



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisis Pengaruh Lambung U Bottom dan V Bottom Terhadap Hambatan Pada Kapal Ikan Menggunakan Metode Holtrop

Aidilhaj Muazri¹⁾, Andi Trimulyono²⁾, Muhammad Iqbal³⁾

¹⁾Laboratorium Hidrodinamika

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*)}e-mail :aidilhaj@students.undip.ac.id

Abstrak

Efisiensi operasional kapal ikan tradisional di Indonesia masih terhambat oleh tingginya hambatan hidrodinamika akibat desain lambung yang belum dianalisis secara optimal. Pada kapal berukuran kecil hingga menengah, bentuk dasar lambung seperti U-Bottom dan V-Bottom berpengaruh langsung terhadap nilai hambatan, kebutuhan daya, dan konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu, diperlukan analisis kuantitatif untuk memahami besarnya hambatan kapal, kontribusi komponen pembentuknya, serta pengaruh variasi bentuk lambung. Penelitian ini dirumuskan untuk menjawab tiga masalah utama: (1) menentukan nilai hambatan total kapal ikan serta metode perhitungannya, (2) menganalisis pengaruh komponen hambatan terhadap hambatan total, dan (3) mengevaluasi pengaruh perbedaan bentuk lambung U-Bottom dan V-Bottom terhadap hambatan kapal. Perhitungan dilakukan menggunakan metode empiris Holtrop & Mennen untuk kecepatan 1-10 knot, dan hasilnya komparasi melalui simulasi Maxsurf Resistance. Hasil menunjukkan bahwa hambatan total meningkat dengan bertambahnya kecepatan, namun lambung V-Bottom memberikan hambatan lebih rendah dibanding U-Bottom. Pada kecepatan 10 knot, hambatan total U-Bottom sekitar 20 kN, sedangkan V-Bottom sekitar 14 kN. Selisih rata-rata 5% antara hasil analitik dan simulasi menunjukkan tingkat akurasi perhitungan yang baik. Dengan demikian, lambung V-Bottom dinilai lebih efisien secara hidrodinamika dan layak dijadikan referensi dalam pengembangan desain kapal ikan yang lebih hemat energi.

Kata Kunci : Kapal Ikan, Lambung U, Lambung V, Holtrop, Hambatan

1. PENDAHULUAN

Secara geografis negara Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki luas daerah perairan sebesar 2/3 dari total luas teritori NKRI. Kondisi geografis tersebut memberikan potensi besar dalam bidang kemaritiman. Salah satunya adalah potensi keberadaan ikan, berdasarkan data statistik dari KKP didapati bahwa produksi ikan tangkapan laut Indonesia pada tahun 2023 adalah sebanyak 7,8 Juta ton[1]. Pada tahun 2023 Indonesia mengeksport sebesar 1,2 juta ton ikan dengan nilai sebesar 5,63 miliar USD[2]. Nilai ekspor tersebut Indonesia berada pada posisi 11 negara dengan nilai ekspor produk perikanan tertinggi, masih dibawa negara asia tenggara lainnya yaitu Vietnam pada posisi 4 dan Thailand pada posisi 9.[3]

Dengan potensi perikanan yang sangat besar Indonesia harusnya dapat menyaingi negara-

negara lain dalam nilai ekspor produk perikanan, namun hal tersebut harus didukung dengan kondisi armada kapal penangkap ikan yang mumpuni. Untuk meningkatkan efisiensi kapal dalam beroperasi dibutuhkan bentuk lambung kapal yang sesuai dengan kondisi operasi kapal. Salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi operasi kapal adalah hambatan total yang dihadapi kapal saat berlayar. Karakteristik hidrodinamika lambung kapal merupakan faktor paling signifikan dalam menentukan nilai hambatan total kapal.[4]

Secara umum terdapat 2 bentuk lambung yang sering digunakan pada kapal ikan kecil hingga menengah, yaitu *U-bottom* dan *V-bottom*. Lambung *U-bottom* memiliki karakteristik *keel* yang lebih datar sehingga memberikan kemampuan stabilitas yang lebih baik, sedangkan lambung *V-bottom* dapat memberikan kemampuan maneuver yang lebih baik dan menghasilkan

hambatan yang relatif lebih kecil pada kecepatan tertentu.[5]

Dalam konteks kapal ikan tradisional di Indonesia, bentuk lambung kapal masih banyak menggunakan pendekatan empiris berdasarkan pengalaman pembuat kapal, tanpa didukung analisis hidrodinamika yang terukur[6]. Bentuk lambung kapal memiliki pengaruh besar terhadap performa kapal termasuk kecepatan dan efisiensi energi. Analisis hidrodinamika dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya metode empiris, uji model dan simulasi CFD. Diantara ketiga metode tersebut metode empiris dengan perhitungan rumus merupakan salah satu metode analisis hidrodinamika dengan biaya yang rendah.

Salah satu metode empiris paling umum digunakan adalah metode Holtrop & Mennen, yang memungkinkan estimasi hambatan berdasarkan parameter geometri lambung dan kecepatan kapal. Metode ini sering digunakan karena akurat untuk berbagai tipe kapal, termasuk kapal kecil dengan bentuk lambung konvensional[7]. Analisis menggunakan metode ini dapat menjadi alternatif yang efektif sebelum dilakukan uji model atau simulasi numerik seperti Computational Fluid Dynamics (CFD), karena membutuhkan data yang relatif sederhana namun tetap memberikan hasil yang mendekati kondisi nyata[8].

