



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Perancangan Kapal Riset Untuk Perairan Laut Nusa Tenggara Timur

Bintang MT Sinambela¹⁾, Berlian Arswendo Adietya¹⁾, Good Rindo¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

e-mail : bsinambel@gmail.com

Abstrak

Kurangnya kapal riset yang beroperasi diperairan Indonesia, khususnya diperairan laut Nusa Tenggara Timur yang memiliki banyak potensi untuk dilakukan penelitian menjadi pertimbangan utama dalam mendesain kapal riset monohull ini. Desain kapal riset ini harus mampu mengangkut segala peralatan penelitian layaknya kita berada disebuah laboratorium penelitian yang lengkap dengan segala peralatan penelitiannya. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa langkah yang meliputi survey langsung ke kapal riset milik LIPI di Jakarta Utara yaitu KR.Baruna Jaya VIII untuk mendapatkan beberapa data, menghitung ukuran utama dengan metode regresi linear, membuat rencana garis dan rencana umum, hambatan kapal, analisis olah gerak dan stabilitas kapal, serta pemilihan peralatan penelitian kapal riset sesuai fungsinya. Hasil dari desain kapal riset ini mendapatkan ukuran utama LOA : 60 m, LWL : 57 m, LPP : 54,15 m, B : 10,17 m, T : 10,17 m, H : 7 m pada kapal riset monohull. Dari hasil perhitungan terhadap performance kapal, hasil menunjukkan stabilitas kapal memiliki titik M berada diatas titik G di segala kondisi. Gerak kapal terbukti tidak terjadi wettnes deck, kapasitas orang didalam kapal adalah 54 Orang dengan 24 awak dan 30 peneliti. Kapal ini menggunakan dua mesin motor penggerak dengan daya sebesar 503-567 bHP.

Keyword : Research Vessel, Regresi Linear, Perairan Nusa Tenggara Timur, Resistence, Motion, Stability

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kekayaan dan Keanekaragaman populasi laut di wilayah Indonesia tidak hanya untuk kegiatan ekonomi tetapi juga sangat penting untuk bidang pengetahuan terutama di bidang penelitian. Perairan Indonesia sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai taman bahari dan penelitian oseanografi. Khususnya perairan laut di wilayah Nusa Tenggara Timur yang merupakan perlintasan arus laut dari dua samudera yaitu Pasifik dan Hindia yang mempengaruhi perubahan iklim global. [1]

Kapal riset merupakan salah satu pendukung diadakannya penelitian pada suatu perairan. Kapal riset (*Research Vessel*) adalah kapal yang didesain untuk mengangkut fasilitas penelitian yang diperlukan untuk penelitian objek yang ada di perairan laut maupun yang dapat diamati dari

perairan laut. Kapal riset memiliki fungsi dan peruntukan masing-masing, dan karena itu kapal riset memiliki beberapa jenis berdasarkan fokus penelitiannya. [2]

Kapal riset yang akan dirancang pada penulisan skripsi ini yaitu kapal riset jenis *Monohull*. Adapun fungsi atau fokus penelitian dari kapal yang dirancang ini difokuskan kesatu bidang yaitu *Oceanografi*. Oceanografi merupakan cabang ilmu bumi yang mempelajari samudera atau lautan. Ilmu ini mencakup berbagai topik seperti organisme laut dan dinamika ekosistem; arus samudra, gelombang, dan dinamika cairan geofisika; tektonik lempeng dan geologi dasar laut, dan arus berbagai zat kimia dan fisika di dalam lautan dan perbatasannya. [3]

1.2. Perumusan Masalah

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang ada terdapat pada latar belakang, maka diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan dimensi utama kapal riset yang memenuhi persyaratan?
2. Bagaimana menentukan Lines Plan dan General Arrangement kapal riset sebagai kapal khusus yang memenuhi persyaratan?
3. Bagaimana merencanakan bentuk atau karakteristik lambung kapal riset yang mempunyai nilai stabilitas dan nilai tahanan yang baik, serta respon terhadap gelombang ekstrim perairan?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah di gunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan skripsi, sehingga sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang di harapkan. Batasan permasalahan yang di bahas dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Perancangan dan Pemodelan Lambung dilakukan menggunakan software Autocad 2014, Delftship Pro.4, Maxsurf V8i series 3 .
2. Penentuan dimensi utama kapal berdasarkan metode Regresi Linear.
3. Dalam penelitian, objek yang dianalisa hanya kapal riset monohull dan karakteristik model lambungnya.
4. Kapal riset berlayar diperairan Kepulauan Nusa Tenggara Timur yaitu mulai dari perairan Kupang hingga perairan disekitar Pulau Sumba dan Pulau Flores.
5. Tidak melakukan analisa ekonomi dan konstruksi serta perancangan sistem dalam kapal.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan dimensi utama kapal monohull berdasarkan metode Regresi Linear dari 20 (dua puluh) data kapal riset yang ada dengan kisaran panjang LOA 60 meter.
2. Perancangan Lines Plan dan General Arrangement kapal riset yang sesuai regulasi dan persyaratan.
3. Perancangan lambung kapal yang mempunyai karakteristik nilai tahanan, respon terhadap gelombang diperairan dan nilai stabilitas yang baik yang sesuai regulasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Daerah

Kepulauan Nusa Tenggara atau Kepulauan Sunda Kecil (sekarang kadangkala digunakan dalam peta-peta geografis dunia), adalah gugusan pulau-pulau di sebelah timur Pulau Jawa, dari Pulau Bali di sebelah barat, hingga Pulau Timor di sebelah timur. [4]



Gambar 2.1 Peta Provinsi Nusa Tenggara Timur

Bagian timur Nusa Tenggara mulai dari Alor-Kambing-Wetar-Romang, disebut orogene timor dengan pusat undasi di L. Flores. Evolusi orogenik daerah Nusa Tenggara bagian timur ini agak kompleks karena pada masa Mesozoikum muda terjadi penggelombang yang termasuk sirkum Australia menghasilkan busur dalam dari P. Sumba kearah timur laut dan busur luar melalui P. Sawu ke timur laut, Namun memasuki periode tertier daerah ini mengalami penggelombang dengan pusat undasi di Laut Flores sebagai bagian dari sitem Pegunungan Sunda. [1]

Tabel 2.1 Rata-rata iklim di kepulauan Nusa Tenggara Timur

Keadaan Iklim	Rata-rata
Suhu ($^{\circ}$ C)	26,7
Kelembaban udara (%)	77,3
Curah Hujan	265,9
Kecepatan Angin (Knot)	3,6

2.2 Tinjauan Kapal Riset

Keperluan ilmiah (scientific requirement) untuk kapal riset bergantung pada misinya. Kepentingan akademis dan pengembangan teknologi untuk desain baru kapal riset telah dibahas pada simposium di University National Oceanographic Laboratory System (UNOLS). [5]

