

Kajian Pengaruh Gelombang Irreguler Terhadap Added Resistance pada Kapal Patroli Cepat 36 M

M. Ridwan Utina¹

Diterima : 9 Nopember 2011; Di Revisi : 24 Nopember 2011; Disetujui : 2 Desember 2011

Abstrak

Salah satu yang menjadi perhatian penting bagi seorang desainer dan operator kapal adalah bagaimana perilaku kapal di laut dalam kaitan dengan kecepatan kapal yang tetap pada kondisi gelombang. Kondisi laut yang bergelombang dapat menyebabkan terjadinya gerakan kapal dan pada gilirannya gerakan kapal akan menimbulkan tahanan tambahan. Jika masih tersedia kelebihan tenaga mesin, kapal dapat berlayar pada kecepatan tetap. Namun, sampai saat ini tahanan tambahan sering digunakan dalam penambahan tenaga mesin antara 15 dan 30 persen dari tahanan pada kondisi air tenang. Evaluasi yang berkaitan dengan tenaga tambahan, yang dapat dipertanggungjawabkan, dapat diperoleh dari uji model atau metode numerik. Tulisan ini mendiskusikan tentang pengaruh gelombang tidak teratur pada tahanan tambahan pada Kapal Patroli Cepat melalui uji model.

Kata kunci : Hambatan Tambahan, Power mesin, Gelombang tidak teratur.

Abstract

The essential concern of ship designer and operator lies in how a vessel will perform at sea, to wit, in her sustained sea speed under probable environmental conditions. However, even today the added resistance often is accounted for by increasing engine power between 15 and 30 percent to calm-water resistance. Reliable evaluation of added resistance in a rough sea condition allows to quantifying the real overload on the propeller and the encanbe obtained from model test or numerical method. This paper investigate the effect of irregular waves on the added resistance obtained from model test method.

Keywords : *Added Resistance, Engine Power, Irregular Wave*

PENDAHULUAN

Kemampuan untuk mempertahankan kecepatan pada saat berlayar adalah salah satu tujuan utama dalam mendesain alat transportasi laut. Hambatan tambahan atau added resistance kapal menjadi sangat penting karena meningkatnya permintaan dalam kecepatan transportasi. Jika tambahan resistansi kapal tidak diperhitungkan secara benar maka akan dapat menghasilkan penundaan jadwal kapal dan kerugian ekonomi bagi operator dan pengguna.

Aspek-aspek hidrodinamika dari unjuk kerja

kapal seperti unjuk tenaga penggerak, penyebab timbulnya vibrasi, kemampuan manuver, kemampuan seakeeping dan lain sebagainya merupakan faktor yang paling penting untuk diselidiki dengan seksama pada saat tahap perencanaan.

Istilah *Added Resistance* digunakan untuk menggambarkan fenomena kehilangan energi karena adanya gelombang sebagai akibat dari gerakan kapal karena gelombang laut.

Oleh karena itu tahanan kapal dalam kondisi air tenang akan bertambah akibat pengaruh gelombang. Besar tenaga tambahan yang dibutuhkan untuk

1. UPT BPPH – BPPT, Surabaya

menjaga kecepatan service kapal akibat efek lingkungan, seperti gelombang dan angin disebut Sea Margin.

Metode yang paling sederhana, dan masih sangat umum digunakan oleh beberapa desainer, adalah dengan menambahkan 15-30% diatas kebutuhan daya pada kondisi air tenang. Pendekatan empiris ini telah diperoleh dari pengalaman praktis dari operasi kapal serupa pada rute yang diusulkan. Namun dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tahanan tambahan berbeda-beda dan tergantung pada kondisi gelombang laut yang sangat bervariasi dengan tipologi kapal, geometri lambung, karakteristik seakeeping, kondisi lingkungan, dan dapat berkisar dari 0-60%. Jadi, sangat penting untuk menetapkan Margin Laut kapal dalam tahap desain awal seakurat mungkin.

Dalam paper ini penulis akan membahas tentang pengaruh gelombang terhadap penambahan tahanan pada Kapal Patroli Cepat. Pada kapal-kapal Patroli Cepat, kondisi ini akan menimbulkan resiko, karena semakin besarnya tantangan yang akan dihadapi selama pelayaran seperti menghadapi gelombang yang signifikan besarnya.

