PROSIDING, Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan (SEMITAN II)
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS), Indonesia, 12 Juli 2020
ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

ANALISIS PERBANDINGAN METODE SIMULASI SOFTWARE MAXSURF DENGAN METODE MATEMATIS UNTUK PERHITUNGAN HAMBATAN DAN DAYA MESIN UTAMA KAPAL TANKER 6500 DWT

Rizal Rachman[1], Erifive Pranatal[1], dan Pramudya Imawan S[1]

[1] Teknik Perkapalan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jl. Arief Rachman Hakim 100, Surabaya, 60117.

e-mail: rizalrachman7@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu faktor dalam memprediksi daya mesin utama adalah hambatan kapal, dan didalam dunia perkapalan memiliki simulasi *software* yaitu maxsurf *resistance,* oleh sebab itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan besaran hambatan, daya mesin utama pada kecepatan sampai dengan 12 *knots* antara perhitungan matematis dengan *software* maxsurf *resistance* berdasarkan studi kasus kapal *tanker* 6500 DWT dengan mesin utama yang akan terpasang berdaya 2942 KW. Metode yang digunakan adalah perbandingan metode hambatan matematis harvald dan simulasi *software* maxsurf *resistance* metode holtrop. Dari hasil pembahasan didapatkan kesimpulan dengan menggunakan simulasi *software* maxsurf *resistance* hambatan kapal adalah 154.3 kN membutuhkan daya sebesar 2780.272 kW dengan selisih persentase daya antara mesin utama kapal degan simulasi adalah 5.5% pada *sea margin* 18.80% dan hasil matematis didapatkan hambatan 222,7 kN membutuhkan daya sebesar 2938.7 kW dengan selisih persentase daya antara mesin utama kapal dengan matematis adalah 0.1% pada sea margin 25.138%.

Kata kunci: hambatan, daya, *software* masurf, holtrop, harvald, kapal *tanker*.

PENDAHULUAN

Pemilihan mesin utama pada kapal adalah permasalahan yang sangat kompleks pada sebelum atau saat kapal beroperasi karena akan dapat menimbulkan kerugian. Di dalam dunia perkapalan mempunyai *software* tertentu untuk menyelesaikan pekerjaan yang terkait dengan dunia perkapalan khususnya dalam desain kapal. Dari sekian banyak *software*, ada beberapa program komputasi yang khusus untuk menganalisa perhitungan desain kapal yaitu Maxsurf sebagai contoh program desain untuk menganalisa perhitungan desain kapal dalam hal ini yang digunakan Maxsurf *Modeler*, dan Maxsurf *Resistance*. Maxsurf *Modeler* mampu membuat desain kapal dengan model 3D yang selanjutnya data tersebut dikelola dalam Maxsurf *Resistance* untuk mampu menghitung semua komponen resistensi dan ini dapat diplot dan ditabulasi secara terpisah. (Maxsurf, 2017).

Salah satu faktor untuk mencapai daya mesin optimal adalah hambatan, hambatan dapat menjadi sebuah pertimbangan dalam pemilihan daya mesin utama kapal, oleh sebabnya hambatan kapal dapat sangat berpengaruh terhadap biaya operasional kapal yang ada kaitannya dengan konsumsi bahan bakar (Faradiba dkk, 2015).

Namun dalam banyak perencanaan hambatan kapal, metode konvensional Holtrop digunakan untuk memprediksi hambatan kapal-kapal yang memiliki lambung besar. Oleh sebab itu dapat juga dilakukan dengan menggunakan, metode numerik dengan menggunakan *software* perkapalan dapat menjadi salah satu solusi dalam menghitung tahanan kapal terutama kapal yang mempunyai koefisien blok besar dan kecepatan rendah (Sugianto dkk, 2017).

Beberapa penelitian mengenai prediksi hambatan dengan metode matematis dan simulasi maxsurf *resistance*, antaralain oleh Sugianto, dkk (2017) menganalisa *Computational* model tahanan kapal untuk menentukan kebutuhan daya kapal bulk carrier 8664 DWT, dengan hasil pada kecepatan maksimal kapal bulk carrier 14 knots menghasilkan nilai tahanan total kapal adalah 286. 75 kN dan kebutuhan dayanya adalah 2950.31 kW. Sedangkan dengan perhitugan matematis Holtrop dihasilkan tahanan total 256.59 kN, ini terdapat selisih 10.52% dengan hasil permodelan komputer.