Misi dan kegiatan di kapal riset yang akan dirancang, dibedakan menjadi : physical

oceanography, biological oceanography, chemical oceanography. Prioritas inilah yang nantinya akan menentukan peralatan serta perlengkapan ilmiah yang dibutuhkan dan menentukan desain kapal riset itu sendiri. [3]

Physical oceanography melingkupi studi tentang rata-rata dan perubahan pusaran energi, panas, air tawar, zat kimia dan gas pada pusaran horizontal dan vertikal di batas lautan. [3]

Biological oceanography mempunyai fokus dalam mendefinisikan struktur dan proses pada ekosistem dalam skala lingkungan mikro sampai distribusi biogeografis populasi dan komunitas yang luas. [3]

Chemical oceanography memerlukan penelitian yang bervariasi dan strategi sampling, termasuk pemompaan dan pemisahan in-situ, sediment trap dan penelitian in-situ dasar laut. [3]

Menurut konsensus UNOLS kapal riset yang akan dirancang penulis diklasifikasikan dikelas III yaitu dengan panjang LOA 60 m. [6]

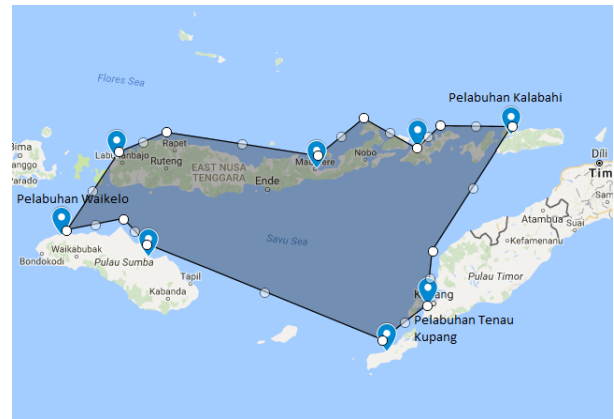
Tabel 2.2 Klasifikasi kapal riset menurut konsensus UNOLS

Kelas	Loa (m)
I	lebih dari 83,5
II	61 - 83,5
III	45,7 - 61
IV	30,5 - 45,7
V	kurang dari 30,5

2.3 Karakteristik Desain Kapal Riset

Fasilitas penelitian ilmiah pada kapal riset harus memiliki : laboratorium, area dek terbuka, akomodasi, ruang penyimpanan dan suplai dan peralatan penelitian seperti winch, lifting frame dan crane. Secara umum karakteristik desain kapal riset dapat diprioritaskan sebagai berikut: [2]

1. Seakeeping
2. Lingkungan Kerja :
 - Susunan ruangan laboratorium yang nyaman
 - Area dek kerja : pengendalian peralatan yang bagus, kemudahan akses peralatan (winch dan wire)
3. Endurance :
 - Jarak pelayaran
 - Jumlah hari di laut
4. Perlengkapan penelitian
5. Kecepatan kapal yang sesuai
6. Payload :
 - Penyimpanan kebutuhan penelitian
 - Berat barang bawaan



Gambar 2.2 Rute pelayaran di perairan NTT

2.4 Metode Perancangan Kapal

Dalam proses perancangan kapal, salah satu faktor yang cukup signifikan untuk dipertimbangkan adalah penetapan metode rancangan sebagai salah satu upaya untuk menghasilkan output rancangan yang optimal dan memenuhi berbagai kriteria yang diisyaratkan. Metode yang digunakan dalam perancangan ini adalah menggunakan metode regresi linear yaitu dengan banyak kapal pembanding. Dalam perancangan ini ada 20 kapal pembanding, dan ukuran didapat dengan meregresikan kedua puluh kapal pembanding tersebut. [7]

2.5 Hambatan, Olah gerak dan Stabilitas

Untuk perhitungan hambatan total kapal dalam perancangan ini menggunakan metode Holtrop yang ada pada software maxsurf, sama halnya dengan perhitungan olah gerak kapal menggunakan kriteria Nordforsk dan untuk stabilitas sesuai dengan kriteria IMO yang terdapat pada software Maxsurf. [8]

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data-data Penelitian

Data – data yang dikumpulkan antara lain meliputi :

1. Ukuran Utama dari kapal riset yang sudah ada yaitu minimal sebanyak 20 data kapal riset dengan kisaran panjang LOA 60 meter.
2. Rencana garis dan Rancangan Umum kapal riset yang sudah ada sebagai acuan untuk perancangan kapal riset.

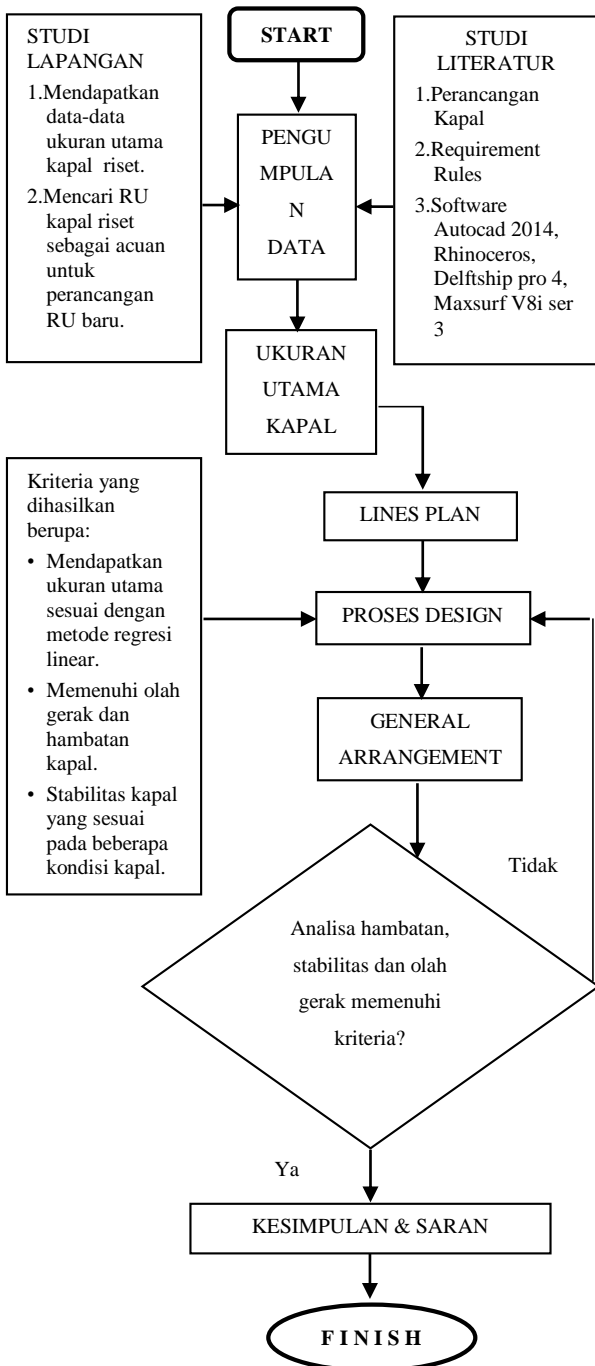
3.2 Teori dan Referensi Penelitian

Teori dasar dan referensi- referensi yang dijadikan dasar mengolah dan membahas data- data penelitian antara lain :

