

# ANALISA PENGARUH VARIASI BENTUK *HULLFORM* KARENA PERUBAHAN UKURAN UTAMA KAPAL KRI TELUK KUPANG

Dandy Kurniawan<sup>1)</sup>, Samuel<sup>1)</sup>, Kiryanto<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia

Email: [dandykurniawansuwito@hotmail.com](mailto:dandykurniawansuwito@hotmail.com)

## Abstrak

Dewasa ini dalam menunjang Perancangan pada suatu kapal sudah mengalami perubahan yang sangat signifikan dengan adanya software yang berkembang pada dunia perkapalan. Pada bentuk lambung yang akan di lakukan perubahan berdasarkan nilai parameter nilai koefisien blok( $C_b$ )lambung dengan cara mengubah salah satu parameter ukuran utama kapal dengan menggunakan metode *Lackenby*. dengan metode *Lackenby* Bentuk lambung tersebut diubah, dengan mengubah parameter nilai koefisien blok ( $C_b$ ) sebesar  $\pm 10\%$ . , Didapatkan hasil yang paling optimal bahwa hambatan terkecil terdapat pada variasi hullform -5% dengan nilai hambatan total sebesar 229,9Kn pada kecepatan maksimal 16 knot sedangkan ditinjau dari segi olah gerak, untuk kapal variasi ini kurang memenuhi kriteria, Analisa olah gerak pada variasi 5% mempunyai hasil olah gerak yang lebih baik terlihat dari data hasil analisisnya kapal tersebut lebih banyak memenuhi ketetapan kriteria yang sudah ada. Namun apabila di tinjau dari segi hambatannya pada kapal variasi 5% di anggap kurang memenuhi karena mempunyai hambatan yang sangat besar dengan nilai hambatan total 271,8 Kn. kesimpulan yang di dapat dalam penelitian kali ini bahwa nilai  $C_b$  semakin besar dengan nilai WSA semakin kecil begitu juga sebaliknya, dapat berpengaruh pada nilai hambatan dan olah geraknya.

Kata kunci: Optimasi, *Hullform*, Olah gerak dan Hambatan

## Abstract

*Today in supporting the design on a ship has undergone significant changes in the software world that thrives on shipping. On the hull form that will make changes based on the value of the parameter block coefficient ( $C_b$ ) of the ship hull by altering one of the main size parameters of the vessel using Lackenby. the method Lackenby hull form was changed, by changing the parameter block coefficient ( $C_b$ ) of  $\pm 10\%$ . , It was found that the most optimal results contained in the smallest obstacle hullform variation of -5% to the total resistance value of 229,9Kn at a maximum speed of 16 knots, while in terms of navigation, to ship this variation does not meet the criteria, if the motion analysis on variation of 5 % results if the motion had better be seen from the data analysis results are more ships meet the criteria of the existing provisions. However, if in the review of the terms of the obstacles on the vessel variation of 5% is considered not fulfill because it has a very big obstacle to the total resistance value of 271.8 Kn. conclusions can be in the current study that the greater the value of the  $C_b$  value smaller WSA vice versa, can affect the value of resistance, and ship motion.*

*Keywords: Otimization, Hullform, Ships Motion and Hullspeed*

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Dewasa ini dalam menunjang Perancangan pada suatu kapal sudah mengalami perubahan yang sangat signifikan. Pengaruh perbedaan tiap

*hul form* yang akan di teliti juga untuk mendapatkan ukuran utama yang cocok sebagai kontrol desain kapal yang akan dibangun saat ini dan di masa yang akan datang[1] Kaitannya dengan suatu *hullform* akan mempengaruhi pada

bentuk dan ukuran, ukuran-ukuran pokok yang menjadi dasar dari pengukuran kapal adalah panjang (*length*), lebar (*breadth*), tinggi (*depth*) serta sarat (*draft*)[2] Pada bentuk lambung yang akan di lakukan perubahan berdasarkan nilai parameter nilai koefisien blok( $C_b$ )lambung dengan cara mengubah salah satu parameter ukuran utama kapal dengan menggunakan metode *Lackenby*, Pada metode *lackenby* ini sebelumnya sudah diadakan penelitian dimana untuk meneliti pengoptimalan lambung dari segi *seakeeping*[3], penelitian kali ini menitik beratkan pada kajian hambatan dan percobaan olah gerak dimana standar yang digunakan adalah standar kriteria umum *seakeeping* untuk kapal penumpang[4]

## 1.2 Perumusan Masalah

Sebagai mana kita ketahui bahwa mamperhitungkan faktor olah gerak dan nilai suatu hambatannya sebuah kapal sangatlah penting untuk menunjang keselamatan awak kapal dan muatan kapal serta memberikan kenyamanan pada penumpang awak kapal tersebut. Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan maka dapat dibuat perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bentuk seperti apakah yang nantinya mempunyai nilai hambatan yang paling kecil dan manakah yang mempunyai hambatan besar?
2. Bagaimana *seakeeping* kapal terhadap gelombang suatu perairan tersebut ?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah: Menganalisa tiap bentuk *hull form* dengan metode *lackenby* karena adanya perubahan pada nilai  $C_b$  untuk mendapatkan hasil paling optimal pada tiap perubahan *hullform* apabila, ditinjau dari segi hambatan dan olah gerak dengan *displacement* yang sama

## 1.4. Manfaat penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada seluruh pihak terkait, diantaranya :

1. Dapat membantu kelengkapan data kapal KRI Teluk Kupang

2. Mendapatkan bentuk yang optimal pada bagian lambung yang di desain sesuai dengan standar yang ada
3. Dapat mengetahui perbandingan suatu stabilitas kapal dan hambatan pada setiap variasi bentuk lambung

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Deskripsi Umum

Dengan adanya variasi bentuk lambung kapal dengan menggunakan metode yang sudah di tetapkan, yang merubah bentuk lambung awal dan di dimodifikasi dengan mengubah parameter koefisien blok ( $C_b$ )  $\pm 10\%$  dan lebar ( $B$ ) dengan panjang ( $L_{wl}$ ), Sarat ( $T$ ) dan *Displacement* kapal ( $\Delta$ ) tetap[2]. Sehingga di dapatkan bentuk *hullform* paling optimal dengan meninjau dari segi hambatan dan olah gerak dimana pengaruh perbedaan *hullform* kapal dapat terlihat dari hasil yang ada,hal itu dikarenakan misalnya oleh adanya pengaruh gaya dari luar dan dari dalam suatu kapal yang bekerja pada kapal tersebut, sehingga kapal itu akan mempengaruhi dari segi kecepatan dan kenyamanan pada saat di air.