Romadhoni dkk (2017) meganalisa Perbandingan Bentuk Lambung Bulbous Bow Kepala Hiu Martil Terhadap Hambatan Total Kapal, dengan hasil Besarnya tahanan dan daya efektif kapal yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan 15 knot pada kapal dengan bulbous bow jenis ram bow yang diperoleh dari maxsurf 487,48 kN dan 6305,47 Hp. Untuk kapal dengan bulbous bow jenis hiu martil, tahanan dan daya efektif yang diperoleh hasil adalah 525,75 kN dan 6045,07 Hp.

Berdasarkan uraian paper diatas maka pada penelitian ini bertujuan menganalisa perbedaan besaran hambatan, daya mesin utama pada kecepatan sampai dengan 12 *knots* antara perhitungan matematis dengan *software* maxsurf *resistance* berdasarkan

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

studi kasus kapal *tanker* 6500 DWT dengan mesin utama yang akan terpasang berdaya 2942 kW.

KAJIAN PUSTAKA

Hambatan

Faradiba dkk (2015) menyatakan hambatan adalah aspek yang sangat berpengaruh terhadap perencanaan kapal dan biasanya juga menjadi sebuah pertimbangan dalam pemilihan daya mesin utama kapal. Oleh sebabnya hambatan kapal dapat sangat berpengaruh terhadap biaya operasional kapal yang ada kaitannya dengan konsumsi bahan bakar.

Ada banyak metode yang dapat digunakan dalam perhitungan hambatan dalam menentukan besarnya daya penggerak, hambatan terdiri dari hambatan gesek, hambatan gelombang, hambatan bentuk, hambatan udara, hambatan tambahan, hambatan sisa.

Hambatan Gesek

Harvald (1976) menyatakan hambatan gesek ini terjadi karena adanya suatu volume air yang melekat pada badan kapal yang terbentuk pada permukaan bagian yang terendam dari badan kapal yang sedang bergerak, dikenal sebagai lapisan batas (boundary layer).

Iskendar (2006) menyatakan 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.

Hambatan Gelombang

Silaen (2008) menyatakan hambatan pada kapal terdiri dari beberapa komponen dimana *wave making resistance* atau yang lebih sering disebut hambatan gelombang merupakan salah komponen utamanya. Hambatan gelombang dialami kapal akibat adanya energi yang hilang karena digunakan dalam pembentukan gelombang. Gelombang ini terbentuk akibat interaksi antara badan / lambung kapal yang memindahkan air seiring dengan pergerakan kapal (Nooryadi L, 2012).

Hambatan bentuk

Silaen (2008) menyatakan hambatan ini terjadi karena terbentuknya partikel-partikel air yang bergerak dalam satuan pusaran (*eddy)*. Pusaran-pusaran *(eddy)* ini terjadi antara lain karena adanya bentuk kapal yang tidak stream line, bentuk yang demikian ini terdapat di bagian belakang kapal.

Hambatan Udara

Budiyanto (2010) menyatakan hambatan ini terjadi pada badan kapal yang berada di atas permukaan air. Seperti halnya pada badan kapal yang berada di bawah garis air, maka hambatan udara juga terbagi dua menjadi hambatan gesek dan hambatan bentuk. Kecuali dalam cuaca buruk maka hambatan udara yang dialami kapal hanya berkisar 2% -4% dari hambatan total.

Hambatan Tambahan

Utina (2011) menyatakan hambatan tambahan atau *added resistance* kapal menjadi sangat penting karena meningkatnya permintaan dalam kecepatan transportasi. Jika hambatan tambahan kapal tidak diperhitungkan secara benar maka akan dapat menghasilkan penundaan jadwal kapal dan kerugian ekonomi bagi operator dan pengguna. Aspek-aspek hidrodinamika dari kinerja kapal seperti kinerja 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.

Hambatan Sisa

Harvald (1976) menyatakan bagian terbesar dari hambatan sisa adalah komponen dari hambatan gelombang. Hambatan sisa merupakan gabungan dari hambatan gelombang, Hambatan bentuk, hambatan udara dan juga hambatan tambahan.