- a. Tinjauan Desain pada kapal riset
- b. Tinjauan mengenai performance kapal riset

c. Tinjauan mengenai software perancangan dan analisa performance

3.3 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian

4. PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

4.1 Metode Regresi Linear Ukuran Kapal

Untuk menentukan ukuran utama kapal dengan metode regresi linear, langkah pertama kita harus mencari kapal pembanding sebanyak 20 dua puluh) kapal pembanding dengan panjang LOAnya sekitar (55-65) m. Karena yang dikunci dalam regresi linear untuk mencari ukuran utama kapal yang akan dirancang ini adalah LOA, yaitu

perancangan Kapal Riset dengan panjang LOA 60 m. [7]

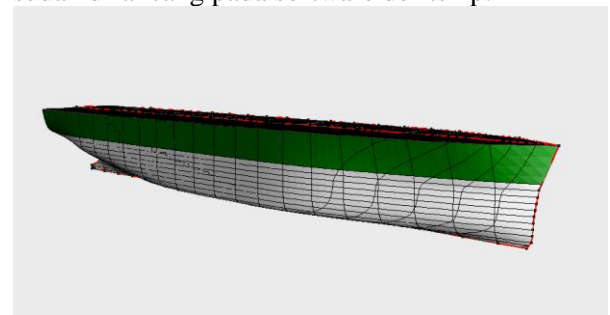
Adapun alasan penulis dalam menentukan ukuran utama kapal dengan metode regresi dan yang ditentukan sebagai variabel terikat adalah panjang LOA dikarenakan data kapal sebagai acuan untuk pengerjaan model dan Rancangan umumnya adalah data kapal riset dengan panjang LOA yang hampir sama dan mendekati, sehingga dapat mempermudah penulis dalam pembuatan model dan rancangan umum kapal riset yang akan dirancang dalam penulisan skripsi ini. Hasil ukuran utama yang didapatkan melalui metode regresi linear yaitu sebagai berikut :

Lwl : 57,00 m
 LPP : 54,15 m
 B : 10,17 m
 H : 7,00 m
 T : 4,41 m
 Vs : 10,00 Knots

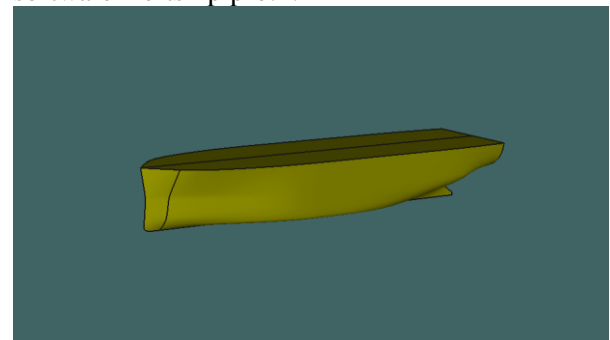
4.2 Perancangan Model Monohull

Pembuatan model pada software *Delftship pro.4* dapat dilakukan dengan memasukkan ukuran utama yang sudah didapat dari hasil metode regresi. Kemudian memasukkan jumlah water line dan station yang akan digunakan untuk memudahkan analisis kapal menggunakan software.

Setelah pembuatan selesai akan dihasilkan data-data berupa gambar lines plan pada *Delftship pro.4*. Berikut adalah model kapal monohull yang sudah dirancang pada software *delftship*.



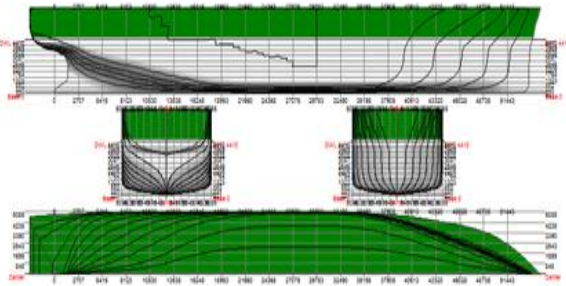
Gambar 4.1 Model Monohull kapal riset pada software Delftship pro.4.



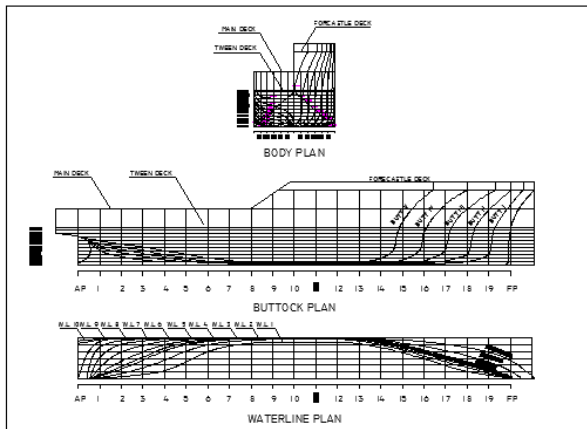
Gambar 4.2 Model Monohull kapal riset pada software Maxsurf Modeler V8i Series 3.

4.3 Perancangan Lines Plan

Pembuatan lines plan pada Autocad mengacu pada model yang telah dibuat di Delftship. Dalam perancangan ini penulis menggunakan *Autocad 2014* sebagai software untuk pembuatan Lines Plan. Harus kita ketahui bahwa untuk membuat lines plan di autocad kita harus melihat nilai-nilai tiap point pada delftship.



