



Analisa Pengaruh *Bilge Keel Tipe Bulb* Terhadap Lambung V Dan U Pada Kapal Patroli Dengan Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamic (CFD)*

Agus Saputra¹⁾, Untung Budiarto¹⁾, Good Rindo¹⁾

¹⁾Laboratorium Hidrodinamika

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UndipTembalang, Semarang, Indonesia 50275
e-mail :agus_syahputra00@yahoo.com

Abstrak

Indonesia merupakan Negara Maritim karena Indonesia merupakan Negara kepulauan terbesar di Dunia dan sebagian wilayah Indonesia adalah perairan. Kapal patroli merupakan kapal yang ukurannya relatif kecil didesain untuk menjaga keamanan perairan suatu Negara, untuk menjaga lautan Indonesia yang luas ini dibutuhkan lebih banyak kapal patroli dengan kualitas yang baik pada saat melaju dalam kecepatan yang tinggi. Lunas bilga (*Bilge keel*) adalah suatu plat/sirip pada samping lambung kapal yang biasanya berbentuk flat bar, bentuk V dan berbentuk bulb, plat yang digunakan oleh bilge keel harus sama dengan yang digunakan dengan lambung kapal, fungsi lunas bilga adalah untuk mencegah gerakan rolling kapal yang terlalu ekstrem pada saat di lautan. Pada penelitian ini penulis akan menganalisa apakah lunas bilga berpengaruh pada gerakan rolling kapal dan hambatan pada lambung kapal berbentuk V dan U dengan sudut datang gelombang 90° dan dengan kecepatan 25%, 50%, 75%, dinas dan kecepatan maksimal. Menyangkut penelitian sebelumnya yang menganalisa penggunaan lunas bilga pada kapal patroli yang sama dan lunas bilga tidak berpengaruh pada gerakan rolling kapal. Pada penelitian ini penulis mendapat kesimpulan bahwa lunas bilga berpengaruh pada gerakan rolling kapal pada lambung berbentuk U maupun berbentuk V, dengan hasil lambung V dengan penggunaan bilga 3 m merupakan lunas bilga yang paling efektif dalam mengurangi gerakan rolling kapal sebesar 16% pada kecepatan 75%, sebesar 27% pada kecepatan dinas dan sebesar 37% pada kecepatan maksimal. Lunas bilga jika dipasang pada lambung U dapat mengurangi hambatan gelombang kapal sebesar 2-38% namun menambah hambatan gesek sebesar 0,5-13% pada lambung V lunas bilga bekerja kurang efektif karena penempatan lunas bilga yang kurang optimal sehingga menambah hambatan gelombang kapal sebesar 1-40%.

Kata Kunci : Lunas Bilga, Kapal Patroli, Olah Gerak Kapal, Hambatan Kapal

1. PENDAHULUAN

Kapal patroli adalah kapal yang berukuran relatif kecil yang didesain untuk menjaga keamanan perairan suatu Negara. Kapal patroli merupakan kapal yang sangat dibutuhkan di Indonesia untuk menjaga keamanan dan kekayaan alam lautan Indonesia. Oleh karena itu, dibutuhkan kapal patroli dengan kemampuan yang maksimal pada saat di lautan.

Pada penelitian sebelumnya pada kapal yang sama didapat bahwa kapal patroli dipasang lunas bilga dengan flat bar tidak berpengaruh terhadap gerakan *rolling* kapal dengan hasil 4,3° pada sudut datang gelombang 90°[1], sedangkan pada

penelitian lainnya mendapatkan kesimpulan bahwa lunas bilga dapat mengurangi gerakan *Rolling* kapal sebesar 20-30% dengan menggunakan pengujian *towing tank* 50x3x2 m [2], dan pada penelitian lainnya lunas bilga bentukan *bulb* dapat mengurangi *Rolling* kapal pada sudut datang gelombang 90° sebesar 2,12%[3]. Oleh karena itu, penulis ingin memastikan apakah lunas bilga hanya efektif dipasang pada lambung kapal berbentuk U dan tidak berpengaruh pada lambung V dengan *Chine* atau hasil penelitian pertama yang menggunakan lunas bilga dengan bentuk plat kurang efektif dalam mengurangi gerakan *rolling* kapal pada sudut datang 90°.

Berdasarkan permasalahan diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perbandingan nilai gerakan *rolling* setelah dipasang lunas bilga pada lambung kapal patroli yang berbeda, mengetahui perbandingan nilai hambatan kapal patroli dengan tipe lambung yang berbeda setelah dipasang lunas bilga dan mengetahui apakah lunas bilga hanya efektif dipasang pada lambung yang berbentuk U atau *Round Hull*.

2. METODE

2.1. Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini penulis memiliki data primer berupa ukuran utama kapal patroli sebagai berikut:

- a. LOA : 14,10 m
- b. Lwl : 12,00 m
- c. B : 3,200 m
- d. H : 1,900 m
- e. T : 0,750 m
- f. Cb : 0,5515
- g. Kecepatan Dinas : 25 knot

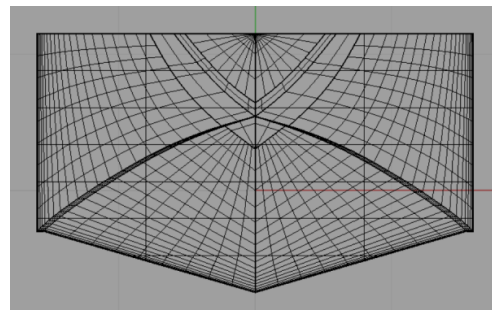
2.2. Parameter Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada variasi dua model lambung yang berbentuk U dan V serta 5 variasi kecepatan (25%, 50%, 75%, dinas dan maksimal). Penelitian dimaksud agar kita mengetahui apakah lunas bilga berpengaruh pada lambung berbentuk U dan V.