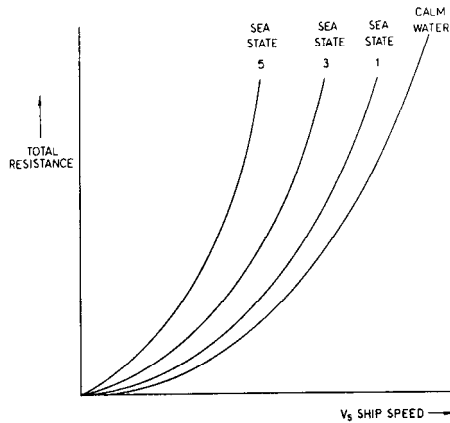
TAHANAN TAMBAHAN

Salah satu gaya yang memegang peranan penting terjadinya pengurangan kecepatan pada kondisi bergelombang adalah gaya yang mengakibatkan tahanan tambahan kapal. Adapun tahanan kapal pada kondisi gelombang bukan merupakan gaya konstan, namun berubah-ubah sesuai dengan gelombang yang dilewati.

Pada prinsipnya untuk tahanan di laut bergelombang, perhatian lebih terfokuskan pada nilai rata-rata, dimana nilai ini dapat diperoleh dengan merata-ratakan perubahan tahanan menurut waktu sebagai mana pada gambar, jika tahanan tambahan akibat gelombang dijumlahkan dengan tahanan pada kondisi air tenang akan diperoleh kurva sebagaimana gambar 1.⁽²⁾ dari gambar jelas terlihat bahwa tahanan ekstra ditimbulkan oleh gelombang akan mempunyai nilai yang cukup besar.

Gelombang dan gerak kapal akan menyebabkan pertambahan tahanan dalam kaitan dengan tahanan pada kondisi air tenang. Secara teoritis dari hasil penelitian ternyata bahwa tahanan tambahan rata-rata pada gelombang reguler sebanding dengan pangkat dua dari tinggi gelombang, dan oleh karenanya sama dberbanding lurus dengan fungsi kwadrat dari

amplitudo gerak.



Gambar 1 Pengaruh gelombang terhadap tahanan total kapal.

Seandainya tahanan tambahan rata-rata merupakan fungsi dari rasio panjang gelombang dan kecepatan kapal, maka fungsi transfer tak berdimensi dari tahanan tambahan dapat dirumuskan sebagai berikut ⁽¹⁾ :

$$\sigma_{Aw} = \frac{R_{Aw}}{\rho g \zeta_a^2 B^2 / L}$$

dimana R_{Aw} adalah tahanan tambahan rata-rata pada gelombang reguler.

Sedangkan untuk gelombang irreguler, tahanan tambahan rata-rata untuk spektrum gelombang $S_{\zeta\zeta}$ tertentu dapat dihitung sebagai berikut : ⁽¹⁾

$$\bar{R}_{Aw} = 2 \rho g \frac{B^2}{L} \int_0^{\infty} \sigma_{Aw}(\omega_e) S_{\zeta\zeta}(\omega_e) d\omega_e$$

BAHAN DAN METODE PENGUJIAN

Model

Untuk pengujian ini , digunakan model dari material yang digunakan untuk membuat konstruksi ini adalah fiber glass. Model dilengkapi dengan persediaan propeller yang ada dengan bangunan atas yang sesuai dengan gambar rancangan umum kapal. Adapun ukuran utama kapal adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Data Ukuran Utama Kapal

	Satuan	Ukuran
L _{pp}	m	33,50
B	m	7,00
T	m	1,60
KG	m	2,58
LCG	m	2,67
GM _T	m	2,10
k _{YY}	m	8,31
k _{XX}	m	2,70
T _o	det	4,50

Sebelum dilakukan pengujian terlebih dahulu dilakukan distribusi berat baik secara memanjang maupun melintang dengan menggunakan data radius girasi. Radius girasi kapal yang diinginkan diperoleh dengan menempatkan beberapa pemberat diatas model sedemikian rupa sehingga diperoleh radius girasi model yang sesuai.

Sebelum dilakukan pengujian, maka terlebih dahulu dilakukan distribusi berat pada model kapal baik secara longitudinal maupun transversal. Hal ini penting karena respon kapal terhadap beban gelombang, yang mempunyai tinggi periode dan arah bervariasi, tidak akan sama untuk setiap kapal.

