

OPTIMASI HAMBATAN KAPAL TERHADAP SUDUT KEMIRINGAN BOW KAPAL PATROLI 75 M

Bagus Gelis Pratama Putra¹, Aries Sulisetyono²

^{1,2}Pasca Sarjana Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya

¹bagus.gelispp@gmail.com; ²sulisea@na.its.ac.id

ABSTRACT

Applications of fast monohull vessels in the form of patrol ships, coastguards and warships have increased in recent decades. Fast monohull ships have a design to achieve the desired speed. In the manufacture of a ship always pay attention to the design parameters of the planned design as well as the economic side. In terms of hull shape, fast monohull ships have developed by having various configurations. One of the most popular forms of hull configuration lately in the form of 'Ax Bow' designed by Delft University of Technology (TU Delft) and Maritime Research Institute Netherlands (MARIN). The uniqueness of this hull's configuration is its bow shape which is perpendicular to the front resembling an ax that is claimed to have good hydrodynamic performance. In this study, an analysis of the resistance to the shape of the patrol boat's hull with the navigation of the hull angle changes approaching perpendicular to perpendicular. And get the results that the 90° tilt angle in the bow provides the best hydrodynamic aspects among other variations with a total resistance (R_t) of 474.8 kN with the Holtrop method, 604.8 kN with the Compton method and 633.4 kN with the Fung method.

Keywords : Patrols Ship, Axe Bow, Maxsurf Resistance, Total Resistance

ABSTRAK

Aplikasi dari kapal jenis *fast monohull* dalam bentuk kapal patroli, *coastguard*, dan kapal perang semakin meningkat dalam beberapa dekade belakangan ini. Kapal *fast monohull* memiliki desain yang dirancang sedemikian rupa untuk mencapai kecepatan yang diinginkan. Dalam pembuatan sebuah kapal selalu memperhatikan parameter-parameter desain desain yang direncanakan juga pertimbangan sisi ekonomis. Dalam hal bentuk lambung, kapal *fast monohull* sudah berkembang dengan memiliki berbagai macam konfigurasi. Salah satu konfigurasi bentuk lambung yang cukup populer belakangan ini adalah bentuk 'Axe Bow' yang di desain oleh *Delft University of Technology* (TU Delft) dan *Maritime Research Institute Netherlands* (MARIN). Keunikan dari konfigurasi lambung ini adalah bentuk *bow* (haluan)-nya yang tegak lurus kedepan menyerupai kapak yang diklaim memiliki performa hidrodinamis yang baik. Pada penelitian ini dilakukan analisa hambatan terhadap bentuk lambung kapal patroli dengan konfigurasi perubahan sudut lambung yang mendekati tegak lurus hingga tegak lurus. Dan mendapatkan hasil bahwa sudut kemiringan 90° pada bow memberikan aspek hidrodinamis yang paling baik diantara variasi lainnya dengan hambatan total (R_t) senilai 474.8 kN dengan metode *Holtrop*, 604.8 kN dengan metode *Compton* dan 633.4 kN dengan metode *Fung*.

Kata Kunci : Kapal Patroli, Axe Bow, Maxsurf Resistance, Hambatan Total

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang secara geografis terletak diantara dua samudra (Pasifik-Hindia) dan dua benua (Asia-Australia). Dengan fakta geografis yang menjadikannya strategis tersebut, langkah pemerintah menggalakan Indonesia menjadi poros maritim dunia sangatlah tepat. Dengan kondisi yang strategis tersebut, ancaman yang datang ke hadapan pemerintah Indonesia tidaklah sedikit. Oleh karena itu pemerintah mulai memperhatikan sektor keamanan

laut untuk menjaga kedaulatan NKRI dengan cara menambah dan memperbaiki armada yang dimiliki.