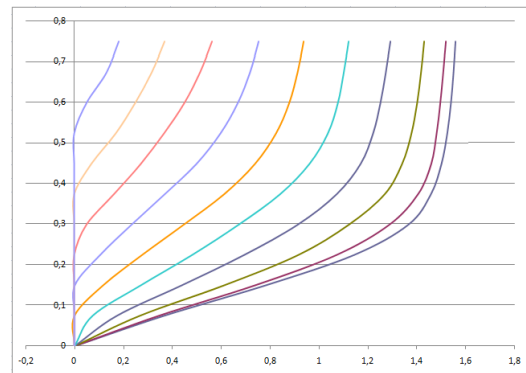
- a. Parameter Tetap
 - Data primer berupa ukuran utama kapal patroli
 - Tebal lunas bilga 6 mm[4]
 - Lebar lunas bilga 30 cm[5]
 - Sudut lunas bilga 45°
 - Lunas bilga berbentuk *bulb*
 - Sudut gelombang 90°
- b. Parameter Tidak Tetap
 - Panjang lunas bilga (3, 4 dan 6 m)
 - Lambung kapal (Bentuk U dan V)
 - Tinggi gelombang 0,875, 1,875, 3,25m
 - Periode rata-rata 7,5 8,8, 9,7s

2.3. Pembuatan Model & Lambung Kapal

Dari data kapal patroli lambung V yang kita punya dibuat lambung kapal patroli baru yang berbentuk U dengan parameter tetap displasmen kapal patroli yang lama.



Gambar 1. Lambung V



Gambar 2. Lambung U

Tabel 1. Perhitungan Volume *Round Hull*

STATION	FS	LUASAN	PERKALIAN
0	1	0.9026275	0.9026275
1	4	0.9026275	3.61051
2	1	0.9026275	0.9026275
2	1	0.9026275	0.9026275
3	4	0.9026275	3.61051
4	1	0.9026275	0.9026275
4	1	0.9026275	0.9026275
5	4	0.9026275	3.61051
6	1	0.9026275	0.9026275
6	1	0.9026275	0.9026275
7	4	0.9026275	3.61051
8	1	0.9026275	0.9026275
8	1	0.9026275	0.9026275
9	4	0.9026275	3.61051
10	1	0.9026275	0.9026275
10	1	0.9026275	0.9026275
11	4	0.86858	3.47432
12	1	0.78503	0.78503
12	1	0.78503	0.78503
13	4	0.66466	2.65864
14	1	0.529695	0.529695
14	1	0.529695	0.529695
15	4	0.39481	1.57924
16	1	0.267125	0.267125
16	1	0.267125	0.267125
17	4	0.156645	0.62658
18	1	0.073285	0.073285
18	1	0.073285	0.073285
19	4	0.020225	0.0809
20	1	0	0
		SIGMA	39.7114025
		VOLUME	15.884561

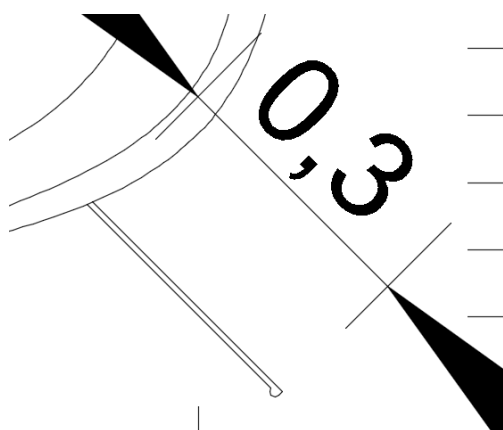
Tabel 2. Perbandingan Volume

Item	Round Hull	Chine Hull
Volume	15,8845 m ³	15,8837 m ³

Pembuatan model selanjutnya dilakukan di software *Autocad* 2017 untuk memastikan apakah lambung kapal sudah dalam kondisi *streamline* selanjutnya model kapal dilanjutkan di software *Rhinoceros* versi 4.

2.4. Pembuatan Lunas Bilga

Pertama-tama membuat model lunas bilga pada *Autocad* terlebih dahulu dengan ukuran yang kita inginkan dalam penelitian ini penulis akan menggunakan ukuran lunas bilga dengan lebar 30 cm dan dengan ketebalan 6 mm dimana ukuran plat sisi lambung kapal dengan ketebalan lunas bilga sama, panjang lunas bilga yang digunakan yaitu (25-50%) dari $L[5]$ kapal dan $0,6 \times C_b \times L[6]$



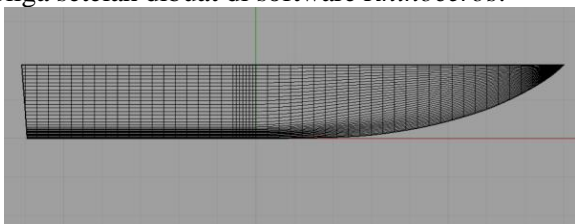
Gambar 3. Lunas Bilga

Setelah selesai membuat lunas bilga pada *Autocad* selanjutnya membuat model lunas bilga di software *Rhinoceros*.

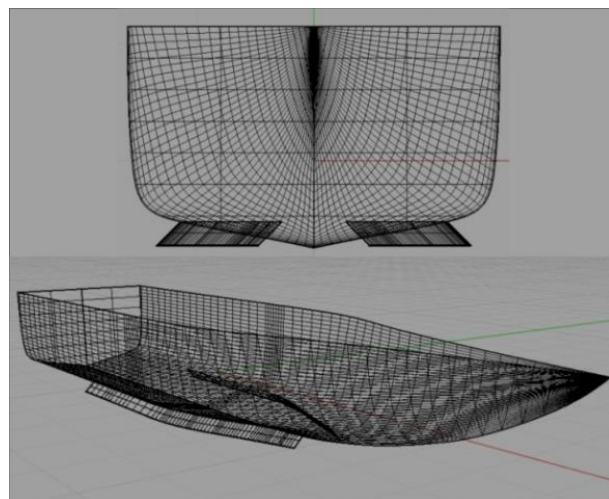
Tabel 3 Rencana Model Lunas Bilga

Nama Model	Panjang Lunas Bilga
Lambung U (Model 1)	Tanpa Lunas Bilga
Lambung U (Model 2)	6 meter
Lambung U (Model 3)	4 meter
Lambung U (Model 4)	3 meter
Lambung V (Model 5)	Tanpa Lunas Bilga
Lambung V (Model 6)	6 meter
Lambung V (Model 7)	4 meter
Lambung V (Model 8)	3 meter

