



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Studi Desain Analisa Perbandingan *Performance* Kapal Perintis 750 DWT dengan Variasi *Hull* Menggunakan Pelat Datar

Nurfi Afriansyah⁽¹⁾, Berlian Arswendo A⁽¹⁾, Good Rindo⁽¹⁾

Lab CAD (*Computational Aided Design*) and *Ship Analysis*

⁽¹⁾Jurusan S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: 21nurfiafriansyah@gmail.com, berliantarwendokapal@gmail.com, good.rindo@gmail.com

Abstrak

Salah satu bentuk inovasi untuk mengurangi waktu dan biaya produksi kapal yakni membuat bentuk lambung dengan pelat baja tanpa adanya proses bending. Secara teknis pembuatan lambung dengan metode ini memiliki pengaruh dalam perubahan performa kapal. Maka dari itu perlu dilakukan perhitungan untuk mengetahui perubahan tersebut terhadap performa kapal. Pada penelitian ini, penulis mencoba untuk membuat desain variasi kapal dengan metode pelat datar yang mengacu pada kapal perintis 750 DWT sebagai desain originalnya, yang nantinya akan dibandingkan nilai performa kapal meliputi; stabilitas, hambatan dan olah geraknya. Untuk perhitungan analisa stabilitas kapal dilakukan dengan menggunakan pendekatan *naval architecture commercial software* yang mengacu pada kriteria *IMO code on Intact stability A.749 (18), Ch 3-design criteria applicable to all ships*. Dari hasil analisa perbandingan stabilitas pada setiap kondisi operasi kapal secara keseluruhan memenuhi kriteria *IMO*. Olah gerak kapal dianalisa untuk memperhatikan gerakan *heaving, rolling dan pitching* kapal saat kondisi sarat penuh pada kecepatan dinas ($V=12 \text{ Knot}$). Hasil analisa *RMS Roll* untuk desain original dan modifikasi 1, 2 paling tinggi terdapat pada sudut 90^0 yaitu 8.96, 8.99 dan 8.32. *deg*. Sedangkan untuk *RMS Pitch* kapal terbesar terjadi pada *head wave* 45^0 untuk semua kapal, dengan *RMS Pitch* 1.33, 1.37 dan 1.31 *deg*.

Kata kunci: Kapal Perintis, Pelat datar, Stabilitas, Olah gerak, Seakeeping.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kapal baja dengan teknologi Pelat Datar pertama di Indonesia ini diketahui memiliki keunggulan yang dapat menjadi solusi dimasa depan sebagai alternatif kapal kayu dan kapal fiberglass. Keunggulan kapal ini datang dari efesiensi dan produktifitas karena konstruksinya yang sederhana, sehingga bisa diproduksi secara cepat dan murah [1].

Keunggulan lain dari kapal ini yaitu memiliki daya tahan yang lebih kuat untuk beradaptasi dengan perairan di Indonesia, umur pakai kapal yang lebih lama, bisa didaur ulang, serta pengadaan material baja berasal dari lokal[2]. kapal Perintis ini merupakan langkah awal dari Kementerian Perhubungan Laut dalam

mengimplementasikan Program Tol Laut, yaitu untuk mempercepat pertumbuhan ekonomi nasional dan meningkatkan konektivitas antar pulau di daerah terpencil, serta untuk menjamin tersedianya bahan pokok dan tumbuhnya pusat-pusat perdagangan dan industri.

Pada penelitian ini dilakukan desain ulang kapal perintis dengan metode pelat datar. Dari desain original dan modifikasi ini akan dihitung analisa perbandingan *performance* kapal meliputi stabilitas, hambatan dan olah gerak yang nantinya dicari nilai performa yang paling optimal.

1.2. Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana cara memodifikasi lambung kapal dengan metode pelat datar?
2. Bagaimana perbandingan performa kapal asli dengan modifikasi menggunakan pelat datar?
3. Dari perbandingan performa kapal original dan modifikasi, manakah yang memiliki nilai paling optimal?

1.3. Perumusan Masalah

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

1. Modifikasi lambung menggunakan plat datar harus sesuai dengan ukuran utama dari kapal original. DWT Dan Displacement kapal harus sesuai dengan spesifikasi teknis atau dengan batasan perubahannya $\pm 5\%$ dari desain originalnya.
2. Bentuk lambung kapal menjadi variabel bebas.
3. Analisa performa stabilitas dan hambatan kapal dilakukan pada 9 kondisi kapal beroperasi yang sesuai dengan spesifikasi teknis kapal perintis 750 DWT.
4. Analisa performa olah gerak dilakukan pada kondisi muatan penuh pada kecepatan dinas, arah sudut 0° , 45° , 90° , 135° dan 180° dengan kondisi gelombang paling signifikan pada daerah pelayarannya.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang serta permasalahan yang ada, maka tujuan penelitian dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui nilai perbandingan stabilitas dari setiap kondisi muatan pada tiap model kapal dan dilihat pemenuhan kriteria stabilitas menurut IMO code on *Intactstability A.749 (18), Chapter 3*.
2. Mengetahui nilai perbandingan Hambatan dari setiap kondisi muatan pada tiap model kapal dan dicari nilai terendahnya.
3. Mengetahui kondisi olah gerak dari tiap model kapal dan dilihat pemenuhan kriteria menurut *Nordforsk 1987*.
4. Mendapatkan *performance* kapal paling optimal meliputi Stabilitas, hambatan dan olah geraknya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Stabilitas

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula (normal) dari posisi miring (heeling) setelah mendapat gaya-

gaya eksternal pada kapal tersebut sebagai akibat dari perubahan distribusi muatan di atas kapal dan kondisi eksternal (gelombang, angin, dsb.) [3].

Proses analisa stabilitas yang dilakukan adalah sesuai dengan kriteria stabilitas yang tercantum pada IMO code on *A.749 (18), Ch 3-design criteria applicable to all ship* yang mensyaratkan ketentuan-ketentuan sebagai berikut.