### 2.2 Perhitungan Hambatan Kapal

Hambatan total kapal terdiri dari beberapa komponen hambatan, yang pertama yaitu viscous resistance (hambatan kekentalan) yang merupakan penjumlahan dari friction resistance dengan viscous pressure resistance. Kedua adalah *wave resistance* (hambatan yang diakibatkan oleh gelombang kapal). Metode yang digunakan dalam perhitungan hambatan kali ini adalah *Holtrop*. Hambatan total yang dihitungan antara lain hambatan gesek, hambatan udara, dan hambatan sisa, dan hambatan gelombang.

Perhitungan tahanan kapal ini menggunakan metode *holtrop* (1984), Dalam menghitung tahanan kapal dengan menggunakan metode *holtrop* ada beberapa komponen tahanan yang harus kita tentukan. Komponen – komponen tahanan tersebut antara lain menentukan :  
 Tahanan gesek ( $R_v$ )  
 Tahanan gelombang ( $R_w$ )  
 $R_T = R_v + R_w + R_{CA}$

Perhitungan hubungan model dengan kapal (model ship allowance)  $RC_A$

Dimana :

$\rho$  = Massa jenis air laut  
 =  $1,025 \text{ ton/m}^3$   
 $V$  = Kecepatan dinas kapal  
 $S_{tot}$  = Luas permukaan basah kapal total ( $\text{m}^2$ )  
 $C_f$  = Koefisien tahanan gesek kapal  
 $(1+k)$  = Koefisien karena pengaruh bentuk kapal

Perhitungan koefisien tahanan gesek kapal ( $C_f$ ). Perhitungan luas permukaan basah total ( $S_{tot}$ )

$S_{tot}$  = Total luas permukaan basah lambung kapal & appendages

$S_{tot} = WSA + S_{app}$

Dalam perhitungan tahanan gesek kapal Holtrop menggunakan rumus ITTC (1957), dimana pada rumus ini akan dihitung koefisien tahanan gesek kapal ( $C_f$ ):

$$C_f = \frac{0,075}{(\log Rn - 2)^2}$$

Dimana :

$C_f$  = Koefisien tahanan gesek kapal

$Rn$  = Bilangan Reynold

$$Rn = \frac{V_T \cdot L}{\nu}$$

$V_T$  = Kecepatan Percobaan

$L$  = Panjang kapal yang tercelup air ( $L_{wl}$ )

$\nu$  = Koefisien kekentalan kinematis memperoleh perlakuan dari gelombang kapal mengalami 2 jenis gerakan yaitu :

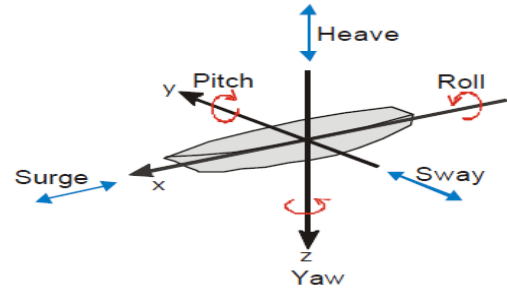
1. Gerakan rotasi, gerak ini merupakan gerak putaran meliputi :

- *rolling*
- *pitching*
- *yawing*

2. Gerakan *linear*, gerak ini merupakan gerak lurus beraturan sesuai dengan sumbunya meliputi:

- *surging*
- *swaying*
- *heaving*

seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini,



Gambar 1 Macam Gerak Kapal Sesuai Sumbunya  
 Keterangan :

1. *Rolling* : gerakan bersudut sesuai dengan sumbu X berupa olengan ke arah *starboard-portside*
2. *Pitching* : gerakan bersudut sesuai dengan sumbu Y berupa anggukan *by the bow-by the stern*
4. *Yawing* : gerakan bersudut sesuai dengan sumbu Z berupa putaran
5. *Surging* : gerakan linear terhadap sumbu X
6. *Swaying* : gerakan linear terhadap sumbu Y
7. *Heaving* : gerakan linear terhadap sumbu Z

### 2.3 Response Amplitudo Operator (RAO)

Respon gerakan kapal terhadap gelombang regular dinyatakan dalam RAO (*Response Amplitudo Operator*), Respon gerakan kapal terhadap gelombang regular digambarkan dalam grafik RAO. Dalam kasus olah gerak kapal (*seakeeping*), respon gerakan kapal akibat gelombang sebisa mungkin diperkecil[5]. Dimana RAO adalah rasio antara 2mplitude gerakan kapal (baik translasi maupun rotasi) terhadap 570mplitude gelombang pada frekuensi tertentu. Metode untuk menghitung nilai RAO pada penelitian ini menggunakan *Strip Theory*.

Respons gerakan RAO untuk gerakan translasi merupakan perbandingan langsung antara 570mplitude gerakan kapal ( $Z_0$ ) dengan 570mplitude gelombang ( $\zeta_0$ ) (keduanya dalam satuan panjang) :

$$RAO = \frac{Z_0}{\zeta_0} \text{ (m/m)}$$

Sedangkan gerakan rotasi merupakan perbandingan 570mplitude gerakan rotasi (dalam

radian) dengan kemiringan gelombang yang merupakan perkalian angka gelombang,  $k_w = \omega^2/g$  dengan 571mplitude gelombang :

$$RAO = \frac{\theta_0}{k_w \zeta_0} = \frac{\theta_0}{(\omega^2/g)\zeta_0} \quad (\text{rad/rad})$$