Selain aspek teknis, peningkatan efisiensi kapal ikan juga berkontribusi terhadap pengurangan emisi karbon dari sektor perikanan tangkap. Menurut laporan FAO (2023), sektor perikanan global menyumbang sekitar 4% dari total emisi CO₂ sektor transportasi laut. Desain lambung yang lebih efisien dapat menurunkan konsumsi bahan bakar hingga 10–15%, sehingga berdampak positif terhadap keberlanjutan lingkungan dan ekonomi nelayan[9].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh bentuk lambung U-bottom dan V-bottom terhadap hambatan kapal ikan menggunakan metode Holtrop. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan efisiensi desain kapal ikan nasional, khususnya dalam mengurangi hambatan total dan konsumsi bahan bakar. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memiliki manfaat teknis, tetapi juga mendukung upaya pengembangan armada perikanan tangkap yang lebih efisien, berkelanjutan, dan berdaya saing global.

2. METODE

2.1 Objek penelitian

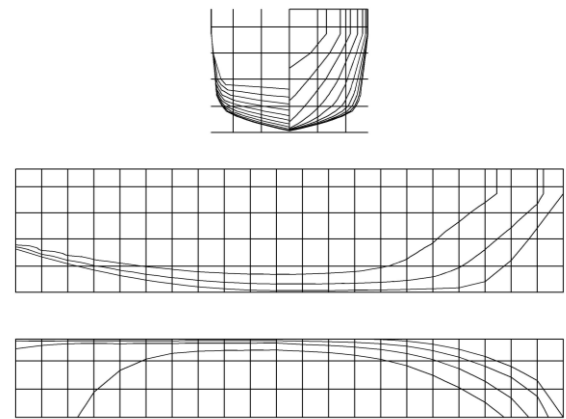
Dalam proses pengerjaan analisa hambatan ini, penulis membutuhkan berbagai macam data dan

beberapa saran untuk dianalisis lebih lanjut. Dalam penelitian ini terdapat 1 jenis data yang dikumpulkan data yaitu data yang bersifat sekunder.

Data Sekunder

Data sekunder merupakan jenis data yang dikumpulkan dengan tidak langsung oleh peneliti. Data didapatkan melalui proses wawancara dengan pihak galangan. Disamping mendapatkan data melalui proses wawancara dari pihak galangan, data juga didapatkan melalui berbagai referensi atau literatur seperti jurnal, artikel, serta data dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Linesplan Kapal didapat dari *data* base FAO[10]. Model 1 adalah model dengan ukuran asli kapal, untuk pembuatan model dilakukan pada *software Auto Cad* lalu dipindahkan ke *Maxsurf Modeler*. *Linesplan* kapal dapat dilihat pada gambar 1.



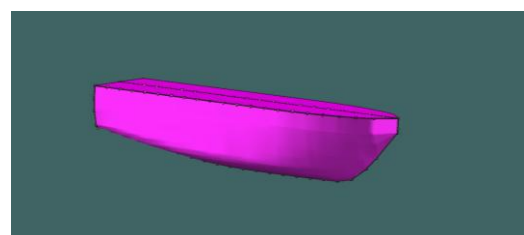
Gambar 1. *Linesplan Model* Kapal Ikan FAO

Data ukuran utama kapal ikan

Tabel 1. Data Ukuran Utama Kapal Model 1

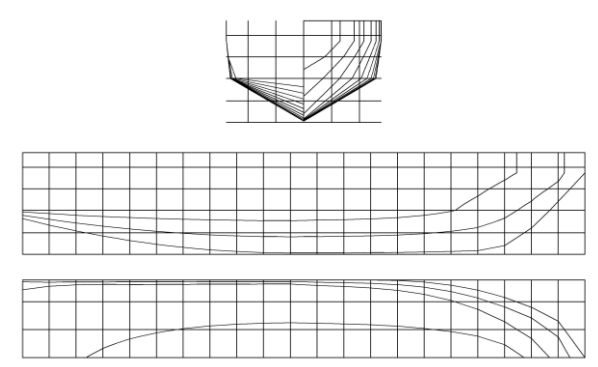
<i>Main Dimension</i>	
<i>Length Waterline (m)</i>	16.4
<i>Breadth (m)</i>	5
<i>Draft (m)</i>	1.7
<i>Speed (Knot)</i>	10

Dari data dan *linesplan* diatas di lakukan pemodelan 3D pada *software Maxsurf Modeler* dan hasil model 3D kapal ikan.



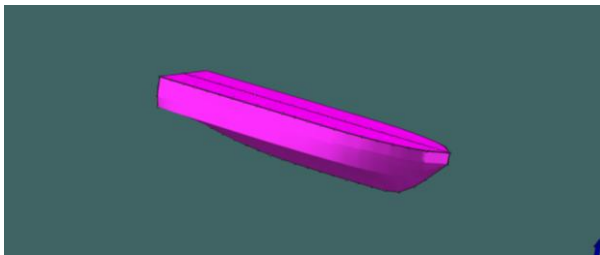
Gambar 2. Model 1 3D Lambung Kapal U Bottom Hull

Model 2 pada kapal *ikan* merupakan model perubahan pada model 1 dimana dilakukan perubahan bentuk lambung, namun ukuran utama tetap sama seperti model 1. Perubahan dilakukan dengan merubah bentuk lambung *U bottom hull* menjadi *V bottom hull*. Perubahan yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 3.