(A). *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.1 :*

1. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng $0^{\circ} - 30^{\circ}(\text{deg})$ tidak boleh kurang atau sama dengan 3.151 m.deg .
2. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng $0^{\circ} - 40^{\circ}(\text{deg})$ tidak boleh kurang atau sama dengan 5.157 m.deg .
3. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng $30^{\circ} - 40^{\circ}(\text{deg})$ tidak boleh kurang atau sama dengan 1.719 m.deg .

(B). *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.2 :*

Nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut $30^{\circ} - 180^{\circ}(\text{deg})$ tidak boleh kurang atau sama dengan $0,2 \text{ m}$.

(C). *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.3 :*

Sudut pada nilai GZ maksimum tidak boleh kurang atau sama dengan $25^{\circ}(\text{deg})$

(D). *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.4 :*

Nilai GM awal pada sudut $0^{\circ}(\text{deg})$ tidak boleh kurang atau sama dengan 0.15 m [4].

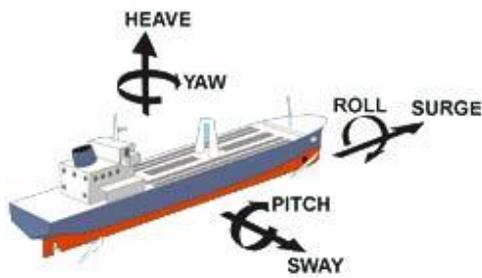
2.2. Hambatan Kapal

Kapal yang bergerak maju diatas gelombang akan mengalami suatu perlawanan yang disebut hambatan. Hambatan tersebut merupakan gaya fluida yang melawan gerakan kapal, dimana sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. Berdasarkan pada proses fisiknya bahwa hambatan pada kapal yang bergerak di permukaan air terdiri dari dua komponen utama yaitu tegangan normal (normal stress) dan tegangan geser (tangential stress). Tegangan normal berkaitan dengan hambatan gelombang (wave making) dan tegangan viskos. Sedangkan tegangan geser disebabkan oleh adanya viskositas fluida. Kemudian hambatan dikelompokkan menjadi dalam dua komponen utama yaitu hambatan viskos (viscous resistance) dan hambatan gelombang (wave resistance) [5].

2.3. Olah Gerak Kapal

Pada dasarnya kapal yang berada diatas permukaan laut akan selalu memperoleh gaya external yang menyebabkan kapal bergerak (ship moving)[6]. Gerakan kapal ini disebabkan adanya faktor dari luar terutama oleh gelombang.

Dalam memperoleh perlakuan gelombang kapal mengalami 2 jenis gerakan yaitu ;



Gambar 1. Gerak rotasi dan translasi Kapal

- Gerak rotasi, gerak ini merupakan gerak putar pada porosnya meliputi :
 - *Rolling* : Gerakan bersudut sesuai dengan sumbu x berupa olengan kearah *starboard-portside*
 - *Pitching* :Gerakan bersudut sesuai dengan sumbu y berupa anggukan *by the bow- by the stern*
 - *Yawing* :Gerakan bersudut sesuai dengan sumbu z berupa putaran.
- Gerak linear, gerak ini merupakan gerak lurus beraturan sesuai dengan sumbunya meliputi :
 - *Surging* : Gerakan terhadap sumbu x
 - *Swaying* : Gerakan terhadap sumbu y
 - *Heaving* : Gerakan terhadap sumbu z

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Data Kapal

Pengumpulan data diperoleh dari berbagai sumber buku-buku, modul, artikel, jurnal, internet serta melalui pengukuran langsung di lapangan.

Data Ukuran Utama Kapal Perintis 750 DWT :

| | | | |
|-----------------|---|---------|----------------|
| Length (LOA) | : | 58.50 | m |
| Breadth (OA) | : | 52.30 | m |
| Height (H) | : | 4.5 | m |
| Sarat (T) | : | 2.9 | m |
| Daya Mesin | : | 2 x 829 | HP |
| Jarak Pelayaran | : | 3500 | Nautical Miles |

Kapasitas

| | | | |
|---------------------------------------|---|-----|----------------|
| Penumpang | : | 285 | orang |
| Jumlah awak kapal | : | 22 | orang |
| Barang | : | 400 | Ton |
| Tangki Bahan Bakar (BJ= 0,890) | : | 150 | M ³ |
| Tangki air tawar (BJ=1,000) | : | 140 | M ³ |
| Tangki Ballas (BJ=1,025) | : | 250 | M ³ |
| Tangki kotoran (<i>sewage Tank</i>) | : | 2 | M ³ |

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

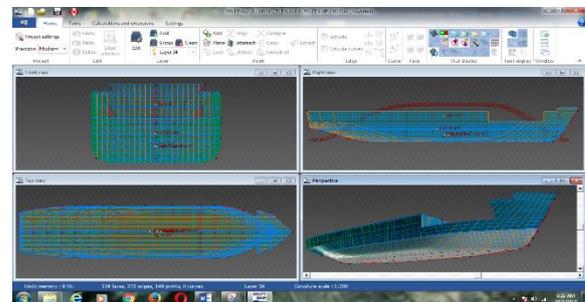
4.1. Desain Model Kapal

Dalam mengerjakan modifikasi lambung kapal ini, data yang dibutuhkan meliputi principal dimension, lines plan, general arrangement dan

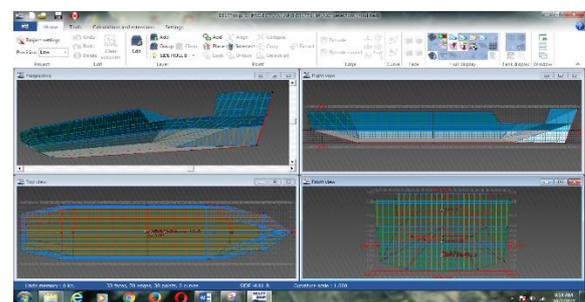
data spesifikasi teknis Kapal Perintis 750 DWT. Setelah didapatkan data-data di atas kemudian dilakukan pemeriksaan *loadcase* dan *item* desain modifikasi dengan kapal original menggunakan *software naval architecture commercial software (Maxsurf)*. Setelah itu menentukan parameter analisa perbandingan desain kapal modifikasi bentuk lambung menggunakan Pelat Datar dengan batasan perubahan *volume displacement* kurang lebih 5% dari desain originalnya.