Pada kenyataannya, gelombang di laut adalah gelombang acak sehingga respon kapal terhadap gelombang regular yang dinyatakan dalam RAO tidak dapat menggambarkan respon kapal pada keadaan sesungguhnya di laut. Untuk mendapatkan respon gerakan kapal terhadap gelombang acak dapat digambarkan dengan 571mplitud respon. Spektrum respon didapatkan dengan mengalikan spectrum gelombang ( $S_\zeta$ ) dengan

$$RAO^2 : \\ S_{\zeta r}(\omega) = RAO^2 \times S_\zeta(\omega)$$

#### a) Spektrum Gelombang

Adapun spektrum gelombang yang digunakan dalam penelitian ini adalah Bretschneider atau ITTC dengan menggunakan dua parameter, yaitu tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan periode rata-rata ( $T_{av}$ ). (Iqbal dan Good, 2015).

$$S_{ITTC \zeta}(\omega) = \frac{A}{\omega^5} \exp\left(\frac{-B}{\omega^4}\right)$$

dimana :

$$\omega = \text{Frekuensi gelombang (rad/s)}$$

$$A = 172,75 \frac{H_s^2}{T_{av}^4}$$

$$B = \frac{691}{T_{av}^4}$$

Spektrum gelombang ( $S_w$ ) yang dihasilkan dari persamaan (4) sangat bergantung pada nilai frekuensi gelombang. Akibat pengaruh kecepatan kapal dan sudut 571mplit gelombang, maka frekuensi gelombang insiden ( $\omega_w$ ) akan berubah menjadi frekuensi gelombang 571mplitud atau *ecounterling wave frequency* ( $\omega_e$ ). Gelombang 571mplitud inilah yang digunakan untuk membuat spectrum gelombang 571mplitud ( $S_e$ ). Untuk dapat menghitung frekuensi gelombang 571mplitud dapat menggunakan :

$$\omega_e = \left(1 - \frac{\omega V}{g} \cos \mu\right)$$

dimana :

$$\omega_e = \text{Frekuensi gelombang 571mplitud (rad/s)}$$

$\omega$  = Frekuensi gelombang (rad/s)

$V$  = Kecepatan kapal (m/s)

$g$  = Percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

beberapa petunjuk lain tentang kemampuan aktivitas personil yang di kaitkan dengan percepatan gerak vertikal [3]

Tabell. Kesesuaian aktivitas dengan percepatan vertikal [6]

0,02g	Passanger on big Cruise liner
0,05g	Passanger on a ferry
0,10g	Normal Work for the crew
0,15g	Heavy work for adapted crew
0,20g	Ligh work for adapted crew
0,275	Simple Works

## 2.4. Lackenby Method

Parameter ini biasanya mencakup panjang, lebar, sarat, koefisien prismatik ( $C_p$ ), (LCB), dan Koefisien Midship ( $C_m$ )[7]. Hal ini akan berpengaruh dalam mengubah salah satu dari variabel desain yang utama sambil mempertahankan nilai konstan untuk sisanya. Dalam metode ini terdapat salah satu variabel yang akan berubah dari semula, seperti dalam penelitian kali ini dimana variabel B atau lebar kapal berubah akibat adanya perubahan dari nilai  $C_b$ . dalam metode pendekatan *Lackenby* hadir untuk variasi lambung, Berikut parameter yang di gunakan untuk variasi [8]

1. ( $C_p$ )
2. (LCB)
3. (pf)
4. (pa)

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Materi Penelitian

Kapal KRI TELUK KUPANG yang dimiliki oleh angkatan laut Indonesia ini beroperasi pada Indonesia bagian timur dengan memiliki ukuran utama kapal yaitu:

#### UKURAN UTAMA KAPAL

*Lpp* : 109,77 m

*Breadth* : 16,40 m

*High* : 7,80 m

*Draft* : 3,30 m

*Passenger* : 359 P

*Owner* : Angkatan Laut Indonesia

*Builder* : PT. Dok Kodja Bahari II

### 3.2 Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan secara langsung dan wawancara, diantaranya:

1. Mengumpulkan data-data ukuran utama kapal, rencana umum.
2. Mengumpulkan gambar-gambar kapal yang ada untuk kelengkapan gambar pada tugas akhir ini.
3. Wawancara kepada pihak kepala proyek pembangunan kapal KRI Teluk Kupang

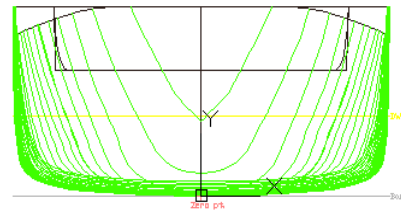
### 3.3 Analisa dan Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan berdasarkan data – data yang diperoleh dari data primer maupun data sekunder. Data yang diperoleh antara lain: rencana umum, lines plan, dan rencana umum. Analisa data tentang pengolahan data dan pemilihan-pemilihan pengerjaannya dengan cara menggunakan *software Autocad* lalu di *export* ke *software Rhinoceros* setelah mendapatkan permodelan 3D lalu di *export* ke *software maxsurf*. Pengolahan data untuk menganalisa kapal akan dimulai dengan tahapan sebagai berikut:

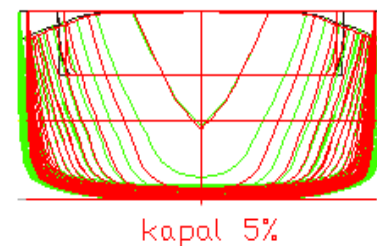
1. Membuat model lambung kapal sesuai dengan gambar rencana garis kapal KRI Teluk Kupang untuk membentuk model 3D dengan menggunakan *software Rhinoceros*.
2. Model yang telah dibuat dengan menggunakan *software autocad* selanjutnya di *export* ke *software Rhinoceros* lalu di *export* ke *software perkapalan* dengan format *file iges surfaces*.
3. *File iges surfaces* di *import* ke *software perkapalan* selanjutnya di isi data kapal, antara lain: *units, grid space(sections, buttocks, dan waterlines), frame of reference, dan zero point*.
4. Dengan menggunakan *software Perkapalan* analisa hambatan dan olah gerak pada kapal KRI Teluk Kupang dilakukan, dengan memperhatikan beberapa aspek antara lain:
  - a) Variasi ukuran utama kapal untuk mendapatkan perbandingan yang akan di analisa agar mengetahui hasil olah gerak dan hambatannya
  - b) Criteria yang akan digunakan dalam menganalisa olah geraks kapal menggunakan *Nordfosk*.