Hambatan Metode Holtrop Dan Mennen

Dalam penelitian ini dalam metodenya menggunakan dua metode hambatan, salah satunya adalah metode holtrop yang notasi perhitungannya seperti dibawah ini:

Perhitungan Tahanan Total Metode Holtrop

Dalam notasi perhitungan tahanan total (R_T) metode holtrop (1978), sebagai berikut:

$$R_T = \frac{1}{2} . \rho . v^2 . S_{tot} [C_F (1 + k) + C_A] + R_W/W . W$$

Lalu untuk menentukan $R_{TDinas,}$ adalah sebagai berikut:

$$R_{TDinas} = R_T + (\text{persentase batas laut} * R_T)$$

Batas laut = 10 – 30%

Hambatan Metode Guldhammer-Harvald

Dalam metode kedua yaitu metode harvald notasi perhitungannya diketahu sebagai berikut:

Perhitungan Tahanan Total Kapal Metode Harvald

Dalam notasi perhitungan tahanan total (R_T) metode harvald, sebagai berikut:

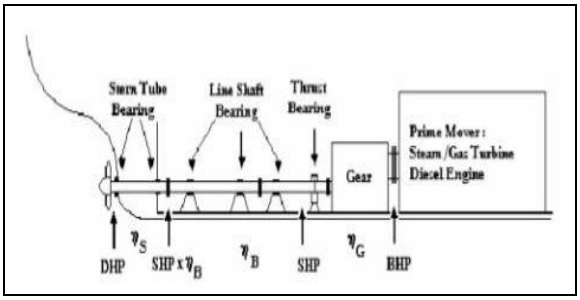
$$R_T = \frac{1}{2} . \rho . v^2 . S . C_T$$

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

Dalam penentuan R_{Tdinas} kedua metode relatif sama.

Daya Mesin Utama

Secara umum kapal yang bergerak di media air memiliki kecepatan tertentu, akan mengalami gaya hambat (*resistance*), yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong (*thrust*) kapal, yang dihasilkan oleh alat gerak (*propulsor*). Lalu daya disalurkan (PD) kealat penggerak kapal adalah berasal dari daya poros (PS), sedangkan daya poros sendiri berasal dari daya rem (PB), yang merupakan daya luaran mesin induk, dan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1: Sistem Propulsi Kapal.

Maka dari gambar 1 didapatkan notasi perhitungan seperti berikut:

Perhitungan Prediksi Effective Horse Power (EHP)

Langkah awal untuk perhitungan daya mesin induk atau BHP_{MCR} adalah perhitungan EHP sebagai berikut:

$$EHP = R_T \, . \, Vs$$

Perhitungan prediksi delivery horse power (DHP)

Setelah menghitung EHP selanjutnya adalah menghitung DHP, yaitu sebagai berikut:

$$DHP = EHP / Pc$$

Dimana notasi Pc adalah koefisien propulsif

$$Pc = \eta H \, . \, \eta R \, . \, \eta P$$

Dimana notasi – notasi tersebut adalah :
ηH = efisiensi badan kapal (0,7 – 0,9)
ηRR = efisiensi relatif propulsive (1,0 – 1,1)
ηP = efisiensi propulsi 40% - 70%

Perhitungan Prediksi Shaft Horse Power (SHP)

Setelah menghitung DHP selanjutnya adalah menghitung SHP, untuk Perhitungan SHP sesuai *Principles of Naval Architecture, vol. II, hal. 202* dengan kamar mesin di belakang ($\eta S \eta B$) dan mengalami kehilangan daya berkisar 2% yaitu 100%-2% = 98% dimana notasinya sebagai berikut:

$$SHP = DHP / \eta S \eta B$$

Perhitungan Brake Horse Power (BHP_{SCR})

Setelah menghitung SHP selanjutnya adalah menghitung BHP_{SCR} untuk selanjutnya menghitung BHP_{MCR}, notasi perhitungan BHP_{SCR} adalah

$$BHP_{SCR} = SHP / \eta G$$

Dimana :
ηG adalah efek reduksi dari gear yang berkuran 2%

Perhitungan Brake Horse Power (BHP_{MCR})