Distribusi berat memanjang dari model ditentukan terlebih dahulu diatas sistem pendulum bermasa. Radius inersia dari model kapal sebenarnya diperoleh dengan cara meletakkan beban pada tempat yang sudah dihitung sebelumnya sampai kondisi radius inersia kapal sebenarnya.

Sedangkan distribusi berat kapal secara melintang diatur sedemikian rupa sehingga periode natural roll sama dengan nilai teoritis yang diberikan oleh rumus sebagai berikut ⁽¹⁾:

$$T\phi = \frac{2\pi k_{xx}}{\sqrt{g \cdot GM}}$$

dimana :

$T\phi$: periode natural roll dalam detik

k_{xx} : jari-jari girasi roll dalam meter

g : percepatan grafitasi dalam m/det²

GM : tinggi metasenter melintang dalam m

Tinggi metasenter melintang diatur dengan melakukan uji oleng dalam kondisi air tenang.

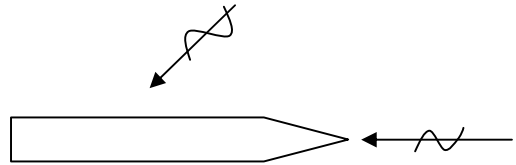
Simulasi Gelombang

Simulasi kondisi gelombang, dilakukan di kolam uji dengan cara menggunakan pembangkit gelombang yang dapat bergerak bersamaan maupun seperti tipe gerak ular. Pembangkit gelombang ini terdiri dari sejumlah flap yang dapat diatur frekwensi maupun simpangannya melalui sebuah komputer.

Simulasi gelombang irreguler diperoleh dengan cara “trial and error” sedemikian rupa sampai distribusi kerapatan energi spektrum memiliki perbandingan yang mendekati dengan distribusi dari kondisi sebenarnya.

Gelombang irreguler 180° (*head seas*) dibangkitkan dengan mengatur pada masing-masing flap dengan *stroke* tetap dan perubahan fase yang konstan sesuai dengan tabel fungsi periode puncak gelombang *irreguler* yang ingin dihasilkan.

Sedangkan gelombang dari depan samping 225° (*bow quartering seas*), dilakukan dengan mengatur fase dari flap pembangkit gelombang di kedua sisi melintang dan memanjang dengan gerakan flap seperti ular sehingga terjadi gelombang diagonal. Adapun arah gelombang relatif terhadap kapal dapat digambarkan gambar 2.



Gambar 2. Sket arah gelombang

Kondisi sea state yang harus disimulasikan disebutkan dalam bentuk tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode rata-rata (T_1) Sedangkan tipe gelombang yang diambil adalah Pierson-Moskowitz (PM) yang diformulasikan sebagai berikut ⁽³⁾

$$S_{\zeta}(\omega) = a \cdot \omega^{-5} \cdot e^{-B \cdot \omega^{-4}}$$

Hasil simulasi gelombang ini akan diplotkan pada suatu diagram yang disebut spektrum gelombang. Diagram ini merupakan fungsi dan distribusi kerapatan energi terhadap frekwensi gelombang.

Adapun arah gelombang yang diuji adalah

gelombang 180° dan 225° ,

Berikut ini adalah kondisi gelombang yang diuji yang dinyatakan dalam Sea State sebagai tabel berikut:

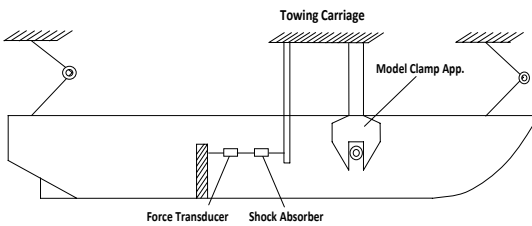
Tabel 2 Spektrum Gelombang Uji

Sea State	H_s	T_1	Spektrum
3	0,90	7,5	P.M
5	3,25	9,7	P.M

Metode Pengujian

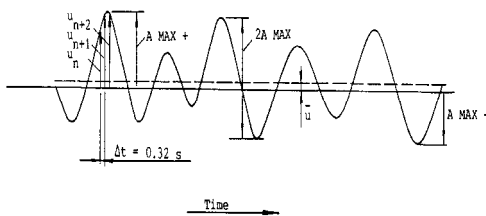
Pengujian yang dilakukan untuk memprediksi tahanan tambahan ini dilaksanakan melalui dua pengujian, yakni pengujian di air tenang dan dalam kondisi bergelombang.