Untuk pembuatan model lambung kapal dikerjakan menggunakan *software Delftship* dan *Maxsurf*. Permodelan original dilakukan sebagai langkah awal untuk mendapatkan modifikasi yang mendekati *displacement* yang sebenarnya. Langkah selanjutnya melakukan modifikasi model yakni modifikasi dengan bentuk lambung menggunakan plat datar.

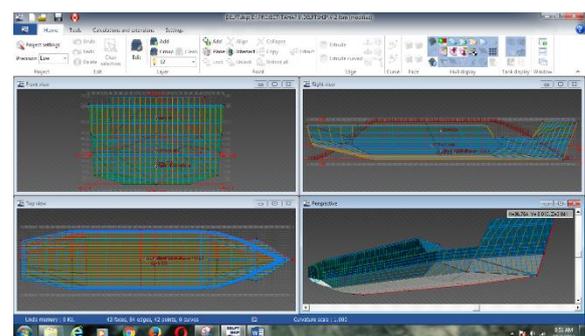
Tahap berikutnya melakukan pemeriksaan pemenuhan kriteria *trim*, *load case* dan *item* yang sesuai dengan peletakan posisi perlengkapan kapal pada general arrangement desain original.



Gambar 2. Pemodelan Kapal Original



Gambar 3. Pemodelan Kapal Modifikasi 1



Gambar 4. Pemodelan Kapal Modifikasi 2

Tabel 1. Perbandingan *Hydrostatic*

| Measurement | ORI | V-1 | V-2 | Units |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------------|
| Displacement | 1293 | 1233 | 1276 | t |
| Vol. displaced | 1261.696 | 1203.213 | 1244.963 | m ³ |
| Immersed depth | 2.9 | 2.9 | 2.9 | m |
| WL Length | 54.492 | 54.393 | 54.419 | m |
| Beam | 12.198 | 11.708 | 11.721 | m |
| Wetted Area | 700.3 | 720.059 | 720.852 | m ² |
| Block coeff. (Cb) | 0.655 | 0.652 | 0.673 | |
| (Cm) | 0.951 | 0.867 | 0.915 | |
| Trim (+ve by stern) m | 0.048 | 0.034 | 0.037 | m |

4.2. Perbandingan Performa Kapal

4.2.1 Stabilitas Kapal

Untuk analisa stabilitas kapal dihitung menggunakan *Maxsurf Stability Software*. Perhitungan stabilitas *dirunning* dalam berbagai kondisi pembebanan (*loading condition*) yang sesuai ketentuan *IMO A.749 (18) Chapter 3*.

Setelah desain original dan modifikasi dimodelkan tahap selanjutnya menganalisa stabilitas kapal pada 9 kondisi operasi sesuai spesifikasi teknis kapal Perintis 750 DWT.

Kondisi stabilitas yang harus dihitung :

- Muatan penuh dengan barang, penumpang dan store
- Muatan penuh dengan barang, penumpang dan store 10%
- Muatan penuh dengan barang, penumpang dan store 50%
- Penumpang dan store penuh tanpa cargo.
- Kondisi penumpang penuh dan store 10% tanpa cargo
- Penumpang dan store penuh dengan cargo 50%
- Tanpa muatan barang dan penumpang
- Tanpa muatan barang dan penumpang dengan store 10%
- Kondisi kapal siap docking.

Tabel 2. Hasil Analisa stabilitas Original

| Kriteria | Value | Units | KONDISI MUATAN | | | | |
|----------------------------------|-------|-------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3.1.2.1: Area 0 to 30 | 0.055 | m.rad | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 0.5 |
| 3.1.2.1: Area 0 to 40 | 0.09 | m.rad | 0.8 | 0.7 | 0.8 | 1.1 | 0.8 |
| 3.1.2.1: Area 30 to 40 | 0.03 | m.rad | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.3 |
| 3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater | 0.2 | m | 2.3 | 2.0 | 2.1 | 2.7 | 2.0 |
| 3.1.2.3: Angle of maximum GZ | 25 | deg | 50.0 | 50.0 | 50.9 | 54.5 | 53.6 |
| 3.1.2.4: Initial GMt | 0.15 | m | 3.6 | 3.3 | 3.3 | 5.2 | 4.5 |
| STATUS | | | <i>Pass</i> | <i>Pass</i> | <i>Pass</i> | <i>Pass</i> | <i>Pass</i> |

Tabel 3. Hasil analisa stabilitas desain original

| Kriteria | Value | Units | KONDISI MUATAN | | | |
|----------------------------------|-------|-------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 3.1.2.1: Area 0 to 30 | 0.055 | m.rad | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.7 |
| 3.1.2.1: Area 0 to 40 | 0.09 | m.rad | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 1.1 |
| 3.1.2.1: Area 30 to 40 | 0.03 | m.rad | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.4 |
| 3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater | 0.2 | m | 2.4 | 2.6 | 2.0 | 2.1 |
| 3.1.2.3: Angle of maximum GZ | 25 | deg | 50.9 | 53.6 | 53.6 | 36.4 |
| 3.1.2.4: Initial GMt | 0.15 | m | 3.8 | 4.8 | 4.8 | 8.7 |
| STATUS | | | <i>Pass</i> | <i>Pass</i> | <i>Pass</i> | <i>Pass</i> |