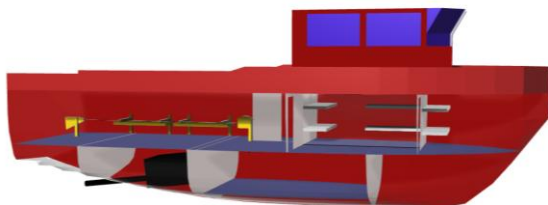
Gambar 3. Linesplan Model 2 Kapal Ikan V Bottom Hull

Dari data dan *linesplan* diatas di lakukan pemodelan 3D pada *software Maxsurf Modeler* dan hasil model 3D kapal dengan V Bottom hull dapat dilihat pada gambar 4.

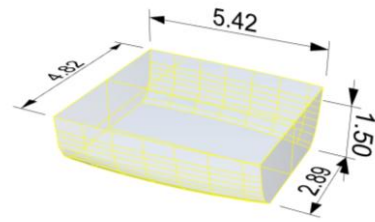


Gambar 4. Model 2 3D Lambung Kapal Sesudah Penambahan V bottom hull

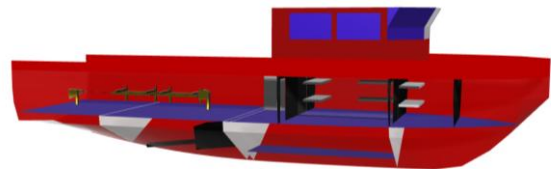
Dari kedua desain 3 dimensi kapal ikan kemudian dirancang *general arrangement* untuk dapat menentukan kapasitas palka pada kedua model lambung.



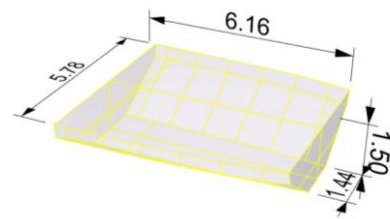
Gambar 5. General Arrangement Kapal Ikan Lambung U Bottom



Gambar 6. Ukuran Palka Kapal Ikan Lambung U Bottom



Gambar 7. General Arrangement Kapal Ikan Lambung V Bottom



Gambar 8. Ukuran Palka Kapal Ikan Lambung V Bottom

Masing-masing palka memiliki kapasitas sebesar 35,87 m³ untuk kapal lambung *U bottom* dan 37,51 m³ untuk kapal lambung *V bottom*. Dari data kapasitas tersebut didapat bahwa perubahan lambung menjadi *V bottom* tidak mengurangi kapasitas palka kapal.

2.2. Teknik Pengolahan Data

Proses penelitian dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu:

Pertama, pembuatan ulang model *U bottom hull* kapal dari *lines plan* menjadi model tiga dimensi.

Kedua, melakukan perubahan yaitu memodifikasi menjadi *V bottom hull* dengan tetap mempertahankan ukuran *displacement* yang sama.

Ketiga menganalisis nilai hambatan kapal pada kedua model tersebut dan membandingkan hasil dari kedua nilai hambatan pada 2 model tersebut menggunakan perhitungan numerik dan *software Maxsurf Resistance*.

Keempat, membuat kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh dari hasil analisa nilai hambatan

2.3 Holtrop

Metode Holtrop merupakan metode empiris yang digunakan untuk memperkirakan hambatan total kapal. Hambatan total (RT) kapal dipecah menjadi beberapa komponen, yaitu: Hambatan gesekan (Rf): Hambatan yang timbul akibat gesekan antara lambung kapal dan air. Hambatan *appendages* (Rapp): Hambatan dari tambahan perlengkapan diluar dari bentuk lambung kapal itu sendiri. Hambatan gelombang (Rw): Hambatan yang timbul akibat pembentukan gelombang air oleh kapal saat bergerak. Hambatan *bulbous* (Rb): Hambatan pengaruh *bulbous bow*. Hambatan transom (Rtr): hambatan tekanan tambahan pada bagian buritan yang terendam. (Ra): Hambatan korelasi terhadap bentuk kapal[7]. Rumus umum yang digunakan adalah:

$$RT = (1 + k)Rf + Rapp + Rw + Rb + Rtr + Ra \quad (1)$$

Perhitungan tiap komponen hambatan menggunakan metode Holtrop melibatkan beberapa parameter penting seperti koefisien gesekan (Cf), koefisien residu, serta pengaruh kecepatan dan bentuk kapal. Koefisien gesekan dihitung menggunakan persamaan ITTC[11]:

$$Cf = 0.075/(\log(Re) - 2)^{-2} \quad (2)$$

Di mana Re adalah bilangan *Reynolds* yang dihitung berdasarkan kecepatan kapal, panjang kapal, dan viskositas kinematik air.

2.4. Komponen Hambatan Kapal

Dalam hambatan kapal terdapat 2 komponen utama yang mempengaruhi nilai hambatan total. Kedua komponen tersebut adalah hambatan gesek (Rf) dan hambatan Tekanan (Rp). Hambatan tekanan adalah hambatan yang timbul karena perubahan aliran air di sekitar kapal, terutama di bagian haluan dan buritan, yang menyebabkan perbedaan tekanan antara depan dan belakang kapal[12]. Hambatan tekanan sendiri terbagi menjadi 2 komponen yaitu hambatan tekanan gelombang (Rw) dan hambatan tekanan viskositas (Rvp)[13]. Perhitungan hambatan tekanan viskositas dapat menggunakan persamaan berikut[14]:

$$Rvp = Rv - Rf \quad (3)$$

Hubungan ini digunakan untuk mengestimasi kontribusi tekanan akibat efek viskositas terhadap total hambatan kapal. Bertram juga menekankan

bahwa Rvp meningkat pada bentuk lambung gemuk (full form hull) dan pada area buritan di mana separasi aliran sering terjadi[15].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pemodelan 3 Dimensi Kapal