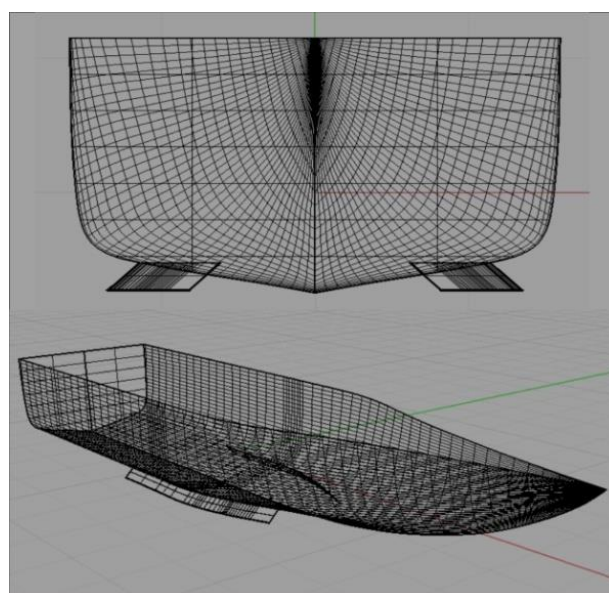
Berikut adalah gambar-gambar model lunas bilga setelah dibuat di software *Rhinoceros*.