Tabel 4. Hasil analisa stabilitas modifikasi (V-1)

| Kriteria | Value | Units | KONDISI MUATAN | | | | |
|----------------------------------|-------|-------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3.1.2.1: Area 0 to 30 | 0.055 | m.rad | 0.48 | 0.4 | 0.42 | 0.56 | 0.48 |
| 3.1.2.1: Area 0 to 40 | 0.09 | m.rad | 0.82 | 0.68 | 0.72 | 0.94 | 0.78 |
| 3.1.2.1: Area 30 to 40 | 0.03 | m.rad | 0.34 | 0.28 | 0.3 | 0.38 | 0.29 |
| 3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater | 0.2 | m | 2.21 | 1.72 | 1.94 | 2.41 | 1.73 |
| 3.1.2.3: Angle of maximum GZ | 25 | deg | 50.9 | 49.1 | 50.9 | 50.9 | 42.7 |
| 3.1.2.4: Initial GMt | 0.15 | m | 3.47 | 2.94 | 2.95 | 4.23 | 3.9 |
| STATUS | | | <i>Pass</i> | <i>Pass</i> | <i>Pass</i> | <i>Pass</i> | <i>Pass</i> |

Tabel 5. Hasil analisa stabilitas modifikasi (V-1)

| Kriteria | Value | Units | KONDISI MUATAN | | | |
|----------------------------------|-------|-------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 3.1.2.1: Area 0 to 30 | 0.05 | m.rad | 0.52 | 0.59 | 0.53 | 0.71 |
| 3.1.2.1: Area 0 to 40 | 0.09 | m.rad | 0.88 | 0.98 | 0.84 | 1.06 |
| 3.1.2.1: Area 30 to 40 | 0.03 | m.rad | 0.36 | 0.39 | 0.31 | 0.35 |
| 3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater | 0.2 | m | 2.35 | 2.51 | 1.85 | 2.03 |
| 3.1.2.3: Angle of maximum GZ | 25 | deg | 50.9 | 51.8 | 42.7 | 32.7 |
| 3.1.2.4: Initial GMt | 0.15 | m | 3.84 | 4.48 | 4.36 | 6.87 |
| STATUS | | | <i>Pass</i> | <i>Pass</i> | <i>Pass</i> | <i>Pass</i> |

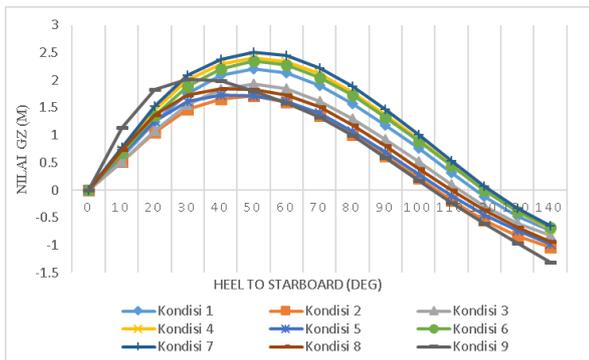
Tabel 6. Hasil analisa stabilitas modifikasi (V-2)

| Kriteria | Value | Units | KONDISI MUATAN | | | | |
|----------------------------------|-------|-------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3.1.2.1: Area 0 to 30 | 0.055 | m.rad | 0.47 | 0.4 | 0.37 | 0.56 | 0.48 |
| 3.1.2.1: Area 0 to 40 | 0.09 | m.rad | 0.8 | 0.67 | 0.62 | 0.94 | 0.77 |
| 3.1.2.1: Area 30 to 40 | 0.03 | m.rad | 0.33 | 0.27 | 0.25 | 0.37 | 0.29 |
| 3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater | 0.2 | m | 2.17 | 1.75 | 1.55 | 2.46 | 1.79 |
| 3.1.2.3: Angle of maximum GZ | 25 | deg | 50 | 49.1 | 45.5 | 51.8 | 50.9 |
| 3.1.2.4: Initial GMt | 0.15 | m | 3.4 | 2.85 | 2.73 | 4.25 | 3.88 |
| STATUS | | | <i>Pass</i> | <i>Pass</i> | <i>Pass</i> | <i>Pass</i> | <i>Pass</i> |

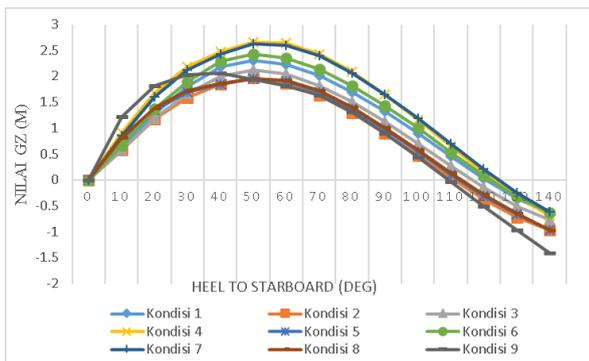
Tabel 7. Hasil analisa stabilitas modifikasi (V-2)

| Kriteria | Value | Units | KONDISI MUATAN | | | |
|----------------------------------|-------|-------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 3.1.2.1: Area 0 to 30 | 0.055 | m.rad | 0.58 | 0.58 | 0.49 | 0.7 |
| 3.1.2.1: Area 0 to 40 | 0.09 | m.rad | 0.96 | 0.96 | 0.78 | 1.04 |
| 3.1.2.1: Area 30 to 40 | 0.03 | m.rad | 0.38 | 0.38 | 0.29 | 0.35 |
| 3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater | 0.2 | m | 2.5 | 2.5 | 1.79 | 1.99 |
| 3.1.2.3: Angle of maximum GZ | 25 | deg | 52.7 | 52.7 | 50.9 | 33.6 |
| 3.1.2.4: Initial GMt | 0.15 | m | 4.41 | 4.41 | 4.08 | 7.38 |
| STATUS | | | Pass | Pass | Pass | Pass |

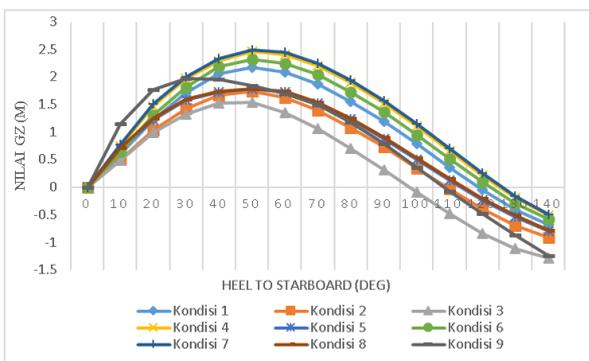
Setelah analisis *Load Case* kapal ditentukan dan dihitung dengan bantuan program *Naval architecture commercial software*, maka didapat analisa data hasil perhitungan berupa tabel dan kurva stabilitas. Dari data tersebut kita dapat mengetahui stabilitas untuk setiap variasi *Load Case* serta stabilitas dari setiap modifikasi model.