Proses permodelan 3 dimensi model *U bottom hull* dan model *V bottom hull* dilakukan dengan bantuan *software Maxsurf Modeler*. Dalam proses ini, ukuran utama kapal dan *linesplan* berfungsi sebagai acuan dalam pembuatan model. *Length Water Line* (LWL) merupakan jarak panjang antara garis vertikal yang berpotongan dengan buritan dan haluan pada garis air. Dalam proses *fairing* model kapal, *lines plan* dibutuhkan agar model yang dihasilkan semakin mirip atau mendekati bentuk aslinya. *Lines plan* digunakan sebagai latar belakang dalam proses permodelan, sehingga memudahkan dalam membuat kesesuaian yang diinginkan.

Setelah model yang dihasilkan dirasa sudah cukup mirip dengan *linesplan*, langkah selanjutnya adalah membandingkan *linesplan* asli kapal dengan *linesplan* yang dihasilkan oleh *Maxsurf Modeler*. Selain menyamakan bentuk *lines plan*, analisis perbandingan dalam aspek hidrostatik juga penting dilakukan untuk memastikan bahwa sifat hidrostatik model dan kapal berada dalam batas yang wajar. Dalam penelitian ini, peneliti menetapkan batas koreksi maksimal untuk perbandingan hidrostatik sebesar $\pm 5\%$. Nilai $\pm 5\%$ dipilih berdasarkan penelitian sebelumnya yang menyatakan toleransi tersebut masih dianggap baik atau cukup. Dengan demikian, perbandingan antara data hidrostatik kapal dan model 3D dapat dilakukan dengan lebih akurat.

Untuk model 2 kapal, proses permodelan *lines plan* sama dengan model 1 akan tetapi terdapat proses modifikasi bentuk lambung menjadi *V bottom hull*.

Tabel 4. Perbandingan Hidrostatik Kapal dan Model 3D *U Bottom Hull*

Parameter	Kapal	Maxsurf	Koreksi
LWL	16,40	16,40	0%
B(WL)	4,75	4,74	-0,12%
WSA	92,24	91,33	0,99%
Displacement	73,02	70,83	3,10%

Dari data perbandingan hidrostatik pada tabel 4 menunjukkan nilai koreksi hidrostatik kapal dan model 3D masih dalam batas toleransi, dengan perbedaan tertinggi terdapat pada displacement dengan perbedaan nilai sebesar 3,1%. Dari data ini

menunjukkan bahwa kapal lolos uji validasi yang dilakukan oleh penulis.

3.2. Analisa Hambatan Kapal

Dalam penelitian ini, Analisa hambatan kapal yang dilakukan dengan 1 metode dengan 2 jenis perhitungan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *Holtrop*, dengan membandingkan atau mengkomparasikan hasil perhitungan numerik hambatan dengan perhitungan software *Maxsurf Resistance*. Penelitian ini menggunakan kapal *container* sebagai objek penelitiannya.

3.3. Perhitungan Hambatan Metode Holtrop

Dalam perhitungan numerik, ada data yang harus diinput terlebih dahulu yaitu data geometri utama kapal. dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Parameter input numerik

Parameter	Keterangan	U Hull	V Hull
Lwl	<i>Length at Waterline (m)</i>	16,4	20,43
B (wl)	<i>Beam at Waterline (m)</i>	4,75	5,692
T	<i>Draft (m)</i>	1,7	1,7
Cb	<i>Block Coefficient</i>	0,538	0,360
Cp	<i>Prismatic Coefficient</i>	0,691	0,722
Cm	<i>Midship Coefficient</i>	0,781	0,500
Cwp	<i>Of Waterplane</i>	0,874	0,874
Disp	<i>Displacement</i>	73,02	72,94
V Disp	<i>Volume Displacement</i>	71,24	71,16
LCB	<i>Center of Buoyancy</i>	-1,254	-0,267
WSA	<i>Wetted Surface Area (m²)</i>	92,23	102,52
Vs	<i>Speed in Knots</i>	10	10

Perhitungan hambatan total kapal ikan dalam penelitian ini dilakukan secara numerik menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel yang dikembangkan berdasarkan metode empiris Holtrop & Mennen. Perhitungan ini bertujuan untuk memperoleh estimasi hambatan kapal secara fleksibel, cepat, dan akurat dengan pendekatan numerik berbasis spreadsheet. Seluruh perhitungan disusun menggunakan rumus-rumus baku dari metode Holtrop yang diterapkan pada lembar kerja Excel, sehingga proses perhitungan dapat

dilakukan secara otomatis dan transparan melalui hubungan antar sel dan formula matematis.

Dalam implementasinya, pengguna hanya perlu memasukkan data ukuran utama kapal seperti panjang (*Lwl*), lebar (*B*), sarat air (*T*), koefisien blok (*Cb*), serta kecepatan kapal (*V*). Nilai-nilai tersebut kemudian diproses menggunakan persamaan-persamaan Holtrop untuk menghitung masing-masing komponen hambatan, meliputi hambatan gesek, hambatan gelombang, hambatan viskositas, serta hambatan total kapal.