Model kapal bergerak bebas dan dijalankan oleh propeller dan kemudi yang terpasang sehingga kecepatan kapal yang diinginkan tercapai dan arah kapal terkendali (lihat gambar 3). Variasi kecepatan dalam pengujian ini adalah, 15, 20, 30, dan 35 knots.



Gambar 3. Setting-up Pengujian Model

Semua data dari sinyal gerakan kapal yang diukur (heave, roll, dan pitch) dan tahanan kapal pada kondisi gelombang irreguler, dianalisa dan diolah secara statistik dengan besaran-besaran yang diperoleh sebagaimana dibawah :



Gambar. 4. Besaran-besaran dari sinyal irreguler

Hasil rekaman osilasi sinyal dapat digambarkan sebagai pada gambar 4 diatas dimana besaran-besaran yang diperoleh dari analisa statistik adalah sebagai berikut :

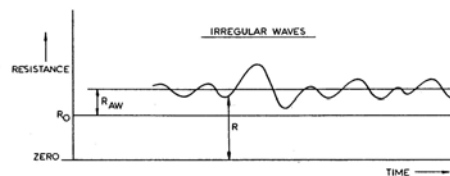
1. Nilai rata-rata
2. Standard deviasi
3. Nilai Maksimum (Max + dan Max -)
4. Amplitudo Ganda Maksimum ($2A_{MAX}$)
5. Nilai Puncak Signifikan ($A_{1/3+}$)
6. Nilai Lembah Signifikan ($A_{1/3-}$)
7. Amplitudo Ganda Maksimum Signifikan ($2A_{1/3}$)

ANALISA HASIL PENGUJIAN

Sebagaimana diketahui bahwa dilaut kapal akan mengalami gerak 6 derajat kebebasan dan semakin ganas gelombangnya semakin besar pula gerak yang diakibatkannya. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa tahanan kapal pada kondisi bergelombang merupakan besaran yang berubah-ubah menurut waktu. Keadaan ini sangat berbeda dalam kondisi air tenang, dimana semua besaran tetap.

Namun dalam pengujian tahanan pada kondisi bergelombang, kecepatan kapal diatur agar konstan, sehingga diperoleh data tahanan kapal yang bervariasi menurut waktu.

Analisa tahanan tambahan (R_{AW}) yang diperoleh dilakukan melalui pengurangan tahanan pada kondisi bergelombang dengan tahanan pada kondisi air tenang (R_0) sebagaimana pada gambar 5.



Gambar 5. Penambahan daya dorong akibat gelombang irreguler

Dari gambar jelas terlihat bahwa daya dorong akan lebih tinggi bila dibandingkan pada kondisi air tenang T_0 , sebab memerlukan gaya dorong T_{AW} lebih untuk menggerakkan kapal. Namun hal ini belum tentu

berlaku untuk gelombang dari arah belakang.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Resistan pada kondisi air tenang

No. Test	Vs	R
	(knots)	(kN)
1	20,0	71,20
2	22,5	93,17
3	25,0	104,56
4	27,5	116,77
5	30,0	130,50
6	32,5	145,76
7	35,0	162,40
8	37,5	180,28
9	40,0	199,26

Pengujian resistan pada kondisi calm water (air tenang) dilakukan pada kecepatan 20 knots sampai 40 knots sebagaimana pada table 3.

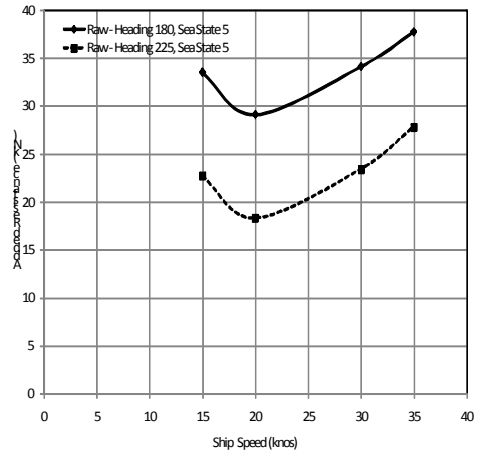
Sedangkan added resistan diperoleh dari hasil pengujian pada kondisi bergelombang dan diperoleh dari hasil pengurangan resistan dengan gelombang dan resistan kondisi air tenang sebagaimana pada table 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Added Resistance