Gambar 5. Grafik perbandingan GZ original



Gambar 6. Grafik perbandingan GZ (V-1)

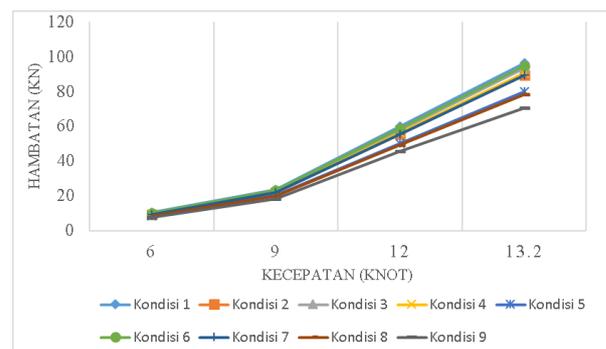


Gambar 7. Grafik perbandingan GZ (V-2)

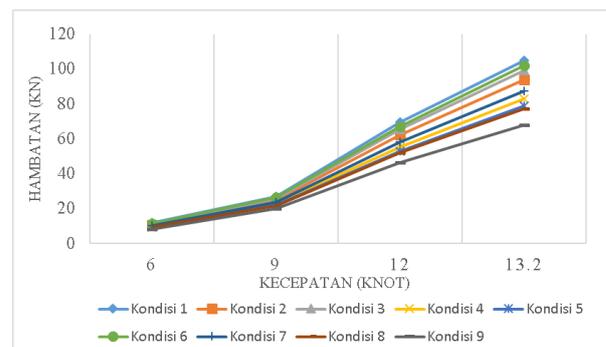
Dari analisis kriteria pada Tabel 2, 3, 4, 5, 6 dan 7 menerangkan bahwa hasil perhitungan stabilitas untuk keseluruhan model memenuhi (*pass*) standar persyaratan *IS Code* pada semua kondisi.

4.2.2 Hambatan Kapal

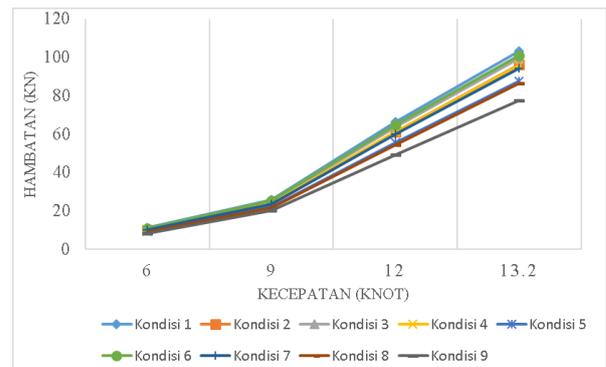
Penentuan hambatan dari ketiga model yang telah dibuat yaitu dengan menggunakan bantuan software *Maxsurf Resistance*, untuk perhitungan hambatan pada program inidibutuhkan beberapa *input* yaitu model yang telah dibuat dari software *Maxsurf* dan *input* lainnya adalah menentukan kecepatan model kapal. Perhitungan hambatan menggunakan metode *Holtrop* yang di *running* sesuai kondisi kapal tiap muatan.



Gambar 8. Perbandingan Hambatan Original



Gambar 9. Perbandingan Hambatan (V-1)



Gambar 10. Perbandingan Hambatan (V-2)

Dari hasil analisa hambatan tiap model dan kondisi kapal, desain original memiliki hasil hambatan lebih rendah hampir disetiap kondisi

muatan. Namun hasil perbandingan nilai hambatan tidak terlalu signifikan yakni perbedaan hambatan per model sebesar ± 1 kN untuk kecepatan 6 knot, ± 3 kN untuk kecepatan 9 knot dan ± 9 kN untuk kecepatan dinas (12 knot).

4.2.3 Olah Gerak Kapal

Kapal Perintis 750 DWT ini beroperasi di perairan selat karimata, Selat ini menghubungkan antara laut Cina Selatan dengan laut Jawa dengan tinggi 1,49 m dan periode 6,3s yang diambil dari tinggi gelombang paling signifikan yang terjadi pada musim barat wilayah tersebut [7]. Jenis spectrum gelombang yang dipergunakan adalah spectrum *JONSWAP (Joint North Sea Wave Project)*.

Penelitian ini mengkaji olah gerak yang mampu direspon oleh kapal yaitu; Rolling, Heaving dan pitching yang dilakukan pada sudut 0^0 (*stern*), 45^0 (*stern quartering*), 90^0 (*beam*), 135^0 (*bow quartering*) hingga 180^0 (*head*) pada kecepatan dinas 12 knot.