Dengan menggunakan *software perkapalan* perancangan *hull form* KRI Teluk Kupang

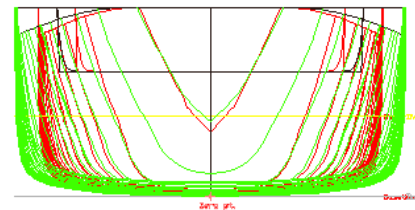
dilakukan, dengan memperhatikan beberapa aspek antara lain nilai  $C_b$  dan Lebar (B) dari kapal dengan berpatokan pada nilai *Displacement* kapal sehingga pada kali ini penggunaan metode *lackenby* sangat berpengaruh dalam mengubah tiap variasinya. Berikut contoh model kapal normal dan kapal yang sudah mengalami variasi *hullform*, sehingga terlihat pada gambar kapal normal yang di tunjukan warna hijau sedangkan kapal yang mengalami variasi ditunjukan dengan warna merah.



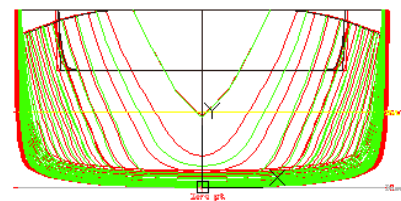
Gambar 3. Bentuk hullform normal



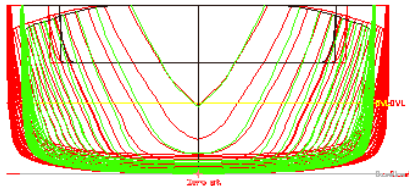
Gambar 4. Kapal normal+Cb 5%



Gambar 5. Kapal normal+Cb 10%



Gambar 6. Kapal normal+Cb -5%



kapal -10%

Gambar 7. Kapal normal+Cb -10%

5. berikut ini adalah tabel hasil analisa setelah adanya variasi pada bentuk *hullform* berdasarkan metode *Lackenby* yang sudah di tetapkan dimana merubah tiap variasi sebesar  $\pm 10\%$

Tabel 1 Variasi  $\pm 10\%$

	10%	-5%	Kapal Normal	5%	10%
Block coeff. (Cb)	0,63	0,67	0,7	0,74	0,78

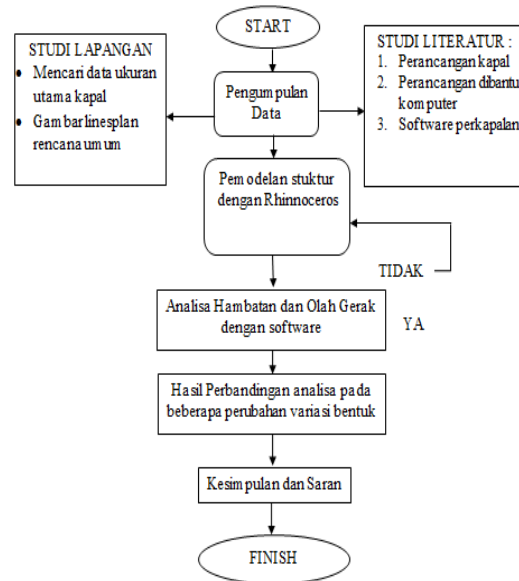
Secara umum proses modifikasi yang akan dilakukan adalah merubah bentuk dari lambung model sebelumnya. Dalam varian bentuk lambung tidak mengacu pada perubahan yang besar dari *displacement* (Cb) dimana mengacu pada ketentuan perubahan sebesar  $\pm 10\%$  dari kapal asli

Tabel 2 Variasi pengaruh Cb

	-10%	-5%	Kapal Normal	5%	10%
Breadth	18,34	19,27	16,40	15,63	16,75
Cp	0,69	0,72	0,76	0,80	0,85
WSA	1.815	1.794	1.770	1.758	1.756

Dimana dengan acuan merubah ukuran  $\pm 10\%$  Cb pada kapal tanpa adanya perubahan pada *displacement*, sehingga adanya suatu parameter yang pasti akan berubah mengikuti perubahan Cb. Parameter tersebut adalah ukuran lebar kapal (B), Cp dan nilai suatu WSA pada kapal.

### 3.4 Diagram Alir pengerjaan



Gambar 8. Diagram Alir

## 4.PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

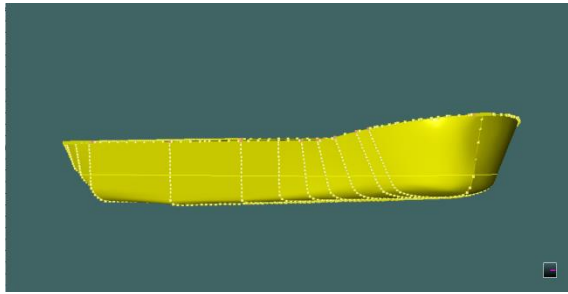
### 4.1 Data Kapal

Kapal KRI TELUK KUPANG yang dimiliki oleh angkatan laut Indonesia ini beroperasi pada Indonesia bagian timur dengan memiliki ukuran utama kapal

### UKURAN UTAMA KAPAL

<i>Lpp</i>	: 109,77 m
<i>Breadth</i>	: 16,40 m
<i>High</i>	: 7,80 m
<i>Draft</i>	: 3,30 m
<i>Passenger</i>	: 359 P

Sebelum di lakukan analisa untuk mengetahui hasil hambatan dan olah gerak, yang pertama adalah merancang suatu kapal dengan menggunakan software perancangan *rhinnoceros*. dengan menggunakan linesplan dan rancangan umum kapal yang akan di bangun, maka dapat di hasilkan gambar visual secara 3 Dimensi. Sehingga di dapatkan hasil perancangan sesuai kapal aslinya apabila setelah selesai di bangun, bisa kita lihat dari sudut yang berbeda dimana bermanfaat untuk mengetahui dan memberikan gambaran untuk kapal yang akan di bangun hingga selesai.