Aplikasi dari kapal jenis *fast monohull* dalam bentuk kapal patroli, *coastguard*, dan kapal perang semakin meningkat dalam beberapa dekade belakangan ini. Kapal *fast monohull* memiliki desain yang dirancang sedemikian rupa untuk mencapai kecepatan yang diinginkan. Dalam pembuatan sebuah kapal selalu memperhatikan parameter-parameter desain desain yang direncanakan juga pertimbangan sisi ekonomis.

Ada berbagai macam faktor yang dapat mempengaruhi nilai ekonomis suatu kapal,

diantaranya adalah biaya pembangunan yang rendah, biaya perawatan yang rendah dan juga biaya operasional yang murah. Salah satu cara untuk menjadikan biaya operasional kapal menjadi rendah adalah dengan cara mendesain kapal sehingga memiliki nilai hambatan yang kecil. Nilai hambatan kapal yang kecil akan berpengaruh pada penggunaan bahan baka selama kapal beroperasi.

Dalam hal bentuk lambung, kapal *fast monohull* sudah berkembang dengan memiliki berbagai macam konfigurasi. Salah satu konfigurasi bentuk lambung yang cukup populer belakangan ini adalah bentuk 'Axe Bow' yang di desain oleh *Delft University of Technology* (TU Delft) dan *Maritime Research Institute Netherlands* (MARIN). Keunikan dari konfigurasi lambung ini adalah bentuk *bow* (haluan)-nya yang tegak lurus kedepan menyerupai kapak yang diklaim memiliki performa hidrodinamis yang baik.

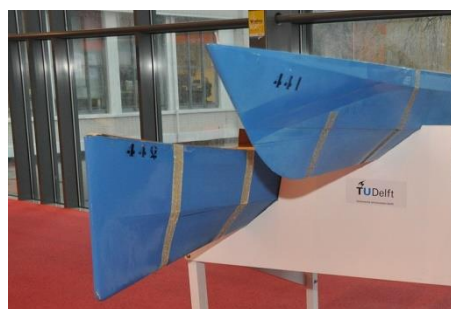
Berdasarkan hal tersebut, penulis mencoba melakukan analisa hambatan terhadap bentuk lambung kapal patroli tipe *fast displacement monohull* dengan bentuk lambung konvensional yang biasa digunakan pada kebanyakan kapal, dibandingkan dengan konfigurasi perubahan sudut lambung yang mendekati tegak lurus hingga tegak lurus. Dalam melakukan analisisnya penulis menggunakan perangkat lunak *Maxsurf Resistance* yang biasa digunakan untuk melakukan prediksi hambatan pada kapal.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Axe Bow

Axe bow merupakan bentuk haluan *wave-piercing* yang dicirikan dengan bentuk *stem* vertikal dan *entry* yang relatif panjang dan sempit (lambung depan). Kaki bagian depannya mendalam dengan lambung timbul yang relatif tinggi, dengan sedikit *flare*, sehingga profil haluan menyerupai

kapak. Haluan dapat memotong melalui air, dan kurang terpengaruh oleh gelombang yang dilewati dibanding haluan yang memiliki *flare*. Membuat haluan ini jenis jauh lebih rentan terhadap *pitching*. Karena kaki depan yang mendalam umumnya tidak naik di atas permukaan air, itu kurang rentan terhadap membanting. Kapak haluan bergerak pusat depan daerah lateral dan kapal mungkin perlu dianggap lebih gerak kemudi untuk menahan jalannya, dan ini meningkatkan dengan kecuraman gelombang. (Keuning, 2002)



Gambar 2.1 Bentuk haluan axe bow (kiri)