Gambar 4.3 Lines plan pada Delftship pro.4



Gambar 4.4 Lines plan pada Autocad 2014

4.4 Perancangan General Arrangement

Pada pembahasan kali ini, akan dijelaskan perhitungan DWT kapal riset yaitu mengenai besarnya volume tangki bahan bakar, pelumas dan air tawar untuk pendingin mesin selama kapal beroperasi, dan untuk perhitungan berat LWT kapal dengan metode LR 64 dapat dilihat pada lampiran. [9]

Untuk gambar General Arrangement secara detailnya dapat dilihat juga pada lampiran. Berikut perhitungan tangki komponen DWT kapal. [10]

1) Berat Fuel oil (Wfo)

$$Pf = \frac{a \times (EHPMe + EHPAe) \times Cf}{V \times 1000}$$

dimana:

- a = Radius pelayaran
- = 7500 Nautical miles

V = Kecepatan dinas
= 10,00 Knots

EHP Me = 98% x BHP Me
= 98% x 205
= 441 HP

EHP Ae = 20% x EHP Me
= 20% x 200,9
= 88,2 HP

Cf = Koefisien berat pemakaian bahan bakar untuk diesel
= 0,18 ton/BHP/jam (0,17 ~ 0,18)

$$Pf = \frac{7500 \times (441 + 88,2) \times 0,18}{10,04 \times 1000}$$

Pf = 125,85 Ton

Untuk cadangan bahan bakar ditambah 10%

Pf = 110% x 125,85

Pf = 138,435 Ton

Spesifikasi volume bahan bakar = 1,25 m³/ton

Vf = 138,435 / 1,25

Vf = 110,748 m³

Untuk tangki yang diletakan di dasar ganda ditambah 2%

Vf = 102% x 110,748

= 112,96 m³

2) Berat Diesel oil (wdo)

Wdo = (0,1-0,2) Wfo

= 0,2 x 138,435

= **27,687 ton**

Vdo = 0,85 ton/m³

Vdo = wdo/Vdo

= 27,687/0,85

= 32,57 m³

3) Berat Lubricant oil (Wlo)

$$Pl = \frac{1000 \times (EHPMe + EHPAe) \times Cl}{V \times 1000}$$

Cl = Koefisien berat minyak lumas

= 0,0025 Kg/HPjam (0,002 ~ 0,0025)

$$Pl = \frac{1000 \times (441 + 88,2) \times 0,0025}{10,04 \times 1000}$$

Pl = 0,15 Ton

Untuk cadangan minyak lumas ditambah 10%

Pl = 110% x 0,15

Pl = 0,2 Ton

Spesifikasi volume minyak lumas = 1,25 m³/ton

Vl = 0,195 / 1,25

Vl = 0,156 m³

4) Air Tawar (Wfw)

Berat air tawar terdiri dari 2 macam :

a. Berat air tawar untuk ABK (Pa1)

b. Berat air tawar untuk pendingin mesin (Pa2)

a) Berat air tawar untuk ABK :

$$Pa1 = \frac{a \times Z \times Ca1}{24 \times Vs \times 1.000}$$

Dimana :

Z = Jumlah ABK/peneliti = 54 orang

Ca1 = 80 Kg/org/hari (50 ~ 100)
Kg/org/hari

Jadi :

$$Pa1 = \frac{7500 \times 54 \times 80}{24 \times 10,00 \times 1.000}$$

$$Pa1 = 204,38 \text{ Ton}$$

Untuk cadangan 10% :

$$Pa1 = 110\% \times 204,38$$

$$Pa1 = 250 \text{ Ton}$$

b) Berat air tawar untuk pendingin mesin :

$$Pa2 = \frac{a \times (EHPMe + EHPAe) \times Ca2}{V \times 1000}$$

Dimana :

Ca2 = Koefisien pemakaian air pendingin mesin

$$= 0,04 \text{ Kg/BHP/jam} \quad (0,02 \sim 0,05) \text{ Kg/BHP/jam}$$

Jadi :

$$Pa2 = \frac{7500 \times (441 + 88,2) \times 0,05}{10,00 \times 1000}$$

$$= 31,5 \text{ Ton}$$

Untuk cadangan 10% :

$$Pa2 = 110\% \times 31,5$$

$$Pa2 = 35,2 \text{ Ton}$$

Berat air tawar total adalah :

$$Pa = Pa1 + Pa2$$

$$Pa = 250 + 35,2$$

$$\mathbf{Pa = 285,2 \text{ Ton}}$$

Spesifikasi volume air tawar = 1,000m³/ton

Jadi volume tangki air tawar yang diperlukan :

$$Va = 1,000 \times Pa$$

$$= 1,000 \times 285,2$$

$$Va = 285,2 \text{ m}^3$$

Ditambah 2% untuk tangki di dasar ganda, maka:

$$Va = 102\% \times 285,2$$

$$Va = 290 \text{ m}^3$$

5) Berat Bahan Makanan (Wm)

$$Pm = \frac{a \times Z \times Cm}{24 \times Vs \times 1000}$$

Dimana :

Cm = Koefisien kebutuhan bahan makanan

$$= 2 \sim 5 \text{ Kg/org/hari}$$

$$= 4 \text{ Kg/org/hari}$$

a = 11400 seamiles

Z = 54 orang crew kapal

Vs = 10,00 knots

Jadi :

$$Pm = \frac{7500 \times 54 \times 5}{24 \times 10,00 \times 1000}$$

$$Pm = 15 \text{ Ton}$$

Untuk cadangan ditambah 10%, maka :

$$Pm = 110\% \times 15$$

$$\mathbf{Pm = 16,5 \text{ Ton}}$$

6) Provision / Person / Luggage (Wc)

a. Berat Provision = 3 ~ 5 kg/orang/hari

$$= (54 \times 5 \times 11400/10,00)$$

$$\times (1/54) \times 10^{-3}$$

$$= 7,45 \text{ ton/hari}$$

b. Berat Person = 80 kg/orang

$$= 54 \times 80 \times 10^{-3}$$

$$= 5 \text{ ton}$$

c. Berat Luggage = 60 kg/orang

$$= 54 \times 60 \times 10^{-3}$$

$$= 4 \text{ ton}$$

Maka :

$$Wc = 7,45 + 5 + 4$$

$$= 17 \text{ ton}$$

Untuk cadangan ditambah 10% sehingga total berat provision :

$$Wc = (110\% \times 17)$$

$$\mathbf{Wc = 20 \text{ ton}}$$

7) Berat Cadangan (Wr)

Wr = 1% displacement kapal

$$Wr = 0.01 \times 1660 \text{ ton}$$

$$= \mathbf{17 \text{ ton}}$$

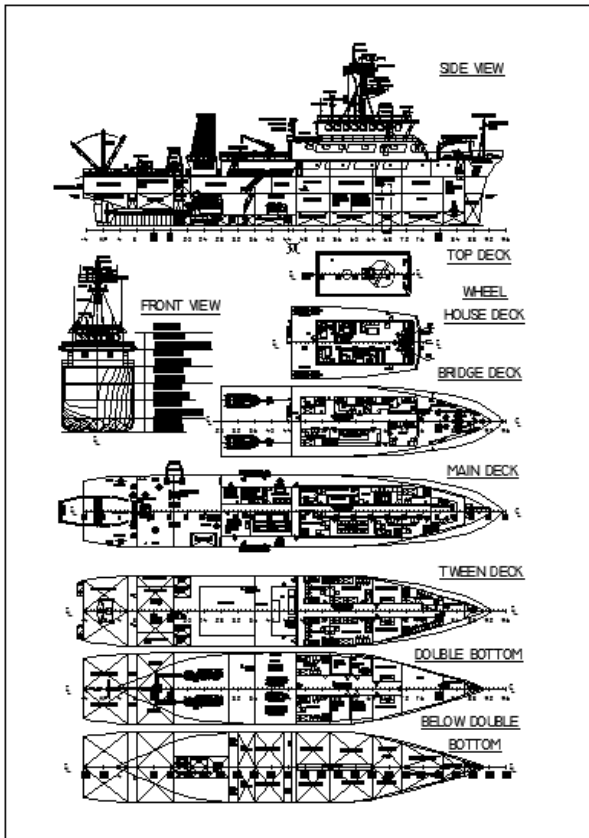
Maka berat komponen DWT keseluruhannya adalah :