Gambar 9. Tampilan model dengan menggunakan program maxsurf

Pada tahap selanjutnya kapal yang sudah di rancang dengan menggunakan software perancangan rhinoceros di import ke dalam software analisa maxsurf, untuk mendapatkan nilai hasil analisa hambatan dan olah gerak pada kapal tersebut. Sehingga dalam tahap ini dapat menjadi referensi hasil nilai yang di analisa untuk bahan acuan di dalam perancangannya. Pada hasil analisa hidrostatis di gunakan acuan variasi dengan menggunakan metode Lackenby, dimana pada metode ini merubah lebar,  $C_b$ ,  $C_p$  sebesar -10%, -5%, 5%, dan 10% dengan mengunci pada bagian *displacement*

#### 4.3 Hasil Analisa Hidrostatik

Analisa karakteristik hidrostatik kapal dilakukan dengan menggunakan software *Rhinoceros* untuk pemodelan 3D dan software *Hydromax* untuk menganalisa karakteristik hidrostatik kapal. Ini adalah hasil hidrostatik dari kapal normal sebelum adanya perubahan bentuk *hullform*

##### 4.3.1 Perhitungan Berat Kapal Kosong

Untuk menentukan berat kapal kosong kapal KRI TELUK KUPANG maka perlu dicari *displacement* lebih dahulu.

$$LWT = Displacement - DWT$$

##### 4.3.2 Berat Muatan Kapal

Jumlah muatan kapal KRI TELUK KUPANG yang telah direncanakan sebesar 2097 ton

$$\text{Jadi } LWT = Displacement - DWT$$

$$= 4514 \text{ ton} - 2097,122 \text{ ton}$$

$$= 2417 \text{ ton}$$

#### 4.4 Resistance Calculation

Hambatan kapal adalah gaya yang menahan kapal ketika melaju dengan kecepatan dinasnya. Kapal saat berlayar memperoleh hambatan yang berasal dari lambung kapal yang berada dibawah air. Besarnya hambatan ini nantinya dikonversi untuk mendapatkan tenaga yang dibutuhkan oleh sebuah kapal untuk berlayar. Dalam menentukan besarnya hambatan yang terjadi pada kapal ini menggunakan perhitungan manual dan bantuan software *Hull Speed*. Sedangkan metode yang digunakan adalah *Holtrop* dari paket perhitungan pada program *Hull Speed* dengan kecepatan maksimum sampai 16 knots. Berikut ini merupakan nilai hambatan dan power pada KRI TELUK KUPANG dengan efisiensi 60%. Analisa hambatan kapal KRI TELUK KUPANG dengan menggunakan perhitungan metode *Holtrop* pada kondisi even keel.

Pengolahan data untuk menganalisa hambatan kapal akan dimulai dengan tahapan sebagai berikut:

1. Mengatur metode yang di gunakan
  2. Mengatur efiseinsi sebesar 60% pada kapal tersebut di software
  3. Analisa hambatan dilakukan dengan menggunakan perhitungan yang terdapat pada software dan di bantu dengan perhitungan secara manual
  4. Nilai di dapat dari tiap variasi *hullform*
- Berikut ini adalah tabel hasil analisa hambatan pada kapal normal

Tabel 2. hasil analisa hambatan kapal normal

Speed	Kn	Kw
0	--	--
4	11.2	22
8	42.0	172,68
12	107.3	662,21
16	258.6	2.128,94

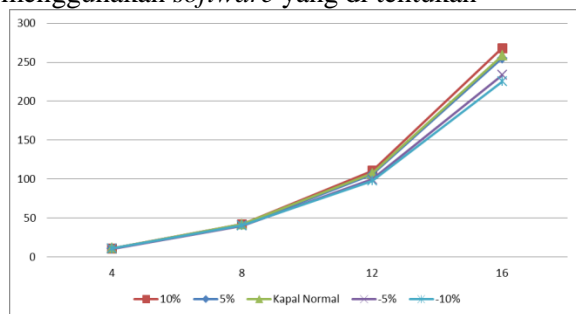
Hasil pada analisa kapal yang asli menunjukkan pada kecepatan maksimum 16 knot kapal memerlukan power sebesar 2128 kW atau 2853 hp dan hambatan maksimum yang diterima kapal pada kecepatan 16 knot sebesar 258,6 kN.

Sehingga di dapat pada hasil perbandingan antara hambatan dari *software* perkapalan dengan perhitungan manual dengan metode *Holtrop* dimana dengan metode *Holtrop* biasa di gunakan untuk kapal monohull sehingga dari perhitungan tersebut yang paling dekat dengan menggunakan metode *Holtrop*

Tabel 3 hasil perhitungan tiap variasi model

Velocit y	Kapal Norma				Kapal Norma 1
	5%	10%	-5%	-10%	
4	10,8	11,1	10,7	10,8	11,2
8	40,8	42 110,	40,2	40,4	42
12	106 255,	6 268,	99,8 233,	97,8 225,	107,3
16	2	1	5	4	258,6

Berikut ini adalah grafik hasil perbandingan hambatan dengan menggunakan metode *holltrop* pada kapal normal sebelum adanya perubahan pada *hullform*, dengan menggunakan *software* dan menggunakan perhitungan secara manual pada grafik ini memperlihatkan perbandingan pada saat kondisi 4,8,12,16 *knot* terlihat dengan menggunakan *software* yang di tentukan



Gambar 10. hasil analisa hambatan

Dari grafik yang ada dapat dilihat nilai dari hasil yang mendapat hambatan terbesar terdapat pada *hullform* 10% dengan warna grafik merah pada gambar dimana pada *hullform* tersebut memiliki nilai sebesar 268,1 Kn pada kecepatan 16 Knot dan terlihat dalam grafik warna merah sedangkan hambatan terkecil pada *hullform* -10% pada grafik yang berwarna biru

dengan nilai hambatan sebesar 225,4 Kn. Dengan adanya perhitungan maka hasil analisa yang sudah di dapat dengan menggunakan *software* dapat di validasikan dengan perhitungan secara manual dimana nilai hasil perhitungan manual pada kecepatan maksimal 16 knot didapatkan sebagai berikut. apabila kita tinjau dari perhitungan hridostatik juga di dapatkan pada nilai  $C_b$  dan  $B$ (Lebar) yang bernilai kecil sangat mempengaruhi dari segi hambatannya, ketika nilai  $C_b$  semakin kecil nilai  $W_{SA}$  akan menjadi semakin besar begitu pula sebaliknya seperti yang sudah di jelaskan dalam rumus hambatan total, dimana nilai suatu  $C_b, C_p, W_{SA}$  dan  $B$ (lebar kapal) menjadi poin dalam rumus tersebut sehingga dapat di simpulkan bahwa perbedaan *hullform* maupun ukuran utama dapat mempengaruhi dari segi hambatannya, karena seperti yang terlihat pada rumus perhitungan tahanan total kapal dimana  $Stot$  adalah nilai dari suatu  $W_{SA} + S_{app}$  pada kapal dan nilai  $L_r$  berpengaruh pada nilai  $C_p, B$  dan syarat suatu kapal.