Selanjutnya adalah menghitung BHP_{MCR} sebagai berikut:

$$BHP_{SCR} = BHP_{SCR} / \text{strata keluaran daya.}$$

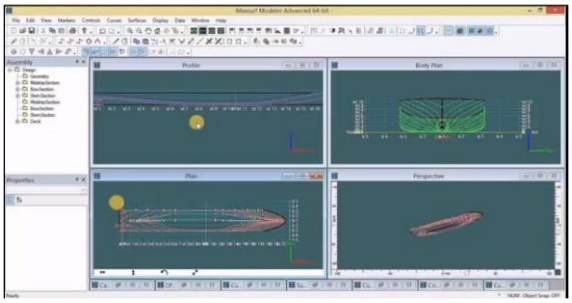
Dimana rating ini sebesar 80% - 85%

Simulasi Program Maxsurf

Permodelan yang dilakukan pada program perkapalan adalah bentuk badan kapal yang tercelup dalam fluida atau air laut dengan menggunakan program maxsurf. Adapaun maxsurf yang digunakan dalam penelitian ini adalah maxsurf *modeler* dan maxsurf *resistance*.

Maxsurf modeler

Maxsurf (2017) menyatakan maxsurf *modeler* adalah sistem pemodelan tiga dimensi yang baik untuk digunakan, mampu memberi gambaran lingkungan yang jelas dan familier untuk pekerjaan desain. Menggunakan maxsurf memungkinkan untuk eksperimen sistematis dan pengoptimalan yang cepat dari setiap desain. Hal ini ditunjukan pada gambar 1.



Gambar 2: Detail Simulasi Maxsurf Modeler.

Setelah desain didapatkan dari maxsurf modeler maka perlu melakukan pengecekan pada displasemen kapal desain yang harus sesuai dengan displasemen kapal sebenarnya. Dengan nilai kesesuaian tidak lebih dari 5%, notasinya sebagai berikut:

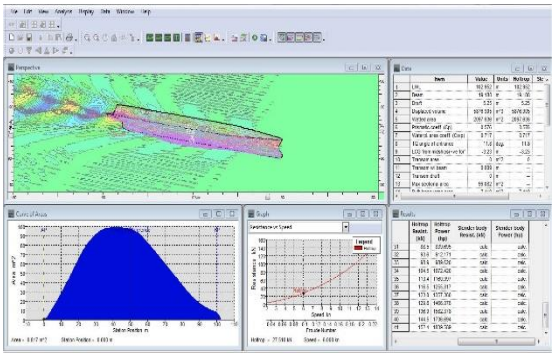
$$\text{Koreksi} = \frac{\text{displasemen model} - \text{displasemen kapal}}{\text{displasemen kapal}}$$

Maxsurf Resistance

Maxsurf (2017) menyatakan maxsurf *resistance* menyediakan sarana untuk memprediksi hambatan lambung kapal. Prediksi maxsurf *resistance* dapat dibaca dan diukur secara otomatis untuk

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

mendapatkan parameter yang diperlukan atau parameternya dapat dimasukkan secara manual.



Gambar 3: Detail Simulasi Maxsurf Resistance.

METODE PENELITIAN

Langkah-langkah dalam metode penelitian diuraikan sebagai berikut:

1. Tahapan identifikasi masalah.
   Pada tahapan ini dirumuskan permasalahan yang terkait, selanjutnya dilakukan studi literatur dan pengumpulan data lapangan.
2. Studi literatur.
   Studi literatur yang dilakukan penulis yaitu dengan membaca buku dan jurnal-jurnal yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas.
3. Pengumpulan data.
   Pada tahap pengumpulan data, penulis melakukan pengumpulan data pada PT. Dock dan Perkapalan Surabaya terkait dengan data kapal yang terkait dengan permasalahan yang dibahas, yang selanjutnya dilakukan perhitungan prediksi hambatan.
4. Perhitungan prediksi hambatan.
   Dilakukan perhitungan untuk mendapat nilai dari prediksi hambatan sebagai acuan lanjutan untuk perbandingan antara hasil prediksi simulasi maxsurf perhitungan prediksi daya mesin utama kapal dengan menggunakan metode holtrop.
5. Pemodelan hull dan simulasi pada maxsurf.
   Mendesain kembali model hull sesuai ukuran utama kapal dan rencana garis kapal tanker pada *software*, dan selanjutnya melakukan tahap *running* simulasi model pada *software* maxsurf *resistance* untuk mengetahui hasil hambatan dan daya mesin utama kapal dengan menggunakan metode maxsurf *resistance.*
6. *Output* hasil.
   Hasil output dari perhitungan hambatan kapal matemasi metode holtrop dan simulasi software dengan metode holtrop ini selanjutnya akan divalidasi.
7. Validasi hasil.
   Dilakukan validasi hasil hambatan pada pemprograman maxsurf *resistance* dengan hitungan matematis Holtrop, untuk mengetahui ada tidaknya besaran perbedaan hambatan kapal.
8. Prediksi daya mesin utama.
   Dilakukan prediksi menggunakan perhitungan matematis metode holtrop dan simulasi maxsurf *resistance* untuk mengetahui besaran daya optimal mesin utama antara kedua metode tersebut.
9. Perbandingan hasil.
   Dilakukan perbandingan hasil daya optimal mesin utama tiap metode dengan daya mesin utama yang telah ada pada kapal sebenarnya yang telah ditentukan untuk mengetahui ada tidaknya besaran perbedaan antara kedua metode.
10. Kesimpulan dan saran.
    Dari hasil analisis teknis akan dapat ditarik kesimpulan mengenai ada atau tidaknya perbedaan atu tidaknya antara nilai prediksi hambatan, daya mesin utama.

PEMBAHASAN

Ukuran Utama Kapal

Dari studi literatur dan pengumpulan data lapangan maka telah didapatkan data ukuran utama dan besaran kapal yang akan dihitung untuk mendapat nilai prediksi hambatan matematis dan juga disimulasikan pada *software* maxsurf untuk mendapat model yang sesuai lalu diprediksikan hambatannya, dan menghasilkan daya mesin induk, ukuran utama dan besaran seperti pada tabel 1.

Tabel 1: Data Ukuran Utama Dan Besaran Kapal.

Ukuran Utama dan Besaran	
Tipe	Tanker 6500 LTDW
L_{OA}	108,00 m
L_{WL}	103,80 m
L_{PP}	102,00 m
B	19,20 m
H	9,30 m
Draft	6,00 m
Vs	12 knot
CB	0,765
CM	0,992
CP	0,771
CWP	0.866
Volume displasemen	9370.25 ton
Massa jenis air laut	1.025
Displasemen	9141.7 m^3
LCB	81,243 m
G	9,81 m/s^2
Fn	0,193

Dari data pada tabel 1, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan prediksi hambatan.

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

Prediksi Matematis Hambatan Metode Harvald

Dalam hal ini metode yang digunakan adalah metode harvald, dari notasi yang ada pada bab kajian pustaka hambatan metode guldhammer harvald, maka dijabarkan sebagai berikut:

R_T = ½ . ρ . v^2 . S . C_T
= ½ . 1,025. 6,173 . 2646,94 . 0,00345
= 178,4 kN

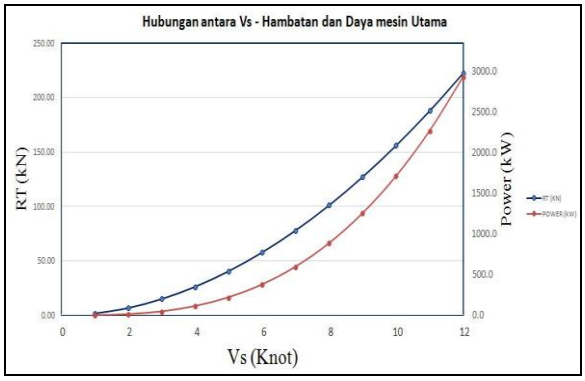
Dari perhitungan tersebut dapat mencari hambatan total saat beroperasi, dengan notasi:

R_T = 178,4 + (25% . 178,4)
= 222,97 kN

Didapatkan nilai prediksi hambatan kapal tanker 6500 dwt dengan perhitungan matematis metode harvald pada kecepatan 12 knot yang telah dihitung adalah sebesar 222,97 kN, hal ini dilengkapi dengan gambar dan tabel, seperti pada gambar 4, dan tabel 2.

Tabel 2: Hasil Prediksi Kecepatan – Hambatan.