Penggunaan Excel dalam perhitungan ini memberikan keuntungan dalam hal kemudahan modifikasi parameter dan visualisasi hasil perhitungan, seperti grafik hubungan antara kecepatan kapal dengan hambatan total atau daya efektif yang dibutuhkan. Dengan demikian, metode ini menjadi alternatif yang praktis dan efisien dalam analisis awal performa hidrodinamika kapal, terutama untuk kapal ikan kecil hingga menengah.

Perhitungan dilakukan pada beberapa kecepatan kapal. Hasil perhitungan yang dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Numerik

Vs (knot)	RT U Hull (kN)	RT V Hull (kN)
1	0,09	0,09
2	0,32	0,32
3	0,68	0,68
4	1,15	1,14
5	1,76	1,73
6	2,73	2,53
7	4,58	3,85
8	8,35	6,25
9	12,08	10,80
10	20,68	14,31

Berdasarkan hasil perhitungan hambatan total kapal dari tabel diatas, hasil simulasi menunjukan bahwa hambatan total meningkat seiring bertambahnya kecepatan kapal.

3.4. Analisa Hambatan Kapal pada Maxsurf

Dalam pengerjaan analisa hambatan ini, analisa hambatan yang dilakukan menggunakan 1 metode dengan 2 jenis model lambung kapal pada *Maxsurf Resistance*. Metode yang digunakan yaitu menggunakan metode *Holtrop*. Dengan membandingkan perhitungan hambatan numerik dan software *Maxsurf Resistance* pada model 3D 1 dan 2. Model 1 (*U bottom hull*) adalah model asli dari kapal dan model 2 (*V bottom hull*) adalah model yang sudah dilakukan perubahan bentuk lambung menjadi *V bottom hull*.

Setelah kedua model siap, selanjutnya akan dilakukan perhitungan dengan beberapa variasi kecepatan menggunakan bantuan *software Maxsurf Resistance* pada masing-masing model 3D. Pada perhitungan hambatan model kapal didapat hasil pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Hambatan pada *Maxsurf*

Vs (knot)	RT U Hull (kN)	RT V Hull (kN)
1	0,09	0,10
2	0,32	0,37
3	0,67	0,77
4	1,13	1,30
5	1,73	1,96
6	2,68	2,87
7	4,44	4,29
8	8,30	6,69
9	11,86	11,52
10	19,55	15,20

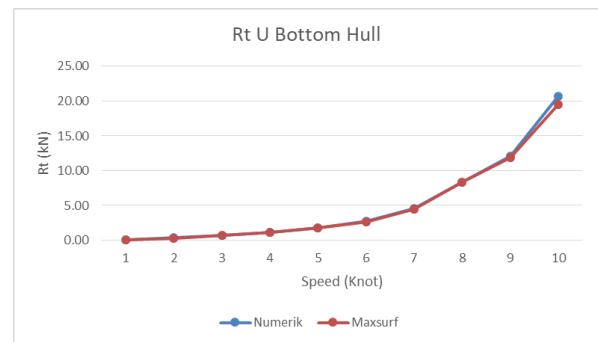
3.5. Perbandingan Perhitungan Hambatan Total Numerik dan *Maxsurf Resistance*

Setelah dilakukan analisa pada masing-masing model berdasarkan perhitungan menggunakan perhitungan Numerik dan *software Maxsurf Resistance*, berikut perbandingan nilai hambatan berdasarkan kecepatan disajikan dalam tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Hitungan Hambatan Total Perhitungan Numerik dan *Maxsurf U Bottom Hull*

Vs (knot)	RT Numerik (kN)	RT Maxsurf (kN)
1	0,09	0,09
2	0,32	0,32
3	0,68	0,67
4	1,15	1,13
5	1,76	1,73
6	2,73	2,68
7	4,58	4,44
8	8,35	8,30
9	12,08	11,86
10	20,68	19,55

Dari data tabel 8 tersebut disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 9 untuk melihat perbandingan hambatan total dari perhitungan Numerik dan *Maxsurf U Bottom Hull*.



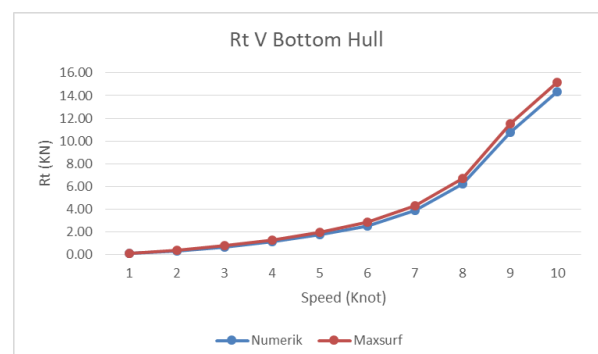
Gambar 9. Grafik Perbandingan Hambatan Total Python dengan Maxsurf Model *U Bottom Hull*

Berikut hasil perbandingan nilai hambatan total kapal pada model 2, dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Hitungan Hambatan Total Perhitungan Numerik dan *Maxsurf V Bottom Hull*

Vs (knot)	RT Numerik (kN)	RT Maxsurf (kN)
1	0,09	0,10
2	0,32	0,37
3	0,68	0,77
4	1,14	1,30
5	1,73	1,96
6	2,53	2,87
7	3,85	4,29
8	6,25	6,69
9	10,80	11,52
10	14,31	15,20

Dari data tabel 9 tersebut disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 10 untuk melihat perbandingan hambatan total dari perhitungan Numerik dan *Maxsurf V Bottom Hull*.