$$W_{total} = W_{fo} + W_{do} + W_{lo} + W_{fw} + W_m + W_c + W_r$$

$$= 138,435 + 27,687 + 0,2 + 285,2$$

$$+ 16,5 + 20 + 17$$

$$= \mathbf{505,03 \text{ Ton}}$$



Gambar 4.5 General Arrangement menggunakan Autocad 2014

4.5 Peralatan Penelitian

Daftar maker equipment research vessel/peralatan penelitian yang akan digunakan untuk fokus penelitian *oceanografi* antara lain [2]:

- Multibeam echo sounder dengan deep sea s/d 11000 meter hi-resolution
- Sub bottom profiler dengan deep sea s/d 11000 meter, hi-resolution
- Acoustic doppler current profiler (ADCP)
- Shallow water multi beam echo sounder s/d 500 m
- Shallow water ADCP
- CTD & water sampler
- Mini ROV
- Deep sea ROV observation class
- Magnetometer
- Side scan sonar-sub bottom profiler
- pCO2 underway
- Water quality sensor
- Shallow water s/d 200 m
- Gravity meter
- Dry laboratory equipment
- Pengangkat (2 x crane cap. 5 ton)
- Winch (minimum 6000 m, untuk diameter cable/streamer 4 inchi)

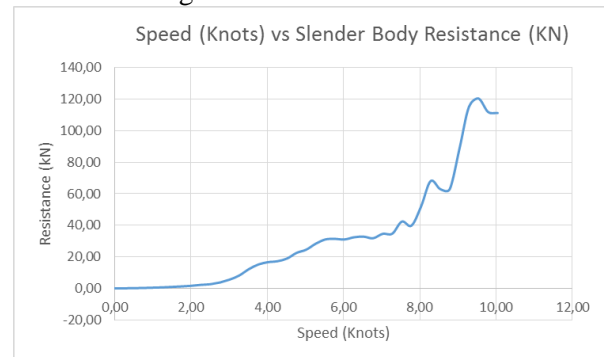
Untuk keterangan peralatan penelitian dapat dilihat pada lampiran.

4.6 Hambatan dan Motor Kapal

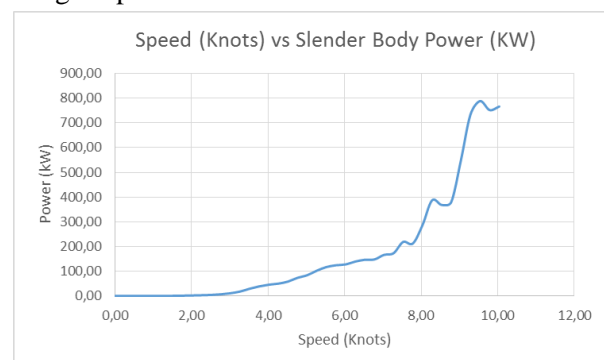
Berdasarkan analisa total hambatan menggunakan maxsurf resistance dengan metode *holtrop slender body*. Diketahui bahwa hambatan kapal dengan kecepatan 10,04 knots (efisiensi 75 %) dengan *slender body* adalah sebesar 111,3 kN dan membutuhkan daya mesin induk sebesar 766,4 kW atau setara dengan 1028 HP. Kapal yang dirancang ini menggunakan dua unit mesin bertenaga 503-567 bHP. bhp dengan data mesin sebagai berikut :

- Merk Mesin : Caterpillar
- Tipe Mesin : C9 ACERT
- Daya Mesin : 503-567 bHP
- RPM : 2500 rpm
- Berat Mesin : 946 kg
- Panjang : 1198,00 mm
- Lebar : 974,00 mm
- Tinggi : 983,00 mm

Berikut perbandingan hambatan yang disajikan dalam bentuk grafik



Gambar 4.6 Grafik perbandingan resistance dengan speed



Gambar 4.7 Grafik perbandingan power dengan speed

4.7 Analisa Olah Gerak Kapal

Dalam analisa olah gerak ini menggunakan software Maxsurf Enterprise V8i series 3 dengan gelombang ITTC (2 Param. Pierson Moskowitz \ Bretschneider), dengan spesifikasi tinggi gelombang diperairan Nusa Tenggara Timur

menurut organisasi meteorologi internasional kriteria karakteristik gelombang perairan yaitu *sea state codes*. [11]

Tabel 4.1 Karakteristik gelombang (Sea state Code) menurut Organisasi Meteorologi Internasional

Code	Wave Height (meters)	Characteristics
1	0,00-0,10	Calm
2	0,10-0,50	Smooth
3	0,50-1,25	Slight
4	1,25-2,50	Moderate
5	2,50-4,00	Rough
6	4,00-6,00	Very rough

Arah datangnya gelombang juga sangat mempengaruhi sudut heading yaitu sudut antara arah pergerakan gelombang dan arah laju kapal. Pada analisa olah gerak ini menggunakan lima sudut heading pada kapal. [12]

Tabel 4.2 Nomor pada wave heading

No	Wave Heading	Description
1	0 degrees	Following seas
2	45 degrees	Stern quartering seas
3	90 degrees	Beam seas
4	135 degrees	Bow quartering seas
5	180 degrees	Head seas

Adapun kecepatan yang dipakai dalam perhitungan olah gerak ini menggunakan 4 variasi kecepatan sesuai kebutuhan kecepatan pada umumnya untuk kapal riset, diantaranya sebagai berikut :

Tabel 4.3 Kecepatan yang digunakan untuk analisa olah gerak kapal riset.

No	Kecepatan	Keterangan
1	0,00 Knots	Kapal diam
2	1,50 Knots	Kapal saat meneliti
3	5,00 Knots	Kapal setengah kecepatan
4	10,00 Knots	Kapal kecepatan penuh

Dalam perhitungan RMS dan Probabilitas slamming dan deck wetness sesuai kriteria NORDFORSK 1987 untuk kapal jenis navy vessel dapat diketahui dari hasil runningan pada Maxsurf motion V8i series 3. [13]

Tabel 4.4 Kriteria olah gerak kapal menurut NORDFORSK 1987 untuk jenis Kapal Riset.