No. Test	Arah	Hs	Tp	Vs	R _{AW}
	deg	(m)	(s)	(knots)	(kN)
1	180	0,9	7,5	15	4,4
2	180	0,9	7,5	20	3,8
3	180	0,9	7,5	30	4,6
4	180	0,9	7,5	35	5,6
5	180	3,25	9,7	15	33,5
6	180	3,25	9,7	20	29,1
7	180	3,25	9,7	30	34,1
8	180	3,25	9,7	35	37,7
9	225	0,9	7,5	15	2,9
10	225	0,9	7,5	20	2,8
11	225	0,9	7,5	30	3,1
12	225	0,9	7,5	35	4,5
13	225	3,25	9,7	15	22,7
14	225	3,25	9,7	20	18,3
15	225	3,25	9,7	30	23,4
16	225	3,25	9,7	35	27,8

Hasil pengukuran sebagaimana diperlihatkan pada gambar 6 dan 7 memperlihatkan bahwa added

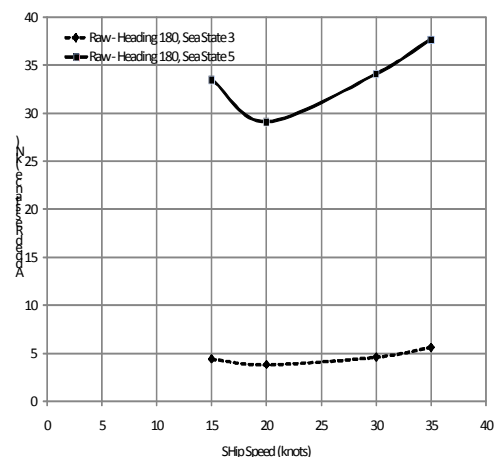
resistance bertambah cukup besar dengan bertambahnya kecepatan kapal khususnya pada kondisi gelombang dari depan (180° dan 225°), kecuali pada kecepatan 20 knots.



Gambar 6. Pengaruh Heading thd Tahanan Tambahan Kapal

Pengaruh sudut arah gelombang (lihat gambar 6) menunjukkan bahwa added resistance pada sudut gelombang 225° lebih kecil dari added resistance dengan sudut arah gelombang 180°.

Sedangkan pada gambar 7 pada halaman lampiran menunjukkan pula bahwa daya dorong tambahan akan bertambah pada kondisi Sea State 5 bila dibanding pada kondisi Sea State 3.



Gambar 7. Pengaruh Sea State thd Tahanan Tambahan Kapal

KESIMPULAN

- a. Besar tahanan tambahan memiliki kaitan erat dengan gerakan pitch kapal yang terjadi.
- b. Arah gelombang dan tinggi gelombang memberikan pengaruh yang besar terhadap terjadinya penambahan tahanan kapal sehingga dibutuhkan daya dorong tambahan untuk dapat mencapai kecepatan kapal yang sama sebagaimana diinginkan.
- c. Pada kondisi gelombang dari depan (head seas), added resistance yang terjadi akibat gelombang Sea State 3 adalah kurang lebih sebesar 3 % Sedangkan pada gelombang Sea State 5 added resistance yang terjadi kurang lebih 20%.
- d. Untuk menentukan daya dorong tambahan sebagai (Sea Margin) yang diperlukan agar kecepatan service kapal, saat berlayar pada kondisi Sea State 5, dapat terpenuhi, dapat digunakan persentasi added resistance sesuai dengan kondisi daerah operasi kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Edward V. Lewis, (1989), *Principle of Naval Architecture*, Vol III, SNAME.
- Lloyd, A. R.J.M, (1989), *Seakeeping Behaviour in Rough Weather*
- NORDFORSK, The Nordic Cooperative Project, (1987), *Seakeeping Performance of Ship, Assessment of Ship Performance in Seaway.*
- Aalbers, A.B. (1990), *Seakeeping Model Test on 36 m High Speed Patrol Craft*, MARIN, The Netherlands