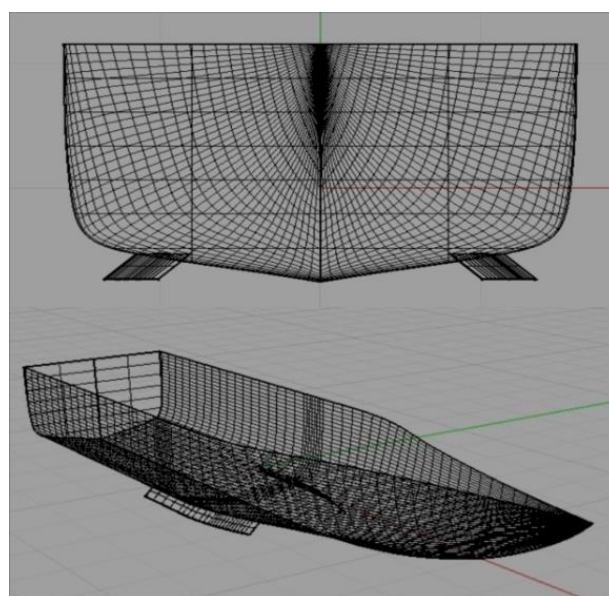
Gambar 4. Model 1



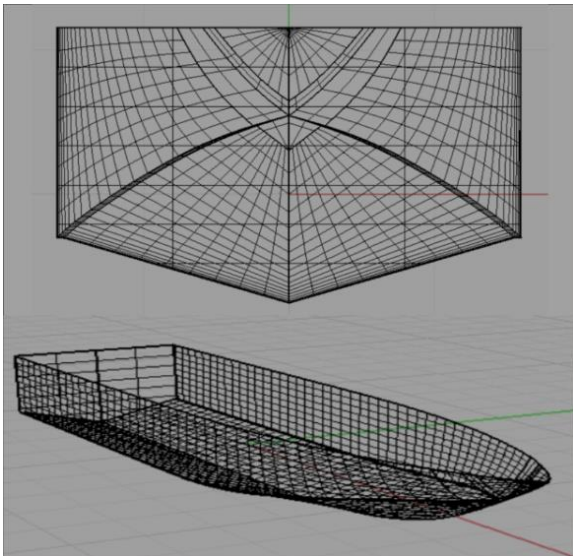
Gambar 5. Model 2



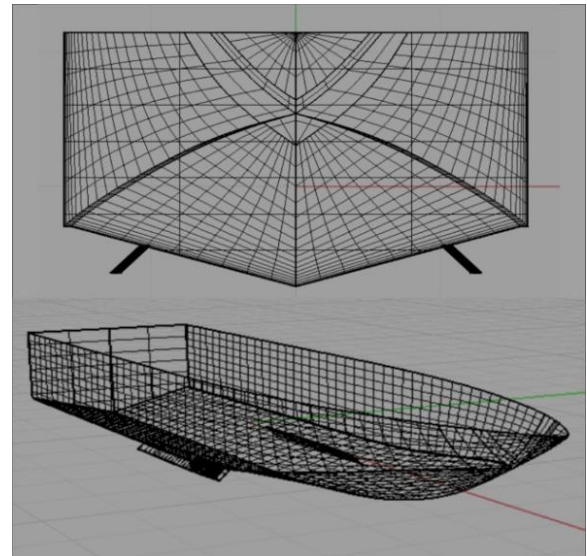
Gambar 6. Model 3



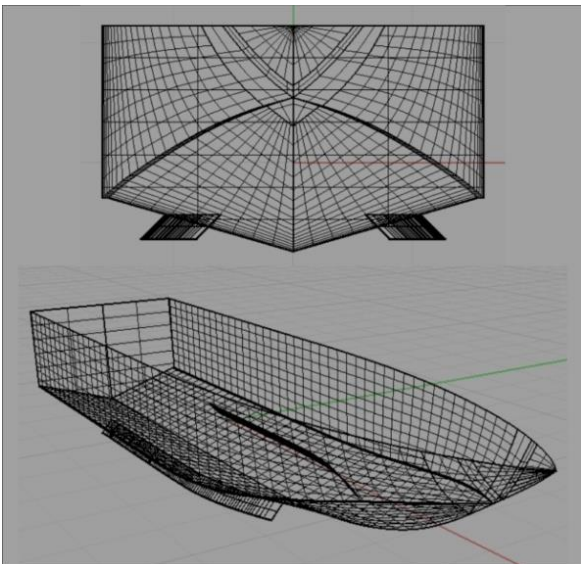
Gambar 7. Model 4



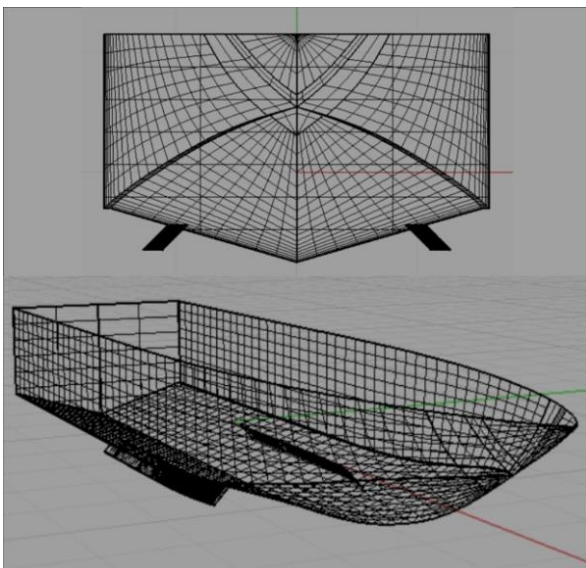
Gambar 8. Model 5



Gambar 11. Model 8



Gambar 9. Model 6



Gambar 10. Model 7

2.5. Response Amplitude Operator (RAO)

Respon gerakan kapal terhadap gelombang reguler dinyatakan dalam RAO (*Response Amplitude Operator*), dimana RAO adalah rasio antara amplitudo gerakan kapal (baik translasi maupun rotasi) terhadap amplitudo gelombang pada frekuensi tertentu. Metode untuk menghitung nilai RAO pada penelitian ini menggunakan software ANSYS AQWA[7].

Pada kenyataannya, gelombang di laut adalah gelombang acak sehingga respon kapal terhadap gelombang reguler 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 spektrum respon didapatkan dengan mengalikan Spektrum Gelombang (S_{ζ}) dengan RAO^2 .

$$S_{\xi}(\omega) = RAO^2 \times S_{\zeta}(\omega) \quad (1)$$

2.6. Spektrum Gelombang

Adapun spektrum gelombang yang digunakan dalam penelitian ini adalah Bretschneider atau ITTC sesuai dengan persamaan 2. Tinggi gelombang signifikan (H_s) yang digunakan adalah 0,875 m dengan periode rata-rata (T_{ave}) 7,5 detik. Kategori perairan ini adalah *Slight Water* atau termasuk pada *Sea State 3*[7].

Tabel 3. Bretschneider *Sea State*

Jenis Perairan	Tinggi Gel.	Periode rata ²
<i>Slight Water</i>	0,875 m	7,5 s
<i>Moderate Water</i>	1,875 m	8,80 s
<i>Rough Water</i>	3,25 m	9,7 s

$$S_{ITTC\zeta}(\omega) = \frac{A}{\omega^5} \exp\left(\frac{-B}{\omega^4}\right) \quad (2)$$

dimana:

ω = frekuensi gelombang (rad/s)

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

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

Spektrum gelombang (S_w) yang didapat dari persamaan 2 sangat bergantung pada nilai frekuensi gelombang. Akibat pengaruh kecepatan kapal dan sudut datang gelombang, maka frekuensi gelombang insiden (ω_w) akan berubah menjadi frekuensi gelombang papasan atau *encountering wave frequency* (ω_e). Gelombang papasan inilah yang digunakan untuk membuat spektrum gelombang papasan (S_e). Untuk menghitung frekuensi gelombang papasan dapat menggunakan persamaan 3.

$$\omega_e = \omega \left(1 - \frac{\omega V}{g} \cos\mu\right) \quad (3)$$

dimana:

ω_e = frekuensi gelombang papasan (rad/s)

ω_w = frekuensi gelombang (rad/s)

V = kecepatan kapal (m/s)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

2.7. Root Mean Square (RMS)

Luasan dibawah kurva spektrum respons dinyatakan dalam m_0 (lihat persamaan 4). Jika nilai akar kuadrat atau RMS dari masing-masing amplitudo gerakan (ζ) dinyatakan dalam $\sqrt{m_0}$ maka untuk mendapatkan nilai rata-rata amplitudo dinyatakan dalam persamaan 5. Kemudian untuk mendapatkan amplitudo signifikan atau disebut dengan rata-rata dari 1/3 amplitudo tertinggi dinyatakan dalam persamaan 6[7].

$$m_0 = \int_0^\infty S_{\zeta_r}(\omega) d\omega \quad (4)$$

$$(\zeta)_{av} = 1,253 \sqrt{m_0} \quad (5)$$

$$(\zeta)_s = 2 \sqrt{m_0} \quad (6)$$

Persamaan 7 dan 8 merupakan luasan spektrum respon kecepatan dan percepatan yang dinyatakan dalam m_2 dan m_4 . RMS kecepatan dan percepatan dari setiap gerakan tersebut dinyatakan dalam $\sqrt{m_2}$ dan $\sqrt{m_4}$. Selanjutnya metode untuk menghitung kecepatan dan percepatan rata-rata maupun signifikan dapat menggunakan persamaan 5 dan 6 dengan mengganti nilai RMS nya.

$$m_2 = \int_0^\infty \omega^2 S_{\zeta_r}(\omega) d\omega \quad (7)$$

$$m_4 = \int_0^\infty \omega^4 S_{\zeta_r}(\omega) d\omega \quad (8)$$

2.8. Kriteria Rolling Kapal

Hasil perhitungan *rolling* harus dievaluasi dengan menyesuaikan standar kriteria *seakeeping* yang ada tergantung dari jenis kapal tersebut. Pada penelitian kali ini, standar *seakeeping* yang digunakan adalah standar kriteria umum untuk kapal cepat berukuran kecil yang terdapat di tabel dibawah ini[8].