No	Description	Limit of value
1	RMS of vertical acceleration at FP	0,275 g
2	RMS of vertical acceleration at Bridge	0,2 g
3	RMS of lateral acceleration at Bridge	0,1 g
4	RMS of Roll	4,0 deg
5	Probability of slamming	0,03
6	Probability of Deck Wetness	0,05

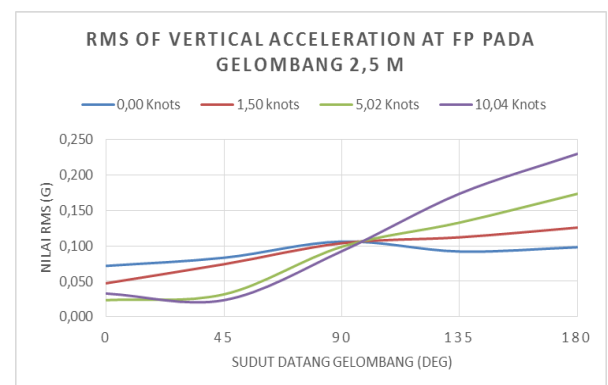
Variasi yang digunakan dalam penyesuaian kriteria Nordforsk 1987 yaitu variasi kecepatan, wave heading, dan tinggi gelombang. Hasil analisa disajikan sebagai berikut :

- 1) RMS of vertical acceleration at FP pada gelombang 2,5 meter.

Tabel 4.5 Nilai RMS of vertical acceleration at FP pada tinggi gelombang 2,5 meter .

Speed (Knots)	Nilai RMS (g)				
	0°	45°	90°	135°	180°
0,00	0,072	0,083	0,106	0,092	0,098
1,50	0,047	0,074	0,104	0,112	0,126
5,00	0,024	0,032	0,099	0,133	0,173
10,00	0,033	0,024	0,092	0,173	0,229

Dapat disimpulkan berdasarkan tabel dan grafik bahwa nilai RMS of vertical acceleration at FP pada tinggi gelombang 2,5 meter menunjukkan bahwa hasil analisa memenuhi kriteria yaitu tidak lebih dari 0,275 g.



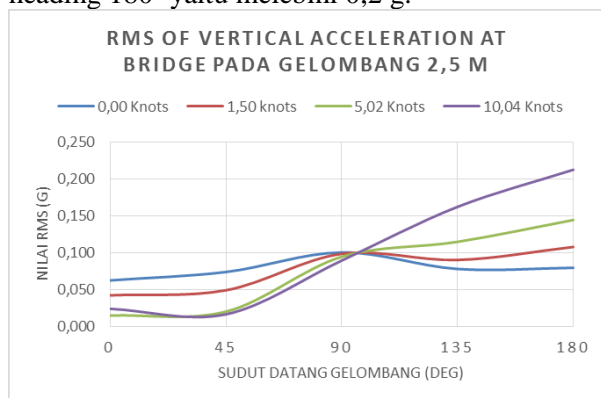
Gambar 4.8 Grafik RMS of vertical acceleration at FP pada tinggi gelombang 2,5 meter.

- 2) RMS of vertical acceleration at Bridge pada gelombang 2,5 meter.

Tabel 4.6 Nilai RMS of vertical acceleration at Bridge pada tinggi gelombang 2,5 meter .

Speed (Knots)	Nilai RMS (g)				
	0°	45°	90°	135°	180°
0,00	0,062	0,074	0,100	0,078	0,079
1,50	0,042	0,049	0,098	0,090	0,108
5,00	0,015	0,020	0,094	0,115	0,144
10,00	0,024	0,016	0,089	0,162	0,213

Dapat disimpulkan berdasarkan tabel dan grafik bahwa nilai RMS of vertical acceleration at Bridge pada tinggi gelombang 2,5 meter menunjukkan bahwa hasil analisa tidak memenuhi kriteria pada kecepatan 10,04 knots dan wave heading 180° yaitu melebihi 0,2 g.



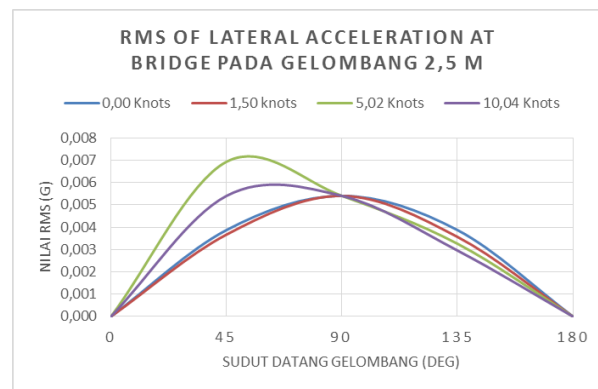
Gambar 4.9 Grafik RMS of vertical acceleration at Bridge pada tinggi gelombang 2,5 meter.

3) RMS of lateral acceleration at Bridge pada gelombang 2,5 meter.

Tabel 4.7 Nilai RMS of lateral acceleration at Bridge pada tinggi gelombang 2,5 meter .

Speed (Knots)	Nilai RMS (g)				
	0°	45°	90°	135°	180°
0,00	0,000	0,004	0,005	0,004	0,000
1,50	0,000	0,004	0,005	0,004	0,000
5,00	0,000	0,007	0,005	0,003	0,000
10,00	0,000	0,005	0,005	0,003	0,000

Dapat disimpulkan berdasarkan tabel dan grafik bahwa nilai RMS of lateral acceleration at Bridge pada tinggi gelombang 2,5 meter menunjukkan bahwa hasil analisa memenuhi kriteria yaitu tidak lebih dari 0,1 g.



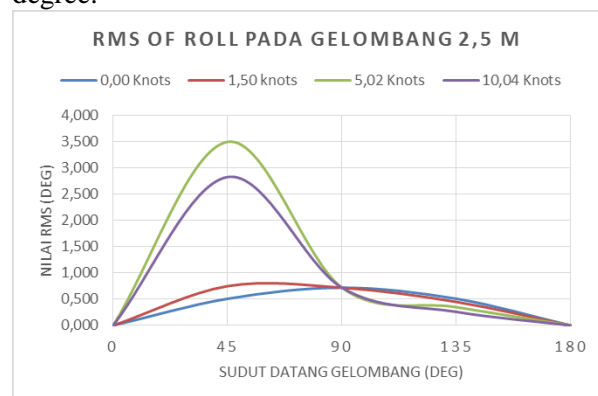
Gambar 4.10 Grafik RMS of lateral acceleration at Bridge pada tinggi gelombang 2,5 meter.

4) RMS of Roll pada gelombang 2,5 meter.

Tabel 4.8 Nilai RMS of Roll pada tinggi gelombang 2,5 meter .