Gambar 10. Grafik Perbandingan Hambatan Total Python dengan Maxsurf Model *V Bottom Hull*

Dari grafik terlihat bahwa nilai hambatan total *U-Bottom hull* meningkat secara eksponensial terhadap kenaikan kecepatan kapal. Pada

kecepatan rendah (1–5 knot), nilai hambatan relatif kecil dan perbedaan antara hasil numerik dan Maxsurf sangat tipis. Namun, mulai kecepatan 6–10 knot, tren peningkatan hambatan menjadi lebih tajam akibat pengaruh hambatan gelombang (*wave-making resistance*) yang dominan pada kecepatan menengah hingga tinggi.

Secara umum, hasil perhitungan numerik dan simulasi Maxsurf menunjukkan kesesuaian yang cukup baik, dengan perbedaan nilai hambatan maksimum sekitar 2%-5% pada kecepatan tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa rumus Holtrop yang diimplementasikan secara numerik di Excel mampu merepresentasikan perilaku hambatan kapal dengan akurasi yang baik. Nilai hambatan tertinggi pada kecepatan 10 knot mencapai sekitar 20 KN, menandakan bahwa bentuk lambung U-bottom menghasilkan hambatan yang cukup besar pada kecepatan tinggi.

Pada *V Bottom hull* Pola kenaikan hambatan juga bersifat eksponensial, namun nilai hambatan total secara umum lebih rendah dibandingkan dengan U-Bottom pada setiap kecepatan yang sama. Pada kecepatan 10 knot, hambatan total untuk lambung V-Bottom mencapai sekitar 15 KN, lebih kecil dibandingkan lambung U-Bottom yang mencapai sekitar 20 KN. Perbedaan ini disebabkan oleh karakteristik bentuk lambung V-bottom yang lebih runcing di bagian bawah sehingga menghasilkan pola aliran fluida yang lebih lancar dan tekanan gelombang yang lebih kecil, terutama pada kecepatan menengah.

Berikut data perbandingan parameter hasil dari perhitungan numerik dan *Maxsurf Resistance* dapat dilihat pada tabel 10 dan 11.

Tabel 10. Perbandingan Parameter Hasil Perhitungan Numerik dan *Maxsurf Resistance* Model U Bottom Hull

Parameter	Numerik	Maxsurf	Koreksi (%)
WSA	92,24	91,33	0,99%
1+K	1,41	1,33	6,6%
RT	20,68	19,55	-5,78%
EHP	106,39	100,58	-5,78%

Tabel 11. Perbandingan Parameter Hasil Perhitungan Numerik dan *Maxsurf Resistance* Model V Bottom Hull

Parameter	Numerik	Maxsurf	Koreksi (%)
WSA	102,53	117,18	-12,5%
1+K	1,44	1,40	2,8%
RT	14,31	15,20	-5,85%
EHP	73,63	78,2	-5,85%

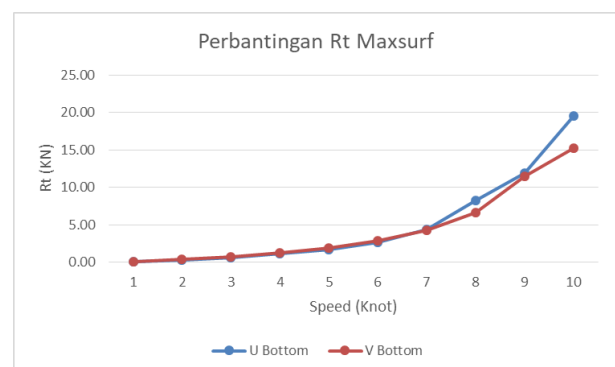
3.6. Perbandingan Hambatan Kapal U Bottom Hull dan V Bottom Hull pada *Maxsurf Resistance*

Berikutnya akan dilakukan analisa perbandingan hasil simulasi perhitungan *Maxsurf Resistance* dari kedua model yaitu model 1 (*U bottom hull*) dan model 2 (*V bottom hull*). Data nilai perhitungan hambatan total dari kedua model yang dilakukan pada *software Maxsurf Resistance* dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Perbandingan Nilai Hambatan Total Model 1 dan Model 2 pada *Maxsurf Resistance*

Vs (knot)	RT U Bottom Hull (kN)	RT V Bottom Hull (kN)
1	0,09	0,10
2	0,32	0,37
3	0,67	0,77
4	1,13	1,30
5	1,73	1,96
6	2,68	2,87
7	4,44	4,29
8	8,30	6,69
9	11,86	11,52
10	19,55	15,20

Dari data tabel 12 tersebut disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 11 untuk melihat perbandingan hambatan total dari perhitungan *software Maxsurf Resistance* pada model 1 (*U bottom hull*) dan model 2 (*V bottom hull*).



Gambar 11. Grafik Perbandingan Hambatan Lambung U Bottom Hull dengan V Bottom Hull

Dari tabel 12 diatas dapat diketahui nilai hambatan total dari kedua model 3D kapal pada perhitungan *Maxsurf Resistance*. Pada perhitungan *Maxsurf Resistance* yang dilakukan pada lambung U Bottom hull dengan V Bottom hull didapatkan

penurunan nilai hambatan yang signifikan pada kecepatan dinas kapal. Penurunan hambatan dimulai pada kecepatan diatas 7 knot, namun pada kecepatan dibawahnya terjadi sedikit kenaikan hambatan total. Oleh karena itu lambung V *Bottom hull* lebih cocok untuk kecepatan diatas 7 knot.