2.2 Hambatan Kapal

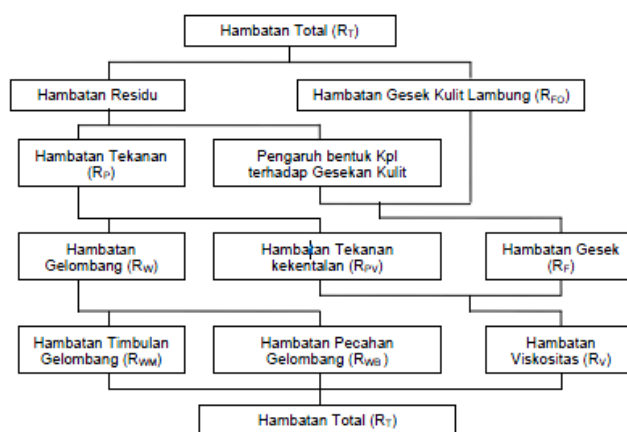
Formulasi empiris hambatan kapal seperti yang diusulkan oleh Holtrop mampu mengadopsi beberapa komponen hambatan kapal, sehingga jika dibandingkan dengan formulasi empiris lainnya hasil perhitungannya jauh lebih teliti. Para ahli bangunan kapal senantiasa menganjurkan bahwa pemahaman terhadap komponen hambatan kapal akan menghasilkan perkiraan besaran hambatan kapal yang lebih teliti.

Hambatan kapal timbul di saat kapal bergerak di permukaan air yang mempunyai kekentalan dan kerapatan masa, serta adanya kondisi fisik permukaan air tersebut seperti adanya gelombang ataupun air dalam keadaan tenang, dsb.). Hambatan kapal ini merupakan gaya yang timbul karena pertemuan antara badan kapal yang tercelup air dengan gaya-gaya air yang bekerja pada elemen permukaan luasan basah pada kapal tersebut. Air yang mempunyai kerapatan masa dan kekentalan secara elementary dapat menimbulkan gaya normal

dan tangensial terhadap permukaan basah badan kapal. Jika kita bandingkan dengan hambatan total akan terdiri dari hambatan tekanan yang diperoleh dari integral gaya normal dan hambatan gesek yang diperoleh dari integral gaya tangensial. Untuk menghitung masing-masing komponen hambatan ini pada umumnya diawali dengan perhitungan besaran hambatan kapal secara total, selanjutnya hambatan tekanan, dan selisihnya adalah hambatan gesek.

Besaran hambatan kapal secara nyata sulit diukur dari kapal sesungguhnya (full-scale), bahkan dapat dikatakan tidak dapat diukur dari kapal dalam

skala 1 : 1, sehingga di samping formula empiris, pengukuran hambatan kapal dalam perancangan kapal pada umumnya dilakukan melalui pengujian subskala model. Pengukuran hambatan kapal di kondisi air tenang biasanya berupa penggabungan dari beberapa besaran komponen hambatan, di mana antar komponen hambatan ini saling berinteraksi, namun sangat sulit diukur secara sendiri-sendiri (Iskendar, 2006). Konsep komponen hambatan kapal yang komprehensif dijelaskan dengan metodologi yang modern sebagaimana digambarkan pada skema pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Skema komponen hambatan kapal

2.3 Hambatan Gesek

Pada gerakan kapal, partikel-partikel air yang dilalui kapal dan mempunyai kekentalan menempel di bagian permukaan lambung yang tercelup air dan bergerak sesuai dengan kecepatan kapal. Air yang beberapa saat telah menjauh dari badan kapal pada akhirnya akan kembali normal mengikuti kondisi air sebagaimana kondisi di luar kapal menyerupai aliran *inviscid*. Pada kondisi ini bagian di antara permukaan badan kapal dan aliran air terdapat lapisan *boundary*. Perubahan kecepatan aliran yang sangat cepat pada arah normal menyebabkan terjadinya tegangan shear yang tinggi dalam lapisan boundary. Integral tegangan shear yang terjadi pada total luas permukaan basah badan kapal menghasilkan suatu hambatan gesek .