Tabel 4. NORDFORSK *Criteria of Ships* 1987

Deskripsi	Fast Small Craft
RMS of Roll	4,0 deg

2.9. Hambatan Kapal

Hambatan kapal adalah suatu gaya yang bekerja sedemikian rupa sehingga menghambat laju kapal baik badan yang tercelup air maupun badan kapal yang berada diatas air yang dihambat oleh angin. Hambatan kapal terdiri dari:

- Hambatan Gesek (R_f) adalah hambatan yang ditimbulkan oleh dua benda atau lebih bergesekan dan arahnya berlawanan dengan arah gerak benda[9].

$$R_f = \frac{1}{2} \rho \cdot C_f \cdot s \cdot v^2 \quad (9)$$

$$C_f = \frac{0,075}{(\log Re - 2)^2} \quad (10)$$

Dimana :

C_f : Koefisien Hambatan Gesek

s : Luas Permukaan Basah Kapal

Re : Bilangan Reynolds

- Hambatan Viskositas (R_{vis}) adalah hambatan yang terjadi karena adanya efek viskositas fluida. Artinya setiap fluida akan menghasilkan hambatan saat fluida tersebut bergerak atau saat benda lain bergerak melawan arah aliran fluida[9].

$$R_{vis} = \frac{1}{2} \rho \cdot C_{vis} \cdot s \cdot v^2 \quad (11)$$

Dimana:

C_{vis} : Koefisien Hambatan Viskositas

- Hambatan Gelombang (R_w) adalah hambatan yang disebabkan oleh pola gerakan kapal. bagi kapal kapal berkecepatan tinggi hambatan gelombang bisa 50% dari hambatan total[9].

2.10. Froude Number

Bilangan Froude merupakan bilangan yang menunjukkan apakah kapal tergolong kapal lambat, sedang atau cepat [10]. Berikut penggolongan Fn:

- Kapal Lambat : $F_n < 0,20$
- Kapal Sedang : $0,20 < F_n < 0,35$
- Kapal Cepat : $F_n > 0,35$

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g \cdot l}} \quad (12)$$

Dimana:

V : Kecepatan Kapal

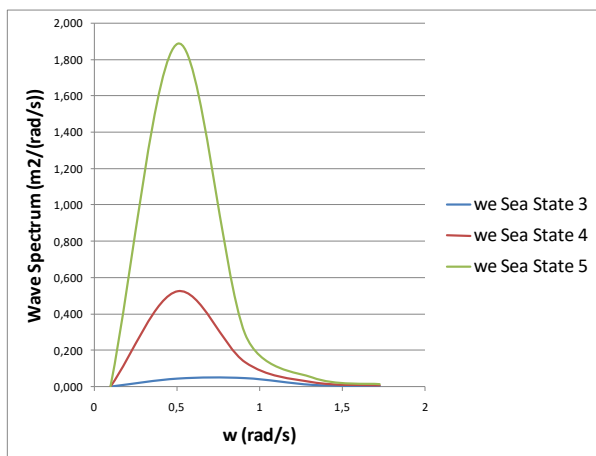
g : Gravitasi

L : Panjang Kapal

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Spektrum Gelombang

Kondisi gelombang di laut yang sebenarnya digambarkan dalam bentuk spektrum gelombang. Hasil perhitungan spektrum gelombang insiden (S_{ww}) dan spektrum gelombang papasan (S_{we}) terdapat pada gambar dibawah dikarenakan pada 90^0 nilai spektrum gelombang insiden dan papasan nilainya sama maka hanya akan disajikan nilai dari frekuensi papasan.



Gambar 12. Spektrum Gelombang

3.2. Hasil RMS Rolling Kapal

Berikut adalah hasil RMS (*Root Mean Square*) rolling kapal patroli yang didapat dengan mengalikan RAO^2 dengan spektrum gelombang papasan, dan setelah itu dicari luasan dibawah kurvanya. Tabel RMS *rolling* disajikan berdasarkan kecepatan 25%, 50%, 75%, Dinas dan Maksimal. Serta dalam 3 kondisi perairan yaitu; *Slight Water*, *Moderate Water* dan *Rough Water*.

Tabel 5. Hasil RMS Rolling Kecepatan 25%

Model	Sea State 3	Sea State 4	Sea State 5
Model 1	4,554 deg	7,249 deg	10,52 deg
Model 2	3,219 deg	5,179 deg	7,565 deg
Model 3	3,498 deg	5,595 deg	8,143 deg
Model 4	3,512 deg	5,627 deg	8,199 deg
Model 5	2,460 deg	4,019 deg	5,954 deg
Model 6	2,725 deg	4,421 deg	6,502 deg
Model 7	2,526 deg	4,135 deg	6,121 deg
Model 8	2,594 deg	4,225 deg	6,233 deg

Tabel 6. Hasil RMS Rolling Kecepatan 50%

Model	Sea State 3	Sea State 4	Sea State 5
Model 1	4,682 deg	7,445 deg	10,79 deg
Model 2	3,646 deg	5,850 deg	8,528 deg
Model 3	4,072 deg	6,489 deg	9,418 deg
Model 4	4,324 deg	6,891 deg	10,00 deg
Model 5	2,691 deg	4,396 deg	6,513 deg
Model 6	2,760 deg	4,502 deg	6,645 deg
Model 7	2,611 deg	4,301 deg	6,391 deg
Model 8	2,628 deg	4,309 deg	6,385 deg

Tabel 7. Hasil RMS Rolling Kecepatan 75%

Model	Sea State 3	Sea State 4	Sea State 5
Model 1	4,896 deg	7,769 deg	11,25 deg
Model 2	4,234 deg	6,754 deg	9,803 deg
Model 3	4,968 deg	7,869 deg	11,36 deg
Model 4	5,150 deg	8,165 deg	11,80 deg
Model 5	3,195 deg	5,162 deg	7,584 deg
Model 6	2,775 deg	4,536 deg	6,704 deg
Model 7	2,700 deg	4,445 deg	6,604 deg
Model 8	2,665 deg	4,375 deg	6,487 deg