Perhitungan olah gerak kapal perintis 750 DWT dan desain modifikasi didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 8. Hasil analisa olah gerakdesain original

| ITEM | WAVE HEADING | AMPLITUDE | VELOCITY | ACCELERATION |
|----------|--------------|-------------|---------------|------------------------|
| HEAVING | 0 | 0.107 m | 0.061 m/s | 0.069 m/s ² |
| | 45 | 0.161 m | 0.088 m/s | 0.048 m/s ² |
| | 90 | 0.297 m | 0.341 m/s | 0.424 m/s ² |
| | 135 | 0.276 m | 0.378 m/s | 0.531 m/s ² |
| | 180 | 0.205 m | 0.287 m/s | 0.413 m/s ² |
| ROLLING | 0 | 0 deg | 0.00000 rad/s | 0.00000 rad/s/s |
| | 45 | 4.99 deg | 0.06877 rad/s | 0.07369 rad/s/s |
| | 90 | 8.96 deg | 0.16303 rad/s | 0.18806 rad/s/s |
| | 135 | 1.49 deg | 0.03540 rad/s | 0.06316 rad/s/s |
| | 180 | 0.00000 deg | 0.00000 rad/s | 0.00000 rad/s/s |
| PITCHING | 0 | 1.17 deg | 0.00830 rad/s | 0.00584 rad/s/s |
| | 45 | 1.33 deg | 0.01279 rad/s | 0.00706 rad/s/s |
| | 90 | 1.17 deg | 0.02213 rad/s | 0.02491 rad/s/s |
| | 135 | 1.15 deg | 0.02840 rad/s | 0.04112 rad/s/s |
| | 180 | 0.96 deg | 0.02473 rad/s | 0.03741 rad/s/s |

Tabel 9. Hasil analisa olah gerakdesain (V-1)

| ITEM | WAVE HEADING | AMPLITUDE | VELOCITY | ACCELERATION |
|----------|--------------|-----------|---------------|------------------------|
| HEAVING | 0 | 0.108 m | 0.042 m/s | 0.023 m/s ² |
| | 45 | 0.163 m | 0.089 m/s | 0.049 m/s ² |
| | 90 | 0.268 m | 0.307 m/s | 0.383 m/s ² |
| | 135 | 0.301 m | 0.413 m/s | 0.581 m/s ² |
| | 180 | 0.236 m | 0.336 m/s | 0.490 m/s ² |
| ROLLING | 0 | 0 deg | 0.00000 rad/s | 0.00000 rad/s/s |
| | 45 | 4.95 deg | 0.06811 rad/s | 0.07341 rad/s/s |
| | 90 | 8.99 deg | 0.16368 rad/s | 0.18886 rad/s/s |
| | 135 | 1.49 deg | 0.03558 rad/s | 0.06341 rad/s/s |
| | 180 | 0.00 deg | 0.00000 rad/s | 0.00000 rad/s/s |
| PITCHING | 0 | 1.20 deg | 0.00777 rad/s | 0.00324 rad/s/s |
| | 45 | 1.37 deg | 0.01314 rad/s | 0.00725 rad/s/s |
| | 90 | 1.14 deg | 0.02213 rad/s | 0.02373 rad/s/s |
| | 135 | 1.18 deg | 0.02910 rad/s | 0.04227 rad/s/s |
| | 180 | 1.01 deg | 0.02614 rad/s | 0.03998 rad/s/s |

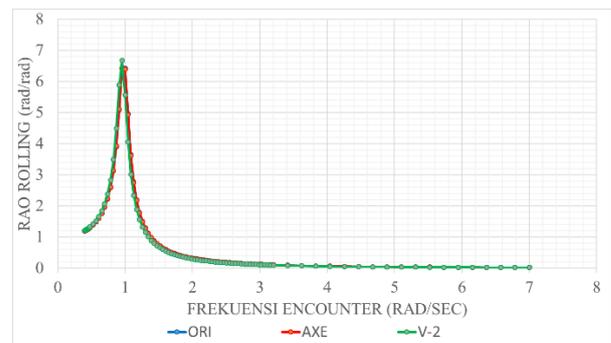
Tabel 10. Hasil analisa olah gerakdesain (V-2)

| ITEM | WAVE HEADING (deg) | AMPLITUDE | VELOCITY | ACCELERATION |
|----------|--------------------|-------------|--------------|------------------------|
| HEAVING | 0 | 0.107 m | 0.044 m/s | 0.030 m/s ² |
| | 45 | 0.164 m | 0.089 m/s | 0.049 m/s ² |
| | 90 | 0.281 m | 0.323 m/s | 0.402 m/s ² |
| | 135 | 0.299 m | 0.412 m/s | 0.581 m/s ² |
| | 180 | 0.230 m | 0.325 m/s | 0.472 m/s ² |
| ROLLING | 0 | 0 deg | 0.0000 rad/s | 0.00000 rad/s/s |
| | 45 | 4.96 deg | 0.06629rad/s | 0.06932 rad/s/s |
| | 90 | 8.32 deg | 0.14974rad/s | 0.17213 rad/s/s |
| | 135 | 1.34 deg | 0.03220rad/s | 0.05855 rad/s/s |
| | 180 | 0.00000 deg | 0.00000rad/s | 0.00000 rad/s/s |
| PITCHING | 0 | 1.15 deg | 0.00751rad/s | 0.00335 rad/s/s |
| | 45 | 1.31 deg | 0.01262rad/s | 0.00696 rad/s/s |
| | 90 | 1.16 deg | 0.02182rad/s | 0.02428 rad/s/s |
| | 135 | 1.16 deg | 0.02879rad/s | 0.04181 rad/s/s |
| | 180 | 0.96 deg | 0.02481rad/s | 0.03760 rad/s/s |

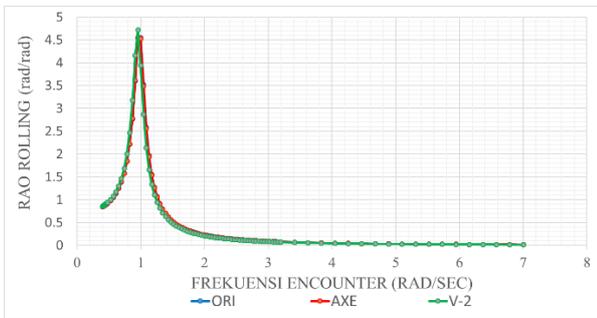
Dari hasil analisa olah gerak kapal dengan kondisi 1 (muatan penuh) pada kondisi gelombang tinggi 1,49 m dan periode 6,3s yang diambil dari jenis gelombang paling signifikan yang terjadi pada musim barat wilayah tersebut didapatkan hasil RMS *Roll* paling besar terdapat pada sudut 90^0 yaitu 8.96 deg untuk desain original, 8.99 deg untuk desain V-1, dan 8,32 deg untuk desain modifikasi V-2. Sedangkan untuk RMS *Pitch* kapal dengan nilai terbesar terjadi pada *head wave* 45^0 untuk semua kapal, dengan RMS *Pitch* 1.33 deg pada desain original, 1.37 deg pada desain V-1 modifikasi, dan 1.31 deg pada desain V-2.