#### 4.4 Analisa Olah Gerak Kapal

Olah Gerak Kapal (*Seakeeping Performance*) adalah kemampuan suatu kapal untuk tetap bertahan di laut dalam kondisi apapun. Oleh karena itu kemampuan ini jelas merupakan aspek penting dalam hal perancangan kapal (*Ship Design*). Pada perencanaan desain *hull form*, kualitas dari kinerja *hull form* merupakan bagian yang menjelaskan keadaan dimana kapal oleng, atau tenggelam (*Ultimate Loss of Performance*) pada tiap kondisi gelombang dapat diketahui secara pasti bahkan dalam kondisi *extreme* sekalipun.

Dalam penulisan tugas akhir ini titik berat dari uraian olah gerak kapal (*Seakeeping Performance*) adalah gerakan yang hanya mampu direspon oleh kapal yakni, meliputi gerakan *rolling, heaving, pitching*. Perhitungan olah gerak kapal pada tugas akhir ini menggunakan *software*

1. Penggunaan Spektra Gelombang (*Wave Spectrum*) Pada penelitian ini spektra gelombang yang digunakan adalah spektra gelombang JONSWAP. Jenis Spektra ini dikembangkan pada tahun 1968 dengan nama *Joint North Sea Wave Project* (Perairan



Kepulauan/ Tertutup) dan direkomendasikan oleh ITTC 17 th pada tahun 1984.

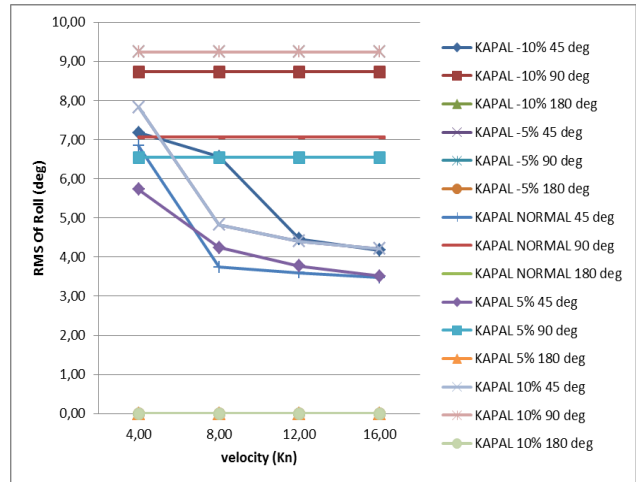
Saat ini formulasi spektra jenis ini banyak digunakan pada analisis bangunan lepas pantai. Dengan asumsi bahwa spektra ini merepresentasikan kondisi tipe gelombang antar samudera dan dianggap paling berbahaya sehingga analisis yang dihasilkan adalah semakin meningkatkan derajat keamanan dari kemampuan bertahan di laut.

## 2. Kondisi Perairan (*Sea Condition*)

Pada penulisan tugas akhir ini kondisi perairan mengacu pada kondisi (*sea state code*) yang telah ditetapkan oleh *World Meteorological Organization* dengan peninjauan pada 3 kondisi laut yaitu ombak kecil (*Slight*), ombak sedang (*Moderate*), dan ombak besar (*Rough*). Sedangkan pada penelitian kali ini kapal KRI TELUK KUPANG beroperasi pada perairan timur Indonesia sehingga data data yang di dapat mencakup perairan wilayah Indonesia bagian timur dimana tinggi gelombang pada daerah tersebut setinggi 3 meter.

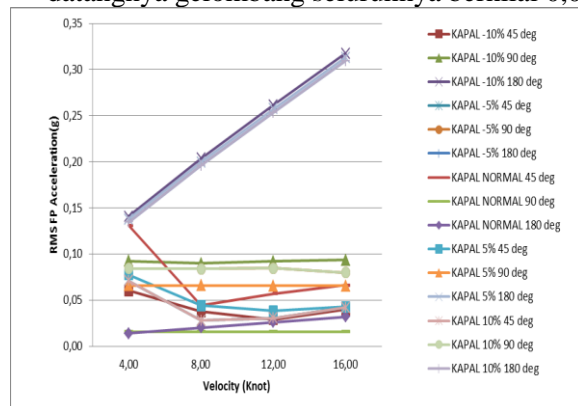
Pengaturan Sudut Masuk Gelombang (*WaveHeading*) Sudut masuk gelombang yang dimaksud disini adalah arah datang gelombang yang diukur dari bagian belakang kapal. Pada penelitian ini sudut masuk gelombang ditinjau dari 4 variasi arah datang gelombang diantaranya adalah (0,45, 90,135, 180) derajat.

Dari data diatas dapat dihitung *seakeeping performance* dari model, dengan menggunakan *software* Perkapalan. Proses *running* dilakukan berdasarkan data-data diatas dan data kecepatan kapal. Pada penelitian ini, standar *seakeeping* yang digunakan adalah standar kriteria umum untuk kapal militer[4] Pada pembahasan *seakeeping performance* ini penulis menggunakan data saat kecepatan kapal 0-16 knot. Hasil proses *running* dengan *software* Perkapalan adalah sebagai berikut :