Speed (Knots)	Nilai RMS (deg)				
	0°	45°	90°	135°	180°
0,00	0,000	0,510	0,720	0,510	0,000
1,50	0,000	0,750	0,720	0,450	0,000
5,00	0,000	3,500	0,720	0,350	0,000
10,00	0,000	2,830	0,720	0,260	0,000

Dapat disimpulkan berdasarkan tabel dan grafik bahwa nilai RMS of Roll pada tinggi gelombang 2,5 meter menunjukkan bahwa hasil analisa memenuhi kriteria yaitu tidak lebih dari 4 degree.



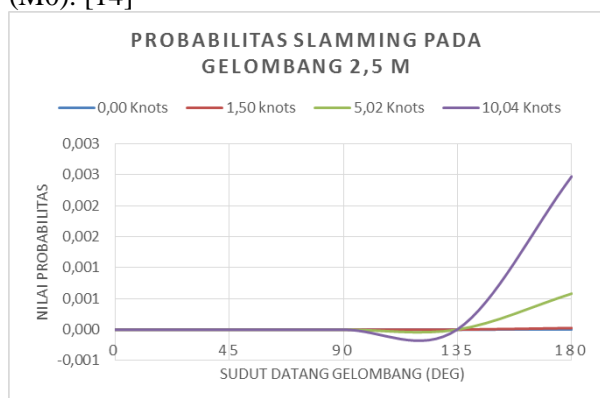
Gambar 4.11 Grafik RMS of Roll pada tinggi gelombang 2,5 meter.

5) Probabilitas Slamming pada gelombang 2,5 meter.

Tabel 4.9 Nilai Probabilitas Slamming pada tinggi gelombang 2,5 meter .

Speed (Knots)	Nilai Probabilitas				
	0°	45°	90°	135°	180°
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,50	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
10,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002

Dapat disimpulkan berdasarkan tabel dan grafik bahwa nilai probabilitas pada tinggi gelombang 2,5 meter menunjukkan bahwa hasil analisa memenuhi kriteria yaitu tidak lebih dari 0,03. Dan nilai diatas dicari dari rumus $\text{Exp}-(T^2/2(M0))$. [14]



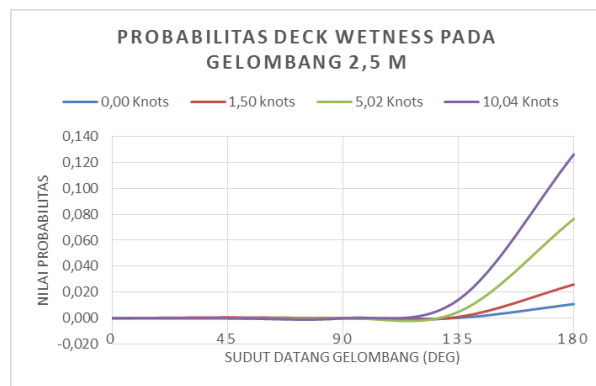
Gambar 4.12 Grafik probabilitas slamming pada tinggi gelombang 2,5 meter.

6) Probabilitas Deck wetness pada gelombang 2,5 meter.

Tabel 4.10 Nilai Probabilitas Deck wetness pada tinggi gelombang 2,5 meter .

Speed (Knots)	Nilai Probabilitas				
	0°	45°	90°	135°	180°
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011
1,50	0,000	0,001	0,000	0,001	0,026
5,00	0,000	0,000	0,000	0,005	0,076
10,00	0,000	0,000	0,000	0,014	0,126

Dapat disimpulkan berdasarkan tabel dan grafik bahwa nilai probabilitas deck wetness pada tinggi gelombang 2,5 meter menunjukkan bahwa hasil analisa tidak memenuhi kriteria pada kecepatan 10,04 dan kecepatan 5,02 di wave heading 180° yaitu lebih dari 0,05. Dan nilai diatas dicari dari rumus $\text{Exp}-(F^2/2(M0))$. [14]



Gambar 4.13 Grafik probabilitas deck wetness pada tinggi gelombang 2,5 meter.

4.8 Analisa Stabilitas Kapal

Stabilitas adalah kemampuan dari suatu benda yang melayang, yang miring untuk kembali berkedudukan tegak lagi atau kembali pada posisi semula. Sebagai persyaratan yang wajib, tentunya stabilitas kapal harus mengacu pada standar yang telah ditetapkan oleh Biro Klasifikasi setempat atau Marine Authority seperti International Maritime Organisation (IMO). [8]

Jadi proses analisa stabilitas yang dilakukan harus berdasarkan dengan standar IMO (International Maritime Organization) Code A.749(18) Ch 3 - design criteria applicable to all ships yang mensyaratkan ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

- Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.1:
 - Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0° – 30° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 3,151 m.deg,
 - Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0° – 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 5,157 m.deg,
 - Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 30° – 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 1,719 m.deg.
- 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.
- Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.3: sudut pada nilai GZ maksimum tidak boleh kurang atau sama dengan 25° (deg).
- 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.

Perhitungan stabilitas kapal riset ini menggunakan Maxsurf stability Enterprise V8i series 3. Setelah menginput tangki kalibrasi dan Lightship berdasarkan perhitungan LR 64 maka kita dapat memasukkan Loadcase sesuai IMO A.167 untuk kapal riset. Sedangkan persyaratan

stabilitas mengacu pada standard requirements diatas, yang telah ditetapkan oleh IMO.

untuk tiap kondisinya (Loadcase) sesuai dengan IMO A.167 sebagai berikut

- 1) Kondisi pertama merupakan kondisi kapal hanya berat lightship. Dimana muatan tangki bahan bakar kosong.
- 2) Kondisi kedua diasumsikan kapal saat mau berangkat berlayar, dan kondisi tiap tangki nya 100%.
- 3) Kondisi ketiga diasumsikan kapal saat mau berangkat berlayar, dan kondisi tiap tangki nya 50%.
- 4) Kondisi keempat diasumsikan saat kondisi kapal setelah melakukan pelayaran dan sisa tiap tangkinya tinggal 10%.
- 5) Kondisi kelima diasumsikan kondisi kapal dengan crew dan peneliti lengkap atau maksimal dimana dikapal ini ada 54 crew dan peneliti, dan kondisi untuk tiap tangkinya 100%.
- 6) Kondisi keenam diasumsikan kondisi kapal dengan crew dan peneliti lengkap atau maksimal dimana dikapal ini ada 54 crew dan peneliti, dan kondisi untuk tiap tangkinya 10%.