Tabel 8. Hasil RMS Rolling Kecepatan Dinas

Model	Sea State 3	Sea State 4	Sea State 5
Model 1	5,348 deg	8,456 deg	12,20 deg
Model 2	4,617 deg	7,341 deg	10,63 deg
Model 3	5,614 deg	8,864 deg	12,77 deg
Model 4	5,869 deg	9,273 deg	13,36 deg
Model 5	3,746 deg	5,998 deg	8,751 deg
Model 6	2,781 deg	4,549 deg	6,726 deg
Model 7	2,761 deg	4,539 deg	6,737 deg
Model 8	2,697 deg	4,426 deg	6,561 deg

Tabel 9. Hasil RMS Rolling Kecepatan Maks

Model	Sea State 3	Sea State 4	Sea State 5
Model 1	5,639 deg	8,886 deg	12,79 deg
Model 2	4,916 deg	7,799 deg	11,27 deg
Model 3	6,153 deg	9,698 deg	13,95 deg
Model 4	6,347 deg	10,01 deg	14,41 deg
Model 5	4,380 deg	6,965 deg	10,10 deg
Model 6	2,788 deg	4,561 deg	6,744 deg
Model 7	2,814 deg	4,620 deg	6,851 deg
Model 8	2,730 deg	4,476 deg	6,632 deg

Dari tabel 5-9 dapat diambil kesimpulan bahwa lambung berbentuk V atau *Chine Hull* memiliki nilai RMS *Rolling* yang lebih kecil

dibandingkan dengan Lambung U atau *Round Hull* dikarenakan kecenderungan Lambung U yang lebih mudah oleng jika tidak ditambahkan *keel* maupun *bilge keel* dan juga karena WSA pada lambung berbentuk *Chine* lebih besar dikarenakan adanya patahan yang menambah luasan permukaan basah kapal.

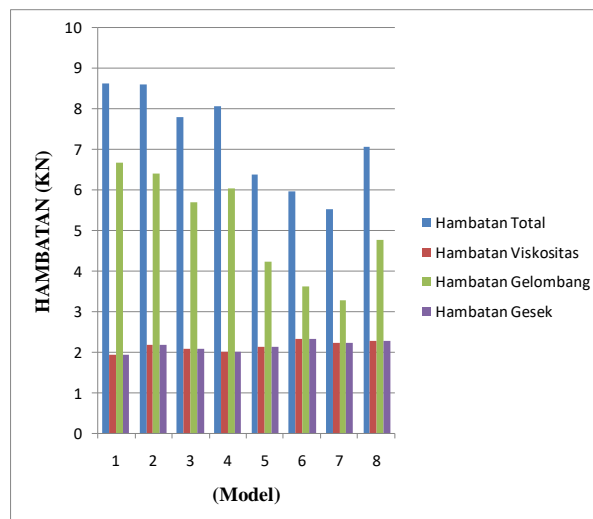
Lambung berbentuk V atau *Chine Hull* pada kecepatan 25% tidak begitu efektif ditambah lunas bilga dan malah menambah RMS *Rolling* kapal sekitar 2-6% dikarenakan posisi peletakan lunas bilga yang kurang efektif dalam mengurangi gerakan *Rolling* kapal. Sedangkan pada kecepatan 50% hanya lunas bilga ukuran 6 meter yang menambah RMS *Rolling* kapal sebesar 2-3% dikarenakan penempatannya yang kurang maksimal. Pada kecepatan 75%-Maksimal lunas bilga bekerja efektif dalam mengurangi gerakan *Rolling* sebesar 11-38% kapal baik pada lunas bilga ukuran 3,4 dan 6 meter.

Lambung berbentuk U atau *Round Hull* tanpa lunas bilga memiliki gerakan *Rolling* yang jauh lebih besar dibandingkan *Chine Hull*, namun setelah dipasang lunas bilga Lambung U atau *Round Hull* dapat mengurangi gerakan *Rolling* kapal secara signifikan. Pada kecepatan 25-50% lunas bilga ukuran 3,4 dan 6 meter efektif mengurangi gerakan *Rolling* kapal sebesar 12-30%, namun pada kecepatan 75%-Maksimal hanya lunas bilga ukuran 6 meter yang mengurangi RMS *Rolling* kapal sebesar 11-13% pada lunas bilga ukuran 3 dan 4 meter malah menambah RMS *Rolling* kapal sebesar 1-9% mungkin dikarenakan penempatan lunas bilga yang masih kurang optimal sehingga menghambat performa kapal.

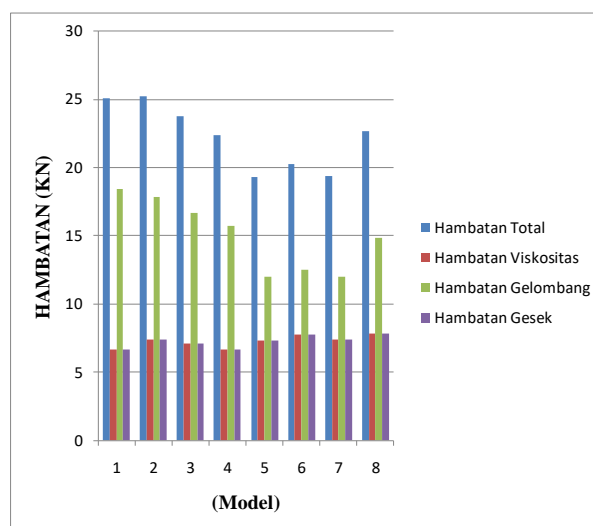
Dari tabel 5-9 dapat diambil kesimpulan bahwa lunas bilga memang dapat mengurangi RMS *Rolling* kapal baik pada lambung U atau *Round Hull* dan lambung V atau *Chine Hull*, walaupun lambung *Chine Hull* sudah memiliki *Chine* yang fungsinya sama dengan lunas bilga yaitu untuk mengurangi gerakan olengan kapal yang berlebihan namun penambahan lunas bilga masih dapat memperkecil olengan kapal tersebut. Namun masih dibutuhkan penelitian lebih lanjut mengenai penempatan lunas bilga agar performa kapal patroli ini dapat lebih maksimal lagi.