Vs (Knot)	Vs (m/s)	Fn	Hambatan (kN)	Daya (kW)
0	0	0	0	0
1	0.,51	0,016	1,84	2,0
2	1,03	0,032	6,98	15,3
3	1,54	0,048	15,25	50,2
4	2,06	0,064	26,57	116,7
5	2,57	0,081	40,89	224,6
6	3,09	0,097	58,19	383,4
7	3,60	0,113	78,42	602,9
8	4,12	0,129	101,57	892,4
9	4,63	0,145	127,61	1261,4
10	5,14	0,161	156,54	1719,3
11	5,66	0,177	188,33	2275,3
12	6,173	0,193	222,97	2938,7



Gambar 4: Grafik kecepatan – hambatan dan daya.

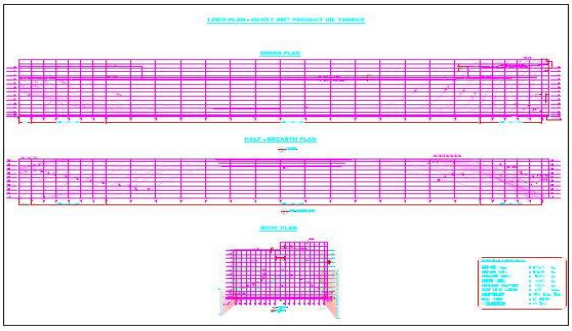
Dari gambar terlihat bahwa semakin besar kecepatan maka akan menghasilkan hambatan yang juga semakin besar juga daya yang dibutuhkan. Dengan hasil besaran hambatan 222, 7 dan memerlukan daya sebesar 2938.7

Selanjutnya adalah memodelkan dan mensimulasikan kapal tanker untuk mendapat nilai hambatan melalui simulasi maxsurf, dengan menggunakan maxsurf *modeler* dan maxsurf *resistance*, untuk dapat dilakukan perbandingan.

Simulasi Maxsurf

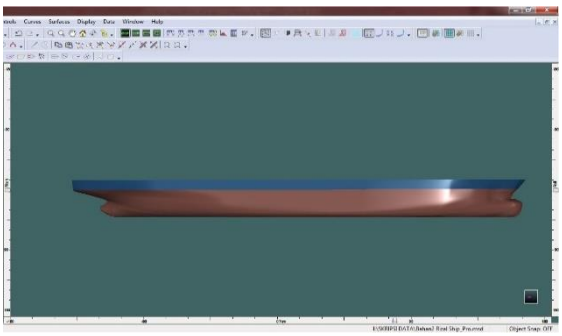
Maxsurf Modeler

Dalam hal ini dimodelkan dengan menggunakan data ukuran utama kapal yang disesuaikan degan gambar rencana garis, seperti pada gambar 5.



Gambar 5: Data Rencana Garis.

Rencana garis tersebut sebagai acuan untuk mendesain ulang pada maxsurf *modeler* dan didapatkan hasil model seperti ditunjukan pada gambar 6.



Gambar 6: Hasil Simulasi Maxsurf Modeller.

Hasil model dari maxsurf *modeller* diketahui desain memiliki displesemen 9371 ton, dan selanjutnya dilakukan koreksi displesemen untuk mengetahui kesesuaian model dengan data dari kapal yang telah didapatkan, sebagai berikut:

$$\text{Koreksi} = \frac{\text{Displasemen model} - \text{Displasemen kapal}}{\text{Displasemen kapal}}$$
$$= \frac{9371 - 9370}{9370}$$
$$= 0{,}01 \text{ (Sesuai} \leq 0.5\text{)}$$

Dari hasil diketahui bahwa model yang telah didesain sesuai dengan data kapal. Selanjutnya melakukan simulasi dengan menggunakan maxsurf *resistance*.

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

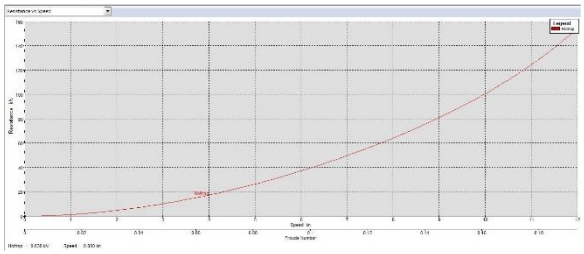
Maxsurf Resistance

Dari desain maxsurf *modeler* yang didapatkan dilakukan simulasi dan mendapatkan hasil, seperti pada gambar 7.