Berdasarkan kriteria yang ditetapkan oleh *NORDFORSK 1987* sudut gerakan *rolling* 90^0 untuk semua kapal melebihi persyaratan maksimum yaitu lebih besar dari 6 derajat. Sudut gerakan *pitching* untuk semua kapal masih dibawah batas maksimum yaitu kurang dari 3 derajat [8].

Respon gerakan kapal terhadap gelombang regular digambarkan dalam grafik RAO. Dalam kasus olah gerak kapal (*seakeeping*), respon gerakan kapal akibat gelombang sebisa mungkin diperkecil, respon gerakan kapal dikatakan minimum ketika puncak dari RAO minimum [9].

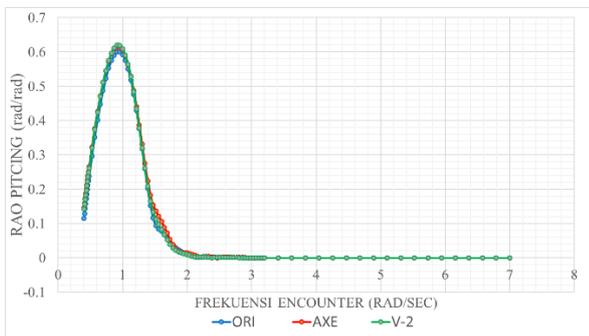


Gambar 11. Grafik RAO *rolling* sudut 90^0

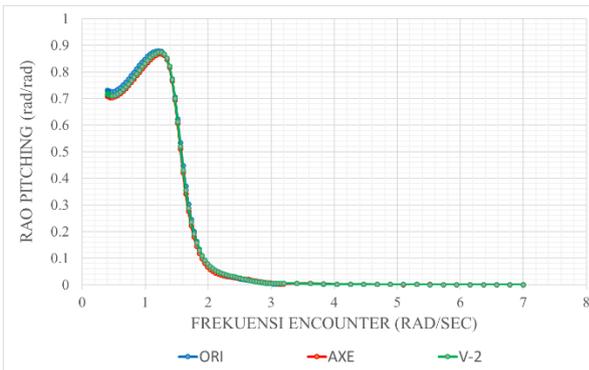


Gambar 12. Grafik RAO *rolling* sudut 135deg

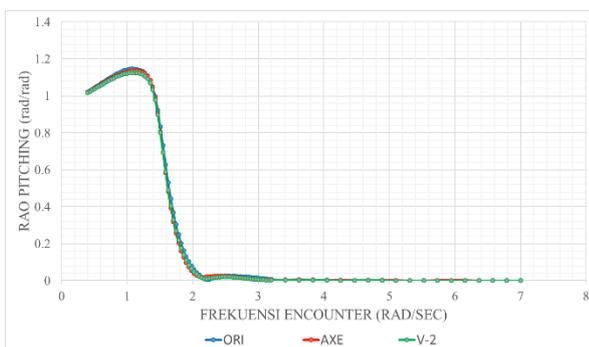
Gambar 11 dan 12 Menunjukkan RAO gerakan *roll* di gelombang regular. Maksimum puncak RAO dari masing-masing model kapal terlihat tidak ada perbedaan yang significant pada sudut 90 dan 135 deg. Bentuk kurva RAO dari masing-masing model kapupun tampak sama dengan puncak kurva RAO terjadi pada frekuensi 1 (rad/sec).



Gambar 13. Grafik RAO *pitching* sudut 90deg



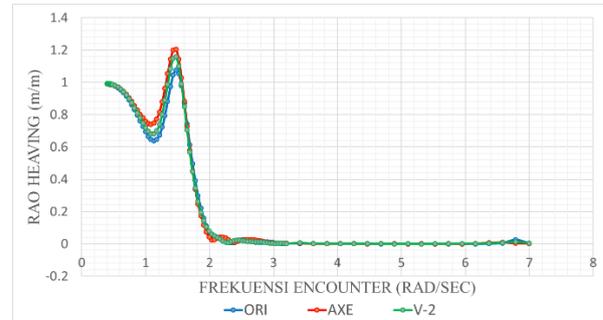
Gambar 14. Grafik RAO *pitching* sudut 135deg



Gambar 15. Grafik RAO *pitching* sudut 180deg

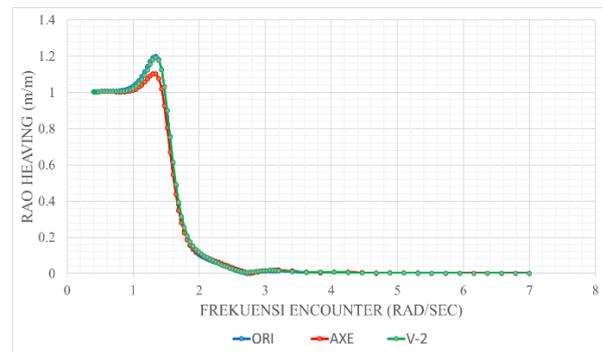
Gambar 13, 14 dan 15 Menunjukkan RAO gerakan *pitch* pada sudut 90, 135 dan 180 deg. Dari kurva tersebut terlihat bahwa arah sudut datang gelombang berpengaruh terhadap besarnya nilai RAO *pitch*.

Bentuk kurva RAO dari masing-masing model kapal tampak sama ditiap arah sudut datang gelombang. Untuk sudut 90 deg, puncak kurva RAO terjadi pada frekuensi 1(rad/sec) dan terus bertambah besar respon gerakan dan nilai RAO *pitch* seiring dengan sudut datang arah gelombang yaitu 135 dan 180 derajat.

