaruh Lunas Bilga Terhadap Tahanan Kapal pukat cincin*. Skripsi. Bogor : Fakultas Perikanan. Hal 4-14
- [7] Iskandar, B. H. Dan Y. Novita. 2006. *Pengaruh Beberapa Bentuk Kasko Model Kapal Terhadap Tahanan Gerak (Studi Pendahuluan)* : Institusi Pertanian Bogor, Fakultas Ilmu Perikanan dan Ilmu Kelautan.
- [8] Lewis, E. V. 1988. *Principle Of Naval Arcitecture, 2nd Revision. Volume II. Rsistence, Propulsion and Vibration*. New Jersey: The Society Naval Arcitects and Marine Enggineers 601 Pavonia Avenue Jersey City. Hal 1-3
- [9] Semyonov-Tyan-Shansky. V. 1989, *Theory of Bouyancy, Stability and Launchig*, Peace Publisher, Moscow.