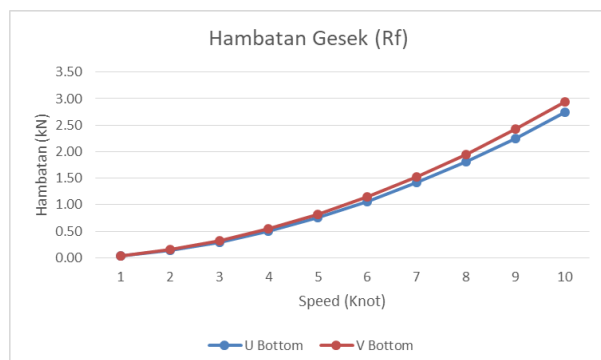
3.7. Perbandingan Nilai Komponen Hambatan Kapal U *Bottom Hull* dan V *Bottom Hull*

Analisis ini membandingkan tiga komponen hambatan utama hambatan gesek (Rf), hambatan gelombang (Rw), dan hambatan tekanan viskositas (Rvp) pada dua bentuk lambung, yaitu U *bottom hull* dan V *bottom hull*. Ketiga grafik menunjukkan respons masing-masing lambung terhadap variasi kecepatan 1-10 knot.

Tabel 13. Perbandingan Nilai Hambatan Gesek (Rf) Model 1 dan Model 2

Vs (knot)	Rf U Bottom Hull (kN)	Rf V Bottom Hull (kN)
1	0,04	0,04
2	0,14	0,15
3	0,30	0,32
4	0,50	0,54
5	0,76	0,82
6	1,06	1,14
7	1,42	1,52
8	1,81	1,95
9	2,25	2,42
10	2,74	2,95

Dari data tabel 13 tersebut disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 12 untuk melihat perbandingan hambatan gesek dari kedua bentuk lambung.



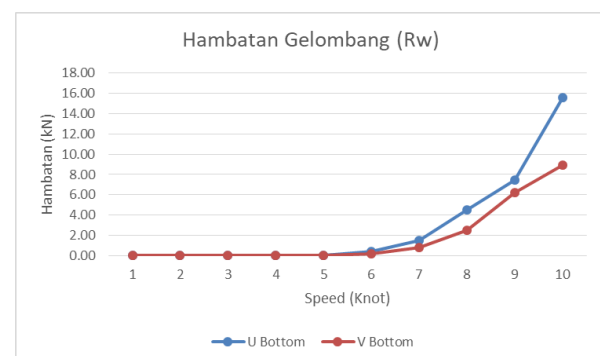
Gambar 12. Grafik Perbandingan Hambatan Gesek Lambung U *Bottom Hull* dengan V *Bottom Hull*

Dari tabel 13 dapat diketahui bahwa Nilai hambatan gesek meningkat secara linier terhadap pertambahan kecepatan pada kedua jenis lambung. V *bottom hull* memiliki hambatan gesek sedikit lebih tinggi daripada U *bottom hull* di seluruh rentang kecepatan, namun perbedaannya relatif kecil. Hambatan gesek terutama dipengaruhi oleh luas permukaan basah (*wetted surface area*). Lambung V *bottom hull* cenderung memiliki luas permukaan basah yang lebih besar dibanding U *bottom hull* pada kondisi sarat yang sama, sehingga gaya geseknya lebih tinggi.

Tabel 14. Perbandingan Nilai Hambatan Gelombang (Rw) Model 1 dan Model 2

Vs (knot)	Rw U Bottom Hull (kN)	Rw V Bottom Hull (kN)
1	0,00	0,00
2	0,00	0,00
3	0,00	0,00
4	0,00	0,00
5	0,06	0,03
6	0,39	0,20
7	1,53	0,83
8	4,55	2,84
9	7,47	6,23
10	15,59	8,93

Dari data tabel 14 tersebut disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 13 untuk melihat perbandingan hambatan gelombang dari kedua bentuk lambung.



Gambar 13. Grafik Perbandingan Hambatan Gelombang Lambung U *Bottom Hull* dengan V *Bottom Hull*

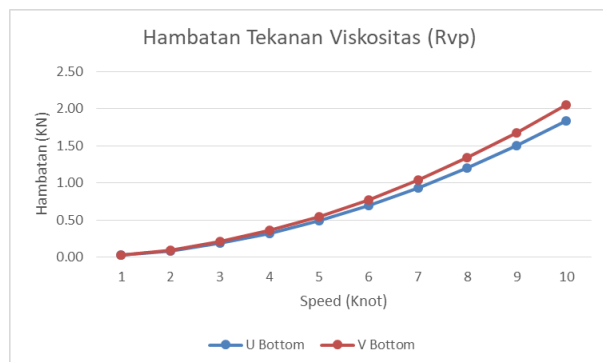
Dari tabel 14 dapat diketahui bahwa Nilai hambatan gelombang meningkat secara eksponensial terhadap pertambahan kecepatan pada kedua jenis lambung. Pada kecepatan 1-5 knot

hambatan gelombang memiliki nilai yang sangat kecil, mulai kecepatan 6 knot hambatan gelombang mulai meningkat tajam. *U bottom hull* memiliki nilai hambatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *V bottom hull*. *V bottom hull* dapat membelah gelombang lebih efisien dibandingkan dengan *U bottom hull* sehingga menghasilkan hambatan gelombang yang jauh lebih rendah.