3.3. Hasil Hambatan Kapal

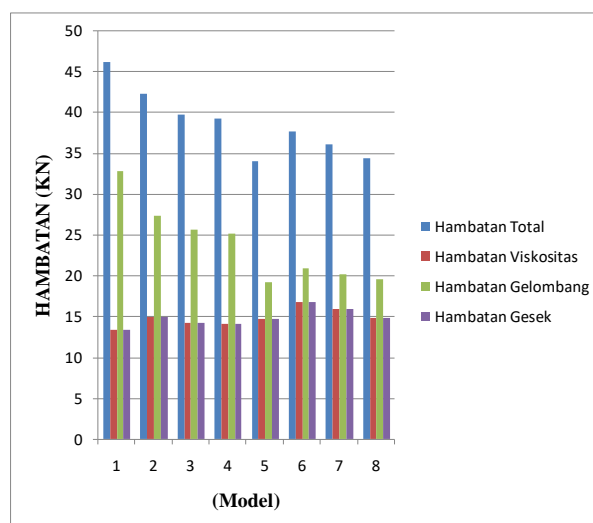
Berikut adalah hasil dari hambatan kapal yang didapat dari software Tydn dengan skala 1:100 :



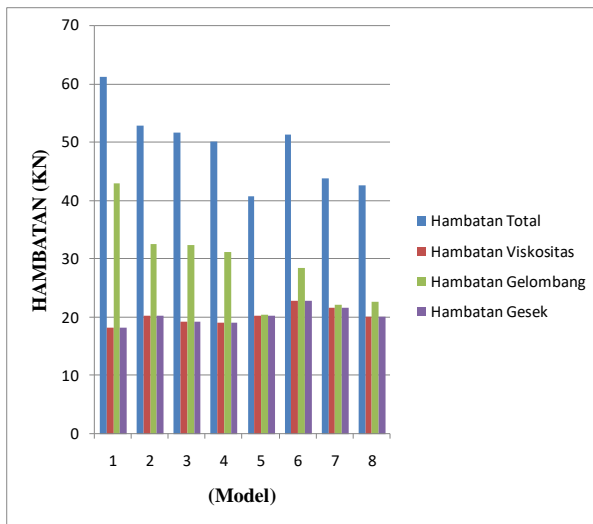
Gambar 13. Hambatan Kecepatan 25%



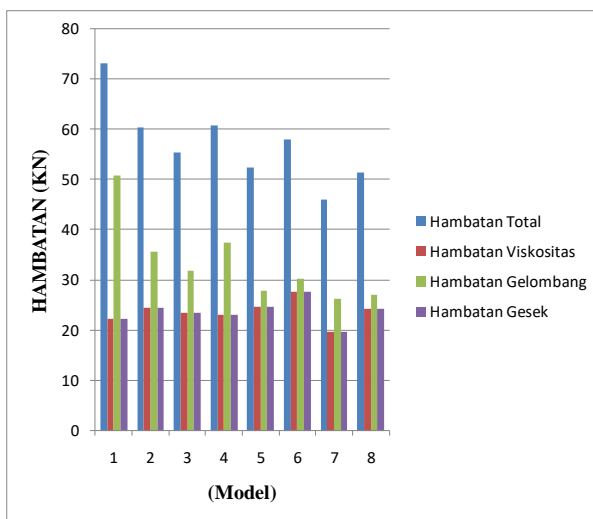
Gambar 14. Hambatan Kecepatan 50%



Gambar 15. Hambatan Kecepatan 75%



Gambar 16. Hambatan Kecepatan Dinas



Gambar 17. Hambatan Kecepatan Maks

Tabel 10. Selisih Hambatan Kapal Kecepatan 25%

Model	Rwave	Rfric	Rtotal
Model 1	-	-	-
Model 2	-4,10%	+12,08%	-0,42%
Model 3	-14,68%	+7,12%	-9,73%
Model 4	-9,35%	+2,85%	-6,58%
Model 5	-	-	-
Model 6	-14,31%	+9,27%	-6,38%
Model 7	-22,11%	+3,91%	-13,36%
Model 8	+13,03%	+6,68%	+10,89%

Tabel 11. Selisih Hambatan Kapal Kecepatan 50%

Model	Rwave	Rfric	Rtotal
Model 1	-	-	-
Model 2	-2,93%	+10,91%	+0,74%
Model 3	-9,41%	+6,36%	-5,23%
Model 4	-14,60%	+0,54%	-10,59%
Model 5	-	-	-
Model 6	+4,22%	+6,22%	+4,98%
Model 7	-0,05%	+1,08%	+0,38%
Model 8	+23,69%	+6,96%	+17,36%

Tabel 12. Selisih Hambatan Kapal Kecepatan 75%

Model	Rwave	Rfric	Rtotal
Model 1	-	-	-
Model 2	-16,64%	+11,57%	-8,47%
Model 3	-22,07%	+6,16%	-13,89%
Model 4	-23,22%	+4,93%	-15,07%
Model 5	-	-	-
Model 6	+8,67%	+14,08%	+11,02%
Model 7	+4,75%	+8,31%	+6,29%
Model 8	+1,82%	+0,25%	+1,14%

Tabel 13. Selisih Hambatan Kapal Kecepatan Dinas

Model	Rwave	Rfric	Rtotal
Model 1	-	-	-
Model 2	-23,99%	+11,11%	-13,52%
Model 3	-24,63%	+5,51%	-15,64%
Model 4	-27,52%	+4,48%	-17,97%
Model 5	-	-	-
Model 6	+39,68%	+12,03%	+25,87%
Model 7	+8,57%	+6,32%	+7,45%
Model 8	+10,92%	-1,30%	+4,82%