2.4 Hambatan Tekanan Karena Kekentalan

Model kapal yang bergerak pada posisi tercelup jauh dari permukaan air tidak akan menghadapi hambatan gelombang, namun hambatan yang timbul besar adalah hambatan gesek. Karena bentuk kapal yang sedemikian rupa, maka aliran lapisan *boundary* nya mempunyai kecepatan yang terkadang lebih tinggi atau lebih rendah dari kecepatan rata-rata dan menimbulkan tegangan *shear* yang lebih tinggi, di samping itu juga terjadi kehilangan energi karena pusaran dan perpecahan aliran di bagian belakang model kapal dan menghalangi terjadinya peningkatan tekanan di bagian belakang model kapal tersebut. Pada bentuk kapal yang

konvensional hambatan tekanan karena kekentalan air timbul lebih besar jika dibandingkan dengan bentuk kapal yang bentuknya silinderis.

2.5 Hambatan Gelombang

Hambatan gelombang tidak dapat diestimasi secara tepat dengan formula perancangan yang sederhana. Pada umumnya ditentukan melalui test model di "towing tank". Meskipun demikian, upaya kita secara teoritis menghitung besaran hambatan gelombang, maka kita akan kembali ke lebih dari 100 tahun yang lalu, di mana sampai saat ini hasilnya masih dirasa belum memuaskan. Saat ini perhitungan untuk menentukan besaran hambatan gelombang digunakan metode elemen boundary yang menjadi alat standar, namun ketelitiannya juga baru sedikit memuaskan (Bertram, 2002).

3. PERHITUNGAN DAN ANALISIS

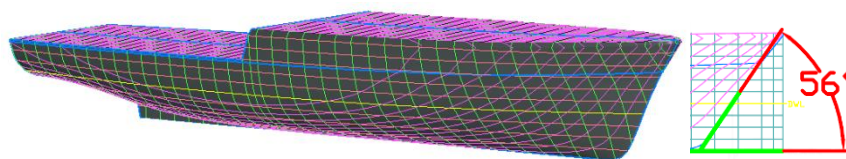
3.1 Data Kapal Awal

Data kapal awal yang digunakan dalam penulisan penelitian ini menggunakan *sample*

design yang disediakan oleh *Maxsurf Modeller*, dengan nama format dokume 'PatrolVesel.msdx'. Data kapal Tersebut memiliki karakteristik sebagai berikut

Tabel 3.1 Karakteristik kapal patroli awal

Parameter	Data Awal
Displacement (ton)	1817
Vol Disp. (m3)	1773.126
Draft Amidships (m)	4.000
Immersed depth (m)	4.000
LOA (m)	79.829
LWL (m)	75.512
Beam max on WL (m)	12.635
Wetted Area (m2)	984.531
Max sect. Area (m2)	36.885
Waterpl. Area (m2)	739.318
Prismatic coeff. (Cp)	0.637
Block coeff. (Cb)	0.465
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.739
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.775
LCB length (m)	36.039
LCF length (m)	33.604
LCB % (from AP)	47.726
LCF % (from AP)	44.502
KB (m)	2.535
Kemiringan Bow (degree)	56



Gambar 3.1 Hullform Sample Design

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan Tabel 3.1, kapal pada sample design memiliki displasemen sebesar 1817 ton dan LOA senilai

79.829 m. Nilai tersebut akan dijadikan batasan dalam melakukan variasi desain haluan berikutnya.

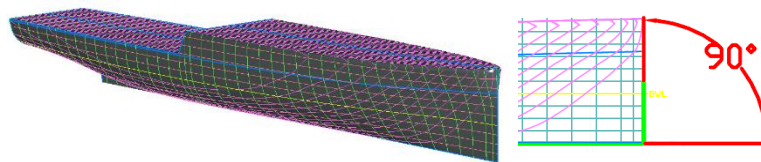
3.2 Variasi Bow

Dengan batasan displasemen sebesar 1817 ton dan LOA senilai 79.829 m, maka dibuatlah empat (4) variasi bow dengan karakteristik seperti pada Tabel 3.2 .