Tabel 4.11 Hasil running perhitungan stabilitas menurut standar IMO A. 749(18) Ch3 kriteria daerah bawah GZ dengan sudut oleng 0° – 30°

Kondisi	Area 0° to 30°		
	Req (m.deg)	Kapal Riset	Status
I	3,151	17,088	Pass
II	3,151	17,792	Pass
III	3,151	9,431	Pass
IV	3,151	3,240	Pass
V	3,151	17,840	Pass
VI	3,151	3,340	Pass

Tabel 4.12 Hasil running perhitungan stabilitas menurut standar IMO A. 749(18)Ch3 kriteria daerah bawah GZ dengan sudut oleng 30° – 40°

Kondisi	Area 30° to 40°		
	Req (m.deg)	Kapal Riset	Status
I	1,719	14,008	Pass
II	1,719	13,985	Pass
III	1,719	8,255	Pass
IV	1,719	3,744	Pass
V	1,719	14,010	Pass
VI	1,719	3,822	Pass

Tabel 4.13 Hasil running perhitungan stabilitas menurut standar IMO A. 749(18)Ch3 kriteria daerah bawah GZ dengan sudut oleng 0° – 40°

Kondisi	Area 0° to 40°		
---------	----------------	--	--

	Req (m.deg)	Kapal Riset	Status
I	5,157	31,095	Pass
II	5,157	31,778	Pass
III	5,157	17,686	Pass
IV	5,157	6,984	Pass
V	5,157	31,850	Pass
VI	5,157	7,161	Pass

Tabel 4.14 Hasil running perhitungan stabilitas menurut standar IMO A. 749(18)Ch3 kriteria nilai GZ.

Kondisi	Max GZ at 30° or greater		
	Req (m)	Kapal Riset	Status
I	0,200	1,867	Pass
II	0,200	1,753	Pass
III	0,200	0,998	Pass
IV	0,200	0,467	Pass
V	0,200	1,756	Pass
VI	0,200	0,477	Pass

Tabel 4.15 Hasil running perhitungan stabilitas menurut standar IMO A. 749(18)Ch3 kriteria sudut pada nilai GZ maksimum

Kondisi	Angle of Maximum GZ		
	Req (deg)	Kapal Riset	Status
I	25,00	57,30	Pass
II	25,00	58,20	Pass
III	25,00	48,20	Pass
IV	25,00	44,50	Pass
V	25,00	58,20	Pass
VI	25,00	44,50	Pass

Tabel 4.16 Hasil running perhitungan stabilitas menurut standar IMO A. 749(18)Ch3 kriteria nilai GM

Kondisi	Initial GMt		
	Req (m)	Kapal Riset	Status
I	0,150	2,069	Pass
II	0,150	2,190	Pass
III	0,150	1,091	Pass
IV	0,150	0,260	Pass
V	0,150	2,197	Pass
VI	0,150	0,272	Pass

V. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan penulis yaitu perancangan kapal riset (*Research Vessel*), yang mana difungsikan sebagai kapal riset dengan fokus penelitian *Oceanografi* untuk pelayaran diperairan Nusa Tenggara Timur. Maka dapat disimpulkan beberapa informasi teknis sebagai berikut :

1. Ukuran utama kapal riset yang akan dirancang yang didapatkan melalui metode regresi yaitu sebagai berikut :
 - Lwl : 57,00 m
 - LPP : 54,15 m
 - B : 10,17 m
 - H : 7,00 m
 - T : 4,41 m
 - Vs : 10,04 Knots
2. Hasil perhitungan hambatan dengan metode *Holtrop Slender Body* dengan kecepatan maksimal 10,04 knot (efisiensi 75%) didapatkan nilai resistensi 111,3 kN dan power sebesar 766,4 kW atau setara dengan 1028 HP. Dari hasil tersebut maka dipilih motor penggerak berupa mesin dalam (*inboard*) sebanyak dua buah dengan dengan power daya masing-masing sebesar 567 HP (4 stroke-cycle diesel)
3. Hasil perhitungan olah gerak kapal dengan lima variasi sudut datang air (*wave heading*) dengan tinggi gelombang menurut *sea state code* dan empat variasi kecepatan yang digunakan saat berlayar membuktikan bahwa nilai RMS of vertical acceleration at Bridge pada kecepatan 10,04 knots dengan *wave heading* 180° tidak memenuhi kriteria dan pada deck wetness pada kecepatan 10,04 knots dan 5,02 knots dengan *wave heading* 180° juga tidak memenuhi kriteria sementara point yang lain sesuai dengan kriteria NORDFORSK 1987.
4. Hasil perhitungan stabilitas kapal sengan loadcase sesuai IMO A.167 dan perhitungan stabilitas memenuhi kriteria IMO A.749 (18) Chapter 3. Nilai rata-rata GZ maksimum dan MG terbesar terjadi pada kondisi V dan II yang menyebabkan kapal memiliki waktu tercepat untuk kembali ke posisi tegak. Sedangkan nilai GZ minimum dan MG terkecil terjadi pada kondisi IV dan VI yang menyebabkan kapal memiliki waktu paling lambat untuk kembali ke posisi tegak dibandingkan pada kondisi lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Meteorologi Dan Geofisika Wilayah III. 2004. *Arah Angin Dan Karakteristik Perairan Di Kepulauan Indonesia*.
- [2] lipi.go.id, *Standar Mutu Kapal Riset Terkait Akurasi*. [online]. Diakses Tanggal : 5 Juni 2016. Available : <http://lipi.go.id/lipimedia/standar-mutu-kapal-riset-terkait-akurasi/15475>
- [3] Unols.org, *science mission*. [online]. Diakses Tanggal : 5 Mei 2016. Available : <https://www.unols.org/document/regional-class-research-vessel-science-mission-requirements-2003>
- [4] Departemen Kelautan dan Perikanan, Dirjen Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. 2004. *Identifikasi dan Pembuatan Profil Pulau-Pulau Kecil. Nusa Tenggara Timur*.
- [5] Wikipedia.org, *Kapal riset*. [online]. Diakses Tanggal : 5 Mei 2016. Available : https://id.wikipedia.org/wiki/Kapal_riset
- [6] Unols.org, *ship classes*. [online]. Diakses Tanggal : 5 Mei 2016. Available : <https://www.unols.org/document/revision-unols-ship-classes-2011>
- [7] Kurniawan Deny , 2008, " *Linear Regression* "
- [8] IMO. 2002. *Code On Intact Stability For All Types Of Ships*.
- [9] Lloyd Register 1964.
- [10] Watson, D. , 1998, " *Practical Ship Design* " , Vol.1, Elsevier Science Ltd.,Kidlington, Oxford, UK.
- [11] The world Meteorological Organization, " *Codes for Sea state include wave height and descriptive characteristics* ".
- [12] U.S. Department of commerce, " *National Oceanic and Atmospheric Administration* ".
- [13] NORDFORSK 1987, " *The Nordic Cooperative Project, Seakeeping Performance Of Ships Assesment of a Ship's Performance in a Seaway* ", Marintek, Trondheim.
- [14] Bhattacharya, R., 1978. *Dynamic of Marine Vehicles*. New York, United State of America.