Grafik 4.7 RMS Of Roll

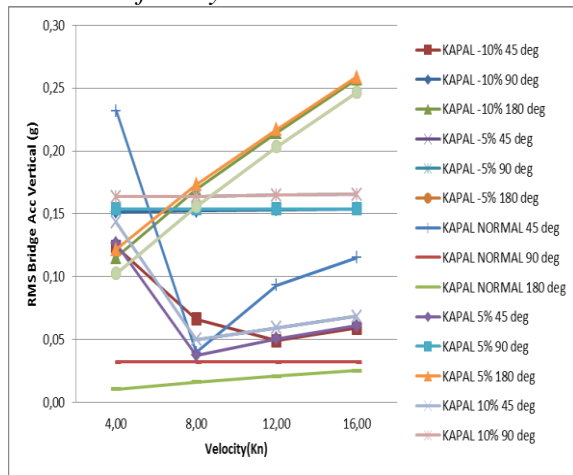
Pada hasil RMS of Roll dari tiap variasi kapal dengan kecepatan 4,8,12 , dan 16 knot yang sudah di tetapkan dengan sudut 45,90, dan 180 derajat arah datangnya gelombang di dapatkan hasil pada seluruh variasi dengan kecepatan 4 knot dengan sudut 45 derajat arah datangnya gelombang seluruhnya tidak memenuhi kriteria yang sudah di tetapkan sebesar 0,6 deg. Sedangkan pada kapal dengan variasi hullform -5% pada kecepatan 4-16 knot dengan sudut 45 derajat dari arah datangnya gelombang tidak memenuhi kriteria yang sudah di tetapkan. Sedangkan pada sudut 180 derajat arah datangnya gelombang seluruhnya bernilai 0,00



Grafik 4.8 RMS FP Acceleration Vertical

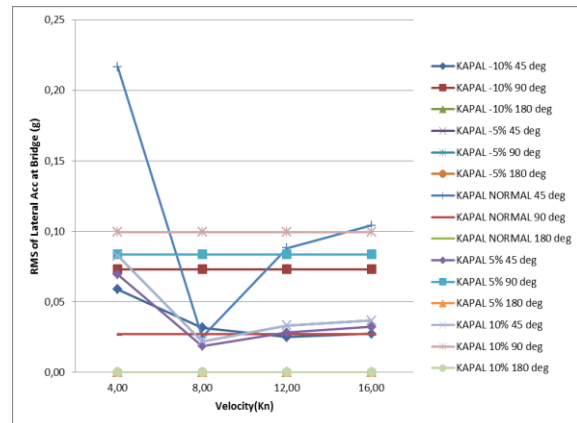
Pada analisa RMS FP Acceleration dengan ketentuan kriteria yang di tetapkan oleh Nordfosk sebesar 0,275 g. Dengan tiap variasi hullform yang sudah ada, dengan variasi kecepatan 4 knot,8 knot, 12 knot, dan 16 knot

yang berbeda dan pada sudut arah datangnya gelombang yang berbeda di dapatkan seluruhnya memenuhi kriteria yang ada namun pada sudut 180 derajat arah datangnya gelombang dengan kecepatan 16 knot didapatkan nilai yang tidak memenuhi kriteria yang sudah ada pada tiap variasi *hullformnya*.



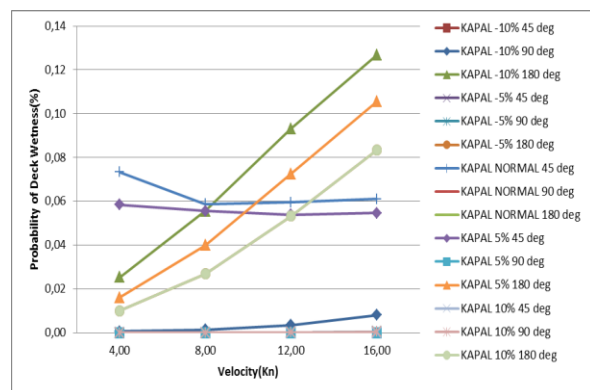
Grafik 4.9 RMS Bridge Acceleration Vertical Pada tabel yang menunjukkan RMS

*Bridge Acceleration Vertical* dimana pada bagian ini, pada sudut arah datangnya gelombang 45 dengan kecepatan 4 knot, 8 knot, 12 knot, dan 16 knot seluruhnya memenuhi kriteria yang sudah di tetapkan dimana kriteria yang sudah di tetapkan sebesar 0,15 g dengan perbedaan tiap variasi, sedangkan untuk nilai pada sudut arah datangnya gelombang 90 derajat seluruhnya mempunyai nilai yang sama dengan rata rata nilai dari hasil percepatan di bagi dengan gravitasi. Sedangkan pada sudut arah datangnya gelombang 180 derajat nilai seluruh variasi memenuhi pada kecepatan 4 knot, dapat di lihat pada kecepatan 8 knot, 12 knot, dan 16 knot pada sudut 180 seluruh variasi tidak memenuhi karena melebihi kriteria yang sudah di tetapkan



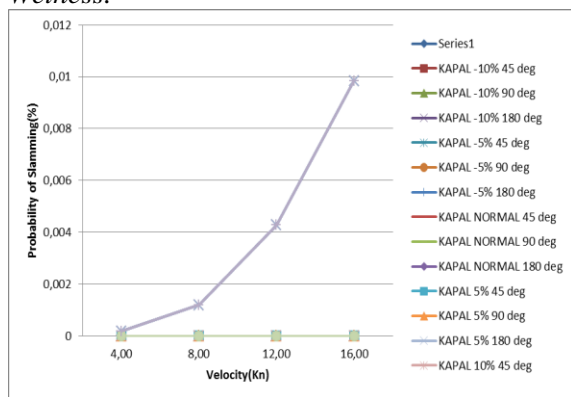
Grafik 4.10 RMS of Lateral Acceleration at Bridge

Ditinjau dari bagian *RMS of Lateral Acceleration* dimana kapal mendapatkan gaya dari eksternal gelombang samping pada bagian *Bridge* dimana kriteria yang sudah di tetapkan sebesar 0,12 g, dimana nilai tersebut mengacu pada perubahan variasi kecepatan, hullform dan nilai sudut datang arahnya gelombang pada tiap perubahannya sebesar 45 derajat, 90 derajat, dan 180 derajat. Apabila ditinjau dari segi analisa seluruh nilai hasil yang didapat pada tiap kecepatan dengan sudut arah datangnya gelombang 90 derajat memenuhi kriteria yang sudah di tetapkan, ditinjau dari sudut 45 derajat atau 180 derajat arah datangnya gelombang seluruhnya memenuhi kriteria pada variasi hullform namun untuk kapal normal pada sudut 45 tidak memnuhi dengan kecepatan 4knot. yang sudah di tetapkan dengan nilai seluruhnya sebesar 0,00 g.