Tabel 3.2 Variasi Bow

Parameter	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4
Displacement (ton)	1817	1817	1817	1817
Vol Disp. (m3)	1772.570	1772.508	1772.550	1772.612
Draft Amidships (m)	4.000	4.000	4.000	4.000
Immersed depth (m)	4.000	4.000	4.000	4.000
LOA (m)	79.829	79.829	79.829	79.829
LWL (m)	77.848	78.765	79.221	79.798
Beam max on WL (m)	12.618	12.613	12.605	12.591
Wetted Area (m2)	1007.744	1016.409	1021.358	1026.328
Max sect. Area (m2)	36.835	36.820	36.795	36.756
Waterpl. Area (m2)	738.977	738.953	739.225	739.254
Prismatic coeff. (Cp)	0.618	0.611	0.608	0.604
Block coeff. (Cb)	0.451	0.446	0.444	0.441
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.739	0.739	0.739	0.739
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.752	0.744	0.740	0.736
LCB length (m)	36.079	36.095	36.122	36.165
LCF length (m)	33.642	33.659	33.702	33.748
LCB % (from AP)	46.346	45.826	45.596	45.320
LCF % (from AP)	43.215	42.733	42.541	42.292
KB (m)	2.535	2.535	2.535	2.535
Kemiringan Bow (degree)	73	79	85	90

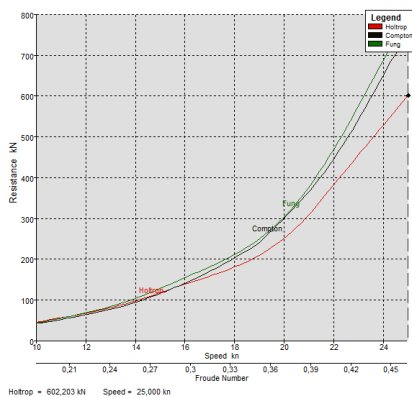
Salah satu bentuk *hullform* hasil variasi kemiringan *bow* dapat dilihat pada Gambar 3.2 .



Gambar 3.2 Hullform variasi 4 kemiringan bow 90°

3.3 Hambatan

Untuk perhitungan hambatan didapatkan menggunakan perangkat lunak *Maxurf Resistance*. Metode yang digunakan dalam analisis berikut adalah metode Holtrop, Compton, dan Fung, dengan variasi kecepatan dari 10 sampai 25 knot.



Gambar 3.3 Grafik Rt vs Speed (10-25 kn) hull variasi 2 (79°)

Seperti yang terlihat pada Gambar 3.3, hasil analisa hambatan total dari kapal Variasi 2 (79°) memiliki hambatan total (Rt) sebesar 605.7 kN

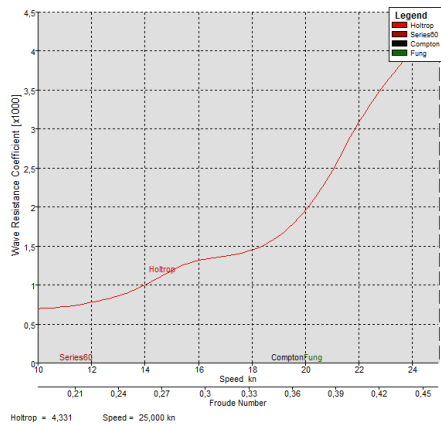
dengan metode *Holtrop*, 746.1 kN dengan metode *Compton* dan 796.3 kN dengan metode *Fung*. Hasil analisa hambatan total dari keseluruhan variasi dan data awal dapat dilihat pada Tabel 3.3 .

Tabel 3.3 Komparasi Rt pada 25 knot

Kapal @25 Knot	Rt (kN)		
	Holtrop	Compton	Fung
Data Awal (56°)	772.1	616.3	902.3
Variasi 1 (73°)	636.2	763.8	831.5
Variasi 2 (79°)	605.7	746.1	796.3
Variasi 3 (85°)	531.1	685.8	714.3
Variasi 4 (90°)	474.8	604.8	633.4

3.4 Koefisien Hambatan Gelombang

Untuk perhitungan koefisien hambatan gelombang didapatkan menggunakan perangkat lunak *Maxurf Resistance*. Metode yang digunakan dalam analisis berikut adalah metode Holtrop, Compton, dan Fung, dengan variasi kecepatan dari 10 sampai 25 knot.