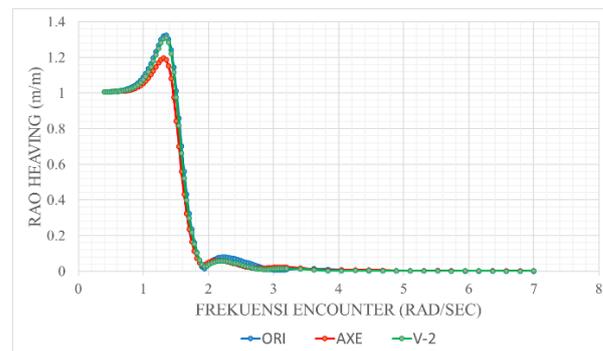


Gambar 16. Grafik RAO *heaving* sudut 90deg

Gambar 16 Menunjukkan RAO gerakan *heave*. Bentuk kurva RAO dari masing-masing model kapal tampak sama pada sudut datang gelombang 90 deg. Dimana terjadi penurunan respon pada frekuensi 1,1 (rad/sec) dan mengalami kenaikan kembali pada frekuensi 1.4 (rad/sec).



Gambar 17. Grafik RAO *heaving* sudut 135deg



Gambar 18. Grafik RAO *heaving* sudut 180deg

Gambar 17 dan 18 Menunjukkan RAO gerakan *heave* pada sudut 135 dan 180 *deg*. Dari kurva tersebut terlihat bahwa arah sudut datang gelombang berpengaruh terhadap besarnya nilai RAO *heave*.

Bentuk kurva RAO dari masing-masing model kapal tampak sama di tiap arah sudut datang gelombang. Untuk sudut 135 *deg*, puncak kurva RAO terjadi pada frekuensi 1.4 (rad/sec) dan terus bertambah besar nilai RAO *pitch* seiring dengan arah datangnya gelombang pada sudut 180 derajat.

5. Kesimpulan

Tujuan utama dalam penelitian ini adalah membandingkan performa kapal Perintis 750 DWT (desain original) dengan desain modifikasi menggunakan metode pelat datar yang mengacu pada ketentuan spesifikasi teknis kapal asli, serta mencari hasil yang paling optimal dari desain original dan desain termodifikasi dilihat dari hasil analisa perbandingan performa kapal.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan :

1. hasil perhitungan stabilitas untuk model asli dan modifikasi memenuhi (*pass*) standar persyaratan IMO *code on Intact stability A.749 (18), Ch 3-design criteria applicable to all ships IS Code* pada semua kondisi.
2. Hambatan kapal paling rendah dihasilkan oleh desain original hampir disetiap kondisi kapal beroperasi.
3. Analisa olah gerak kapal desain original dan termodifikasi memiliki karakteristis hampir sama pada RMS Roll paling besar terdapat pada sudut 90° yaitu 8.96, 8.99 dan 8.32 derajat. Sedangkan untuk RMS Pitch kapal dengan nilai terbesar terjadi pada head wave 45° yaitu 1.33, 1.37 dan 1.31 derajat untuk semua kapal.
4. Desain Kapal paling optimal setelah dilakukan analisa perbandingan performance meliputi Stabilitas, Hambatan dan Olah gerak kapal adalah desain original dan modifikasi 1.

Saran

Tugas akhir yang disusun penulis ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan tugas akhir ini dapat dikembangkan lagi secara mendalam dengan kajian yang lebih lengkap.

Adapun saran penulis untuk penelitian lebih lanjut (*future research*) antara lain :

1. pada penelitian ini hanya menganalisa performa kapal yang diuji melalui naval architecture commercial software berupa

stabilitas, olah gerak dan tahanan. Pada penelitian selanjutnya dapat diteliti lebih lanjut dengan menganalisa kekuatan dan nilai ekonomis kapal.

DAFTAR PUSAKA

- [1] Saputra herman, 2012. “Analisa Stabilitas dan Kekuatan Transversal Kapal Penumpang 94 Pax Penyebrangan Muara Angke ke Pulau Tidung”. FT-UI:Depok
- [2] “Menristekdikti: Teknologi Kapal Pelat Datar Siap Penuhi Target Produksi 3.500 Kapal Nelayan”. 15 Januari 2017 [://ristekdikti.go.id/menristekdikti-teknologi-kapal-pelat-datar-siap-penuhi-target-produksi-3-500-kapal-nelayan/](http://ristekdikti.go.id/menristekdikti-teknologi-kapal-pelat-datar-siap-penuhi-target-produksi-3-500-kapal-nelayan/) > [diakses 19 Maret 2017 jam 21:30 WIB]
- [3] Derret, D.R dan C.B Barras, 1999. “*Ship Stability for Master and Mates*.” Butterworth-Heineman.
- [4] Wibowo, Fadwi Mukti. 2011. “Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomis Konversi Kapal Tanker Marlina XV 29990 DWT Menjadi Bulk Carrier”. FTK-ITS:Surabaya.
- [5] Molland, A.F. 2008. “*A Guide to Ship Design, Construction and Operation*”. Butterworth - Heinemann: Elsevier.
- [6] Rosmani dan Bochary, Lukman, 2016. “Studi Pengaruh Perubahan Sarat Terhadap Olah Gerak Kapal di Atas Gelombang”. FTK-Unhas: Makassar
- [7] Mulyadi, 2015. “Studi Variabilitas Tinggi dan Periode Gelombang Laut Signifikan di Selat Karimata”. FSM-Universitas Tanjungpura: Pontianak
- [8] Tello, M., Ribeiro E Silva, S., & Guedes Soares, C. 2009. “*Seakeeping performance of fishing vessels in irregular waves*.” *Ocean Engineering*.
- [9] Grigoropoulos, G.J., (2004). “*Hull Form Optimization for Hydrodynamics Performance*”, *Marine Technology, Vol 41*, No. pp 167-182.