Grafik 4.13 Probability of Deck Wetness

Pada pembahasan olah gerak tidak luput pentingnya kriteria pada *Probability of Deck Wetness* yang sudah di tetapkan oleh *Nordfosk* dimana pada tiap variasi yang dapat di lihat di tabel dan grafik yang ada, dapat ditinjau dari segi hullform,kecepatan, dan sudut arah datangnya gelombang dimana seluruhnya sudah memenuhi kriteria yang di tetapkan sedangkan nilai kriteria yang di tetapkan oleh *Nordfosk* persentase sebesar 5/100 atau setiap 100 kali terjadinya anggukan terjadi deckwetness sebanyak 5 kali apabila kita lihat pada sudut arah datangnya gelombang sebesar 90 derajat dan 180 derajat pada variasi -5% dan 10% paling minim terjadinya *deck wetness*, karena hanya terjadi pada kecepatan 12, dan 16 knot dengan sudut 180 deraajat arah datangnya gelombang. Sehingga aman ditinjau dari ketetapan *Probability of Deck Wetness*.



Grafik 4.13 Probability of Slamming

Ditinjau dari hasil *Probability of Slamming* yang terdapat pada tabel dan grafik di atas, dengan kriteria yang di tetapkan tidak lebih dari 0,03 atau 3% apabila ditinjau persentase pada tiap 100 kali terjadinya anggukan terjadi 3 kali *slamming*, bisa ditinjau dari hasil yang didapatkan pada kapal tiap variasi hullform didapatkan pada kecepatan 16 knot dengan sudut arah datangnya gelombang 180 derajat memiliki nilai yang sama sebesar 1% sehingga dapat terlihat di grafik pada perubahan yang sangat signifikan dari nilai yang konstan sebesar 0% berbeda dengan kapal normal, dimana pada tiap variasi sudut arah datangnya gelombang dan variasi kecepatan semuanya bernilai 0% apabila di tinjau dari tiap variasi *hullform*, kecepatan dan

sudut arah datangnya gelombang semuanya masuk dalam kriteria yang sudah di tetapkan dengan sangat minim terjadinya *slamming* pada tiap kapal.

Dengan adanya suatu metode *lackenby* dimana perubahan mengacu pada nilai  $C_b$  kapal dengan diikuti parameter lainnya berpengaruh pada perubahan nilai koefisien lebar kapal, koefisien perisimatik dan nilai WSA dimana pada olah gerak dengan menggunakan *strip theory* sangat bergantung pada nilai frekuensi gelombang. Akibat pengaruh kecepatan kapal dan sudut amplitudo gelombang, maka frekuensi gelombang insiden ( $\omega_w$ ) akan berubah menjadi frekuensi gelombang amplitudo atau *ecountering wave frequency* ( $\omega_e$ ). Gelombang amplitudo inilah yang digunakan untuk membuat spectrum gelombang amplitudo ( $S_e$ ). Suatu lebar,  $C_p, C_b$ , maupun WSA pada kapal akan berpengaruh ketika menerima datangnya gelombang dari sudut 45,90 dan 180 derajat.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dengan *displacement* yang sama dan variasi bentuk *hullform* tanpa adanya perubahan pada panjang, syarat serta tinggi kapal, didapatkan hasil yang paling optimal bahwa hambatan terkecil terdapat pada variasi *hullform* -10% dengan nilai hambatan total sebesar 225,4 Kn pada kecepatan maksimal 16 knot sedangkan ditinjau dari segi olah gerak kapal ini kurang memenuhi kriteria yang ada. Dalam bentuk lambung yang paling optimal didapatkan dengan memperbesar nilai  $C_b$  sebesar 10%. Respon gerakan dari bentuk lambung tersebut memenuhi semua kriteria umum *seakeeping* untuk gerakan kapal paling minimum namun apabila di tinjau dari segi nilai hambatannya pada kapal dengan variasi 10% memiliki nilai hambatan paling besar dengan nilai hambatan total sebesar 268,1 Kn, kesimpulan yang di dapat dalam penelitian kali ini bahwa nilai  $C_b$  semakin besar dengan nilai WSA semakin kecil begitu juga sebaliknya, dapat berpengaruh pada nilai hambatan dan olah geraknya.

### 5.2 Saran

Pada pembahasan kali ini penulis masih banyak kekurangan dari segi menganalisa dan perhitungannya. 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*) dari segi yang menunjang bahwa perbedaan olah gerak, dan hambatan tidak hanya berpegangan pada variasi *hullform* yang berbeda namun juga banyak yang faktor faktor mempengaruhi nilai tersebut.

Panel Method", *University of New Orleans Theses and Dissertations*. Paper 1188.

#### **6. Daftar Pustaka**

- [1] Paroka, Asri, Misliah, Sarna dan Haswar. (2012). "pengaruh Karakteristik Geometri Terhadap Stabilitas Kapal", Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan, Desember 2012
- [2] Kukner, A. dan Sariöz, K., (1995). "High Speed Hull Form Optimisation for Seakeeping, *Advance in Engineering Software*, Vol 22, pp 179-189
- [3] Djatmiko, E.B., (2012). "Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut Di Atas Gelombang Acak", ITS Press, Surabaya.
- [4] Oslon, J.R., (1978). "An Evaluation of The Seakeeping Qualities of Naval Combants", *Naval Engineers Journal*, Vol 90, No. 1, pp 23-40.
- [5] Grigoropoulos, G.J., (2004). "Hull Form Optimization For Hydrodynamics Performance", *Marine Technology*, Vol 41, No. 4, pp 167-182.
- [6] Riola. J.M; Garcia M, (2006). "Habitability and Personal Space In Seakeeping Behaviour", *Journal of Maritime Research*, Vol. III No.1, pp 41-54
- [7] Lackenby. H, (1950). "On The Systematic Geometrical Variation of Ship Forms, Trans", *INA*, Vol 92, pp 289-315
- [8] Karri, Krishna M., (2010). "Hull Shape Optimization for Wave Resistance Using