Tabel 15. Perbandingan Nilai Hambatan Tekanan Viskositas (Rvp) Model 1 dan Model 2

Vs (knot)	Rvp U Bottom Hull (kN)	Rvp V Bottom Hull (kN)
1	0,02	0,03
2	0,09	0,10
3	0,19	0,21
4	0,32	0,36
5	0,49	0,55
6	0,69	0,77
7	0,93	1,04
8	1,20	1,34
9	1,50	1,68
10	1,83	2,05

Dari data tabel 15 tersebut disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 14 untuk melihat perbandingan hambatan gelombang dari kedua bentuk lambung.



Gambar 14. Grafik Perbandingan Hambatan Tekanan Viskositas Lambung *U Bottom Hull* dengan *V Bottom Hull*

Dari tabel 15 dapat diketahui bahwa Nilai hambatan tekanan viskositas meningkat secara linier terhadap pertambahan kecepatan pada kedua jenis lambung. Pola kenaikan Rvp relative mirip dengan Rf. Nilai Rvp *U bottom hull* lebih rendah dibandingkan dengan *V bottom hull*, hal ini dikarenakan sudut V yang membentuk tekanan lebih tinggi di sisi lambung.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan grafik perbandingan hambatan total, dapat disimpulkan bahwa metode perhitungan numerik menggunakan metode Holtrop-Mennen menunjukkan akurasi yang cukup baik dan konsisten dengan data referensi Model 1 (*U bottom hull*). Hal ini membuktikan bahwa pendekatan berbasis metode Holtrop-Mennen yang diterapkan dalam proses perancangan kapal yang dapat diandalkan dalam menganalisis hambatan kapal.

Berikutnya perbandingan antara model 1 (*U bottom hull*) dan model 2 (*V bottom hull*) dalam hal perhitungan numerik dengan metode Holtrop-Mennen. Pada model 1 (*U bottom hull*) dan model 2 (*V bottom hull*) menunjukkan hasil nilai hambatan yang cukup baik atau signifikan naik berdasarkan kecepatan.

Selanjutnya, perbandingan antara Model 1 (*U bottom hull*) dan Model 2 (*V bottom hull*) pada perhitungan *software Maxsurf Resistance* menunjukkan bahwa modifikasi bentuk lambung kapal dalam hal ini modifikasi *V bottom hull* berdampak pada hasil hambatan total, khususnya pada kecepatan tinggi (7-10 knot). Hal ini terjadi akibat pengaruh bentuk *V bottom hull* yang menghasilkan pola aliran fluida yang lebih lancar dan tekanan gelombang yang lebih kecil, terutama pada kecepatan menengah.

Secara keseluruhan, penggunaan perhitungan numerik dengan metode Holtrop-Mennen efektif untuk mengevaluasi performa hidrodinamika kapal, serta mampu mengidentifikasi dampak perubahan desain lambung terhadap karakteristik hambatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] KKP, "Volume Produksi Perikanan," *Statistik KKP*, 2024. Volume Produksi Perikanan. (accessed Oct. 25, 2025).
- [2] M. I. Amri, R. Tahir, A. Haris, H. Agusanty, and M. S. Saleh, "Tren Ekspor Perikanan Indonesia," *Torani: JFMarSci*, vol. 8, no. 1, pp. 44–62, 2024.
- [3] FAO, "World Fish trade fall in 2024," *FAO GLOBEFISH*, 2025. (accessed Oct. 25, 2025).
- [4] A. F. Molland, S. R. Turnock, and D. A. Hudson, "Ship Resistance and Propulsion," *Sh. Resist. Propuls.*, 2011.
- [5] M. L. Hakim, Tuswan, A. Firdaus, and O. Mursid, "Investigating the Comparison of Ship Resistance

- Components Between U and V-Shaped Hulls,” *J. Teknol.*, vol. 85, no. 3, pp. 153–164, 2023.
- [6] R. Irvana, A. Fadillah, and S. Manullang, “Seakeeping and Safety Assessment of Fishing Vessel 30 GT,” *Int. J. Mar. Eng. Innov. Res.*, vol. 7, no. 2, pp. 86–92, 2022.
 - [7] J. Holtrop and G. G. J. Mennen, “Approximate Power Prediction Method,” *International Shipbuilding Progress*, vol. 29, no. 335, pp. 166–170, 1982.
 - [8] Y. Widiyanto, B. A. Adietya, and Samuel, “Jurnal teknik perkapalan,” *Tek. Perkapalan*, vol. 13, no. 2, 2025.
 - [9] H. Li *et al.*, “Carbon footprint assessment and reduction strategies for aquaculture: A review,” *Journal of the World Aquaculture Society*, vol. 56, no. 1, 2025.
 - [10] FAO, “Fishing Vessel Design Database (FVDD),” *Fisheries and Aquaculture*, 2025.
 - [11] ITTC – International Towing Tank Conference, *Recommended Procedures and Guidelines 7.5-02-02-01: Resistance Test*, Revision 03, 26th ITTC Resistance Committee, Approved September 2011.
 - [12] A. F. Molland, S. R. Turnock, and D. A. Hudson, “Ship Resistance and Propulsion,” *Sh. Resist. Propuls.*, 2011.
 - [13] A. Dogrul, S. Song, and Y. K. Demirel, “Scale effect on ship resistance components and form factor,”. 2020.
 - [14] D. Principles, *Ships Marine Structures*. Boca Raton: CRC Press, 2016.
 - [15] V. Bertram, *Practical Ship Hydrodynamics Second edition*, Second edi. Oxford: Elsevier, 2012.