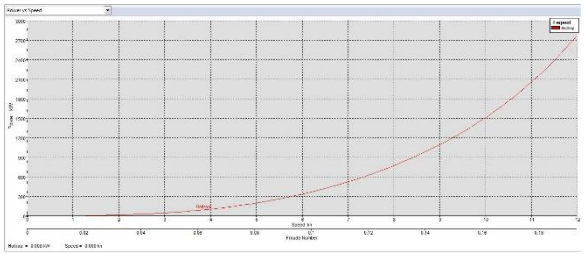
	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Power (kW)
1	0.000	0.000	0.000	--	--
2	0.500	0.008	0.018	0.3	0.263
3	1.000	0.016	0.036	1.3	1.913
4	1.500	0.024	0.054	2.7	6.132
5	2.000	0.032	0.072	4.7	14.034
6	2.500	0.040	0.090	7.1	26.695
7	3.000	0.048	0.108	10.0	45.165
8	3.500	0.056	0.126	13.4	70.476
9	4.000	0.064	0.144	17.3	103.640
10	4.500	0.073	0.162	21.5	145.658
11	5.000	0.081	0.180	26.3	197.514
12	5.500	0.089	0.198	31.5	260.188
13	6.000	0.097	0.216	37.1	334.660
14	6.500	0.105	0.233	43.2	421.934
15	7.000	0.113	0.251	49.7	523.081
16	7.500	0.121	0.269	56.8	639.303
17	8.000	0.129	0.287	64.2	772.029
18	8.500	0.137	0.305	72.3	923.036
19	9.000	0.145	0.323	81.0	1094.585
20	9.500	0.153	0.341	90.4	1289.576
21	10.000	0.161	0.359	100.6	1511.695
22	10.500	0.169	0.377	111.9	1765.564
23	11.000	0.177	0.395	124.5	2056.856
24	11.500	0.185	0.413	138.5	2392.442
25	12.000	0.193	0.431	154.3	2780.272

Gambar 7: Hasil Simulasi Maxsurf Resistance.

Dari hasil simulasi tersebut didapatkan hambatan kapal 154,3 kN pada kecepatan 12 knot memerlukan daya sebesar 2780,272, hasil ini dilengkapi dengan gambar grafik hasil maxsurf *resistance* seperti pada gambar 8 dan grafik hasil seperti pada gambar 8 - 9.



Gambar 8: Grafik Hambatan Maxsurf Resistance.



Gambar 9: Grafik Daya Maxsurf Resistance.

<u>Prediksi Hambatan Dari Data Daya Mesin Utama</u>

Dalam hal ini untuk mengetahui besaran hambatan yang diterima kapal sebenarnya maka dilakukan perhitungan pada data daya mesin utama kapal, dengan skema perhitungan, sebgai berikut:

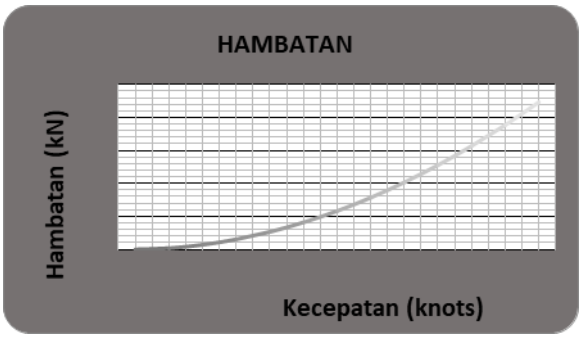
BHP_{MCR} -> BHP_{SCR} -> SHP -> DHP -> EHP -> R_T

Didapatkan hasil nilai hambatan dinas kapal sebenarnya sebesar 223,20 kN.

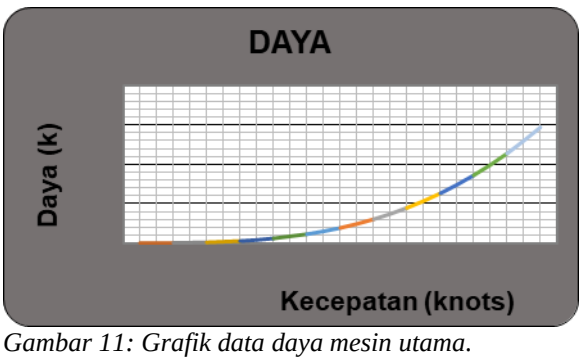
Hasil tersebut dilengkapi dengan table dan hasil grafik linier hambatan dan kecepatan sampai dengan 12 knot seperti pada tabel 3 dan gambar 10 - 11.