Gambar 3.4 Grafik koefisien hambatan gelombang hull variasi 3 (85°)

Seperti yang terlihat pada Gambar 3.4, hasil analisa koefisien hambatan gelombang dari kapal Variasi 3 (85°) memiliki koefisien gelombang (C_w) senilai 4.331 x 1000 . Hasil analisa koefisien hambatan gelombang dari keseluruhan variasi dan data awal dapat dilihat pada Tabel 3.4 .

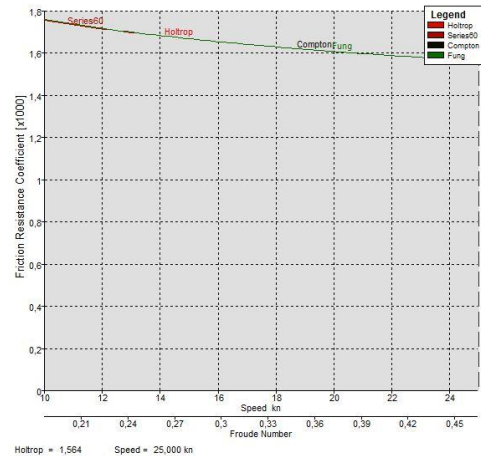
Tabel 3.4 Komparasi koefisien hambatan gelombang

Kapal @25 Knot	C_w
Data Awal (56°)	6.774
Variasi 1 (73°)	5.006
Variasi 2 (79°)	4.575
Variasi 3 (85°)	4.331
Variasi 4 (90°)	3.982

*Coef x 1000

3.5 Koefisien hambatan gesek

Untuk perhitungan koefisien hambatan gesek didapatkan menggunakan perangkat lunak *Maxurf Resistance*. Metode yang digunakan dalam analisis berikut adalah metode Holtrop, Compton, dan Fung, dengan variasi kecepatan dari 10 sampai 25 knot.



Gambar 3.5 Grafik koefisien hambatan gesek hull variasi 1

Seperti yang terlihat pada Gambar 3.5, hasil analisa koefisien hambatan gesek dari kapal Variasi 1 (73°) memiliki koefisien gelombang (C_f) senilai 1.564 x 1000 . Hasil analisa koefisien hambatan gesek dari keseluruhan variasi dan data awal dapat dilihat pada Tabel 3.5 .

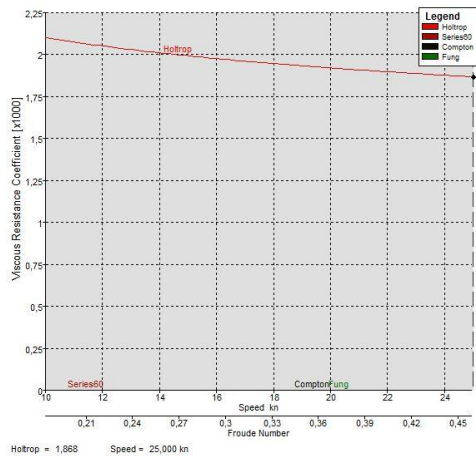
Tabel 3.5 Komparasi koefisien hambatan gesek

Kapal @25 Knot	C_f
Data Awal (56°)	1.570
Variasi 1 (73°)	1.564
Variasi 2 (79°)	1.561
Variasi 3 (85°)	1.560
Variasi 4 (90°)	1.559