Tabel 14. Selisih Hambatan Kapal Kecepatan Maksimal

Model	Rwave	Rfric	Rtotal
Model 1	-	-	-
Model 2	-29,59%	+10,23%	-17,43%
Model 3	-37,15%	+5,76%	-24,04%
Model 4	-26,12%	+3,94%	-16,94%
Model 5	-	-	-
Model 6	+8,81%	+12,17%	+10,38%
Model 7	-5,40%	-19,66%	-12,09%
Model 8	-2,72%	-0,93%	-1,88%

Berdasarkan Gambar 13-17 dan Tabel 10-14 bisa diambil kesimpulan bahwa lunas bilga dapat mengurangi hambatan gelombang kapal pada Lambung U atau *Round Hull* sebesar 2-38% namun lunas bilga juga dapat menambahkan hambatan gesek kapal pada lambung U atau *Round Hull* sebesar 0,5-13% sehingga sebagian hambatan total kapal pada kapal patroli lambung U atau *Round Hull* ini berkurang 0,5-25% dari sebelum ditambah lunas bilga.

Namun lunas bilga tidak bekerja dengan baik pada Lambung V atau *Chine Hull* dikarenakan penempatan lunas bilga yang kurang optimal sehingga memperburuk aliran gelombang pada saat kapal melaju dan menambah hambatan gelombang kapal sebesar 1-40% dan menambah hambatan total kapal sebesar 0,3-25% mungkin dibutuhkan penelitian lebih lanjut lagi mengenai posisi penempatan lunas bilga agar lunas bilga dapat bekerja dengan baik untuk mengurangi gerakan *rolling* kapal dan juga dapat mengurangi hambatan kapal walaupun tidak dalam jumlah yang banyak namun bisa membuat kapal bekerja dengan efektif.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diatas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Model paling efektif dalam mengurangi nilai rolling kapal lambung U adalah Model dengan lunas bilga 6 m dengan nilai pengurangan 13,52% pada kecepatan 75%, 13,67% pada kecepatan Dinas dan 12,82% pada kecepatan Maksimal. Model paling efektif dalam mengurangi nilai rolling kapal lambung V adalah Model dengan lunas bilga 3 m dengan nilai pengurangan 16,59% pada kecepatan 75%, 28,00% pada kecepatan Dinas dan 37,68% pada kecepatan Maksimal.

Lunas bilga jika dipasang pada lambung U atau *Round Hull* dapat mengurangi hambatan gelombang kapal sebesar 2-38% namun juga dapat menambah hambatan gesek kapal sebesar 0,5-13% karena permukaan kapal yang tercelup air semakin bertambah karena adanya penambahan lunas bilga, namun lunas bilga pada lambung V atau *Chine Hull* bekerja kurang efektif dalam mengurangi hambatan kapal baik hambatan gelombang maupun hambatan gesek karena posisi penempatan lunas bilga yang kurang maksimal sehingga tidak maksimal dalam memecah gelombang pada saat kapal melaju.

Lunas bilga dapat mengurangi gerakan *Rolling* kapal baik pada lambung berbentuk U atau *Round Hull* maupun lambung berbentuk V atau *Chine Hull*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karna berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan jurnal penelitian ini. Dan juga jurnal penelitian ini disusun tidak terlepas dari bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, baik dukungan moral maupun materi. Sehingga dalam kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu dan Bapak tercinta dan keluarga yang telah mendukung penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
2. Segenap Dosen Departemen S1 Teknik Perkapalan Fakultas Teknik yang telah memberikan ilmunya selama perkuliahan.
3. Semua karyawan Tata Usaha S1 Teknik Perkapalan yang telah senantiasa melayani dan membantu penulis dalam proses administrasi.
4. Widya Gultom dan Navis kawan perjuangan yang telah mendukung penulis dalam penyelesaian penelitian ini.

5. Dan keluarga S1 Teknik Perkapalan 2014 yang selalu membatu dan mendukung dalam masa perkuliahan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Xantiano.S, "Analisa Pengaruh Geometri Lunas Bilgaterhadap Performa Kapal pada Kapal Patroli Pilot Boat 15 Meter," *Kapal*, vol. 7, no. 2, pp. 1-8, 2017.
- [2] H. Hendratmoko and I. K. A. P. Utama, "Studi Eksperimen Pengaruh Lunas Bilga Terhadap Gerakan Rolling," *Digilib ITS*, vol. 12, no. 3, pp. 94–97, 2012.
- [3] Imam.M, "Pengembangan Geometri Lunas Bilga Untuk Meningkatkan Performa Kapal Ikan Tradisional" *Kapal*, vol. 4, no. 4, pp-756, 2016.
- [4] A. C. Notations. 2017. *Rules for the Classification of Naval Ships Volume 1 Part B*. Perancis: Veristar.
- [5] D. G. M. Watson. 1998. *Practical Ship Design (Elsevier Ocean Engineering) Volume 1*. Skotlandia: Elsevier Science.
- [6] T. C. Smith and W. L. I. Thomas. 1990. *A survey of ship motion reduction devices DTRC/SHD-1338-01*. Maryland: DTIC.
- [7] M. Iqbal, G. Rindo, "Optimasi Bentuk Demihull Kapal Katamaran untuk Meningkatkan kualitas," *Kapal*, vol. 12, no. 1, pp. 19–24, 2015.
- [8] NORDFRSK, "Seakeeping" *Seakeeping Criteriavol.1*, Nordic: 1987.
- [9] D. Darmawan. 2014. *Ship Resistance*. California: AcademiaEdu.
- [10] Rizqi.M, "Perhitungan Tahanan Total Kapal Dengan Metode Gulddhammer & Harvald dan Metode Holtrop" *Digilib ITS*, vol.13, no.3, pp-1, 2013.