*Coef x 1000

3.6 Koefisien hambatan kekentalan

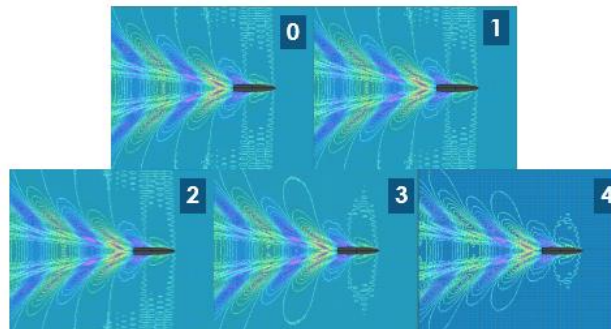
Untuk perhitungan koefisien hambatan kekentalan didapatkan menggunakan perangkat lunak *Maxurf Resistance*. Metode yang digunakan dalam analisis berikut adalah metode Holtrop, Compton, dan Fung, dengan variasi kecepatan dari 10 sampai 25 knot.



Gambar 3.6 Grafik koefisien hambatan kekentalan hull variasi 4

Seperti yang terlihat pada Gambar 3.6, hasil analisa koefisien hambatan kekentalan dari kapal

3.7 Wave Pattern



Gambar 3.7 Wave pattern dari masing-masing variasi

Pada Gambar 3.7 ditunjukkan komparasi wave pattern pada masing variasi kapal. Nampak bahwa semakin besar sudut kemiringan bow (mendekati tegak lurus), wave pattern yang dihasilkan semakin rapi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil optimasi, sudut kemiringan bow terhadap hambatan total dan koefisien-koefisien yang mempengaruhi didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hambatan total (Rt) yang paling besar dihasilkan pada kapal data awal (56°) senilai 772.1 kN dengan metode Holtrop, 816.3 kN dengan metode Compton dan 902.3 kN dengan metode Fung, lalu mengecil sesuai perubahan sudut yang mendekati tegak lurus,

Variasi 4 (90°) memiliki koefisien gelombang (Cv) senilai 1.868 x 1000 . Hasil analisa koefisien hambatan kekentalan dari keseluruhan variasi dan data awal dapat dilihat pada Tabel 3.6 .

Tabel 3.6 Komparasi koefisien hambatan kekentalan

Kapal @25 Knot	Cv
Data Awal (56°)	1.921
Variasi 1 (73°)	1.890
Variasi 2 (79°)	1.880
Variasi 3 (85°)	1.874
Variasi 4 (90°)	1.868

*Coef x 1000

2. Koefisien hambatan gelombang (Cw) yang paling besar dihasilkan pada kapal data awal (56°) senilai 6.774 x 1000, lalu mengecil sesuai perubahan sudut yang mendekati tegak lurus, dan mendapatkan hambatan terkecil pada kapal variasi 4 (90°) senilai 3.982 x 100.
3. Koefisien hambatan gesek (Cf) yang paling besar dihasilkan pada kapal data awal (56°) senilai 1.570 x 1000, lalu mengecil sesuai perubahan sudut yang mendekati tegak lurus, dan mendapatkan hambatan terkecil pada kapal variasi 4 (90°) senilai 1.559 x 1000.

4. Koefisien hambatan viscoue (C_v) yang paling besar dihasilkan pada kapal data awal (56°) senilai 1.921×1000 , lalu mengecil sesuai perubahan sudut yang mendekati tegak lurus, dan mendapatkan hambatan terkecil pada kapal variasi 4 (90°) senilai 1.868×1000 .
5. Semakin besar sudut kemiringan *bow* (mendekati tegak lurus), *wave pattern* yang dihasilkan semakin rapi.
6. Didapati bahwa sudut kemiringan 90° pada *bow* memberikan aspek hidrodinamis yang paling baik diantara variasi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bertram, V. (2002). *Practical Ship Hydrodynamics*. Oxford: Butterworth Heineman .
- Iskendar. (2006). Komponen Gaya Hambatan Kapal Cepat. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 92-96.
- Keuning, J. A. (2002). *Further Investigation into the Hydrodynamic Performance of the AXE Bow Concept*. Delft: Delft University of Technology.
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Volume-II*. New Jersey: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.