Tabel 3: Hasil Prediksi Data Mesin Utama Kapal.

Vs (Knot)	Vs (m/s)	Fn	Hambatan (kN)	Daya (kW)
0	0	0	0	0
1	0,51	0,016	1,8	2,0
2	1,03	0,032	6,9	15,4
3	1,54	0,048	15,2	50,3
4	2,06	0,064	26,6	116,9
5	2,57	0,081	40,9	224,9
6	3,09	0,097	58,2	383,9
7	3,60	0,113	78,5	603,6
8	4,12	0,129	101,6	893,4
9	4,63	0,145	127,7	1262,8
10	5,14	0,161	156,7	1721,2
11	5,66	0,177	188,5	2277,8
12	6,173	0,193	223,2	2942



Gambar 10: Grafik hambatan kapal sebenarnya.



Gambar 11: Grafik data daya mesin utama.

Dari prediksi secara matemati untuk dari data besaran daya permesinan mesin utama kapal diketahui sebesar 223.2 kN dengan besaran daya sesuai data yaitu 2942 kW.

Dari data-data tersebut, didapatkan nilai besaran perbedaan antara matematis – simulasi, data mesin utama – simulasi.

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

Perbandingan Hasil

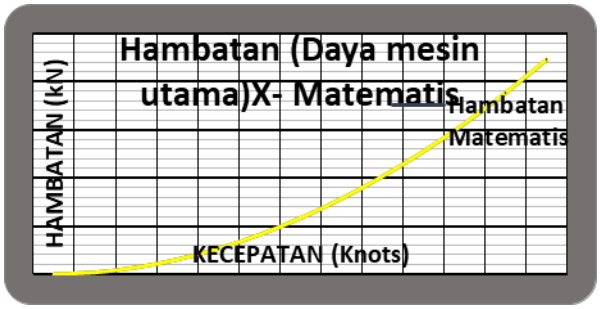
Dari data-data yang dikelola didapatkan nilai perbedaan pada hasil matematis - simulasi, dan mesin utama kapal - seperti pada tabel 4, 5 dan gambar grafik 12 – 15.

Tabel 4: Perbedaan Hasil Kapal Sebenarnya – Prediksi Matematis.

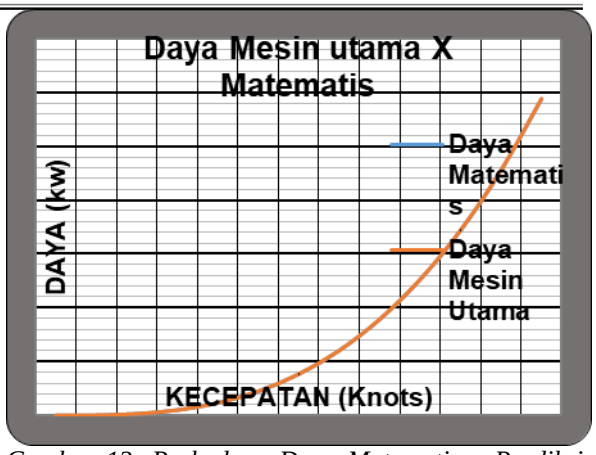
Vs (Knot)	Hambatan Kapal (kN)	Hambatan Matematis (kN)	Daya Kapal (kW)	Daya Matematis (kW)
0	0	0	0	0
1	1,8	1,84	2,0	2,0
2	6,9	6,98	15,4	15,3
3	15,2	15,25	50,3	50,2
4	26,6	26,57	116,9	116,7
5	40,9	40,89	224,9	224,6
6	58,2	58,19	383,9	383,4
7	78,5	78,42	603,6	602,9
8	101,6	101,57	893,4	892,4
9	127,7	127,61	1262,8	1261,4
10	156,7	156,54	1721,2	1719,3
11	188,5	188,33	2277,8	2275,3
12	223,2	222,97	2942,0	2938,7

Tabel 5: Perbedaan Data Mesin Utama Kapal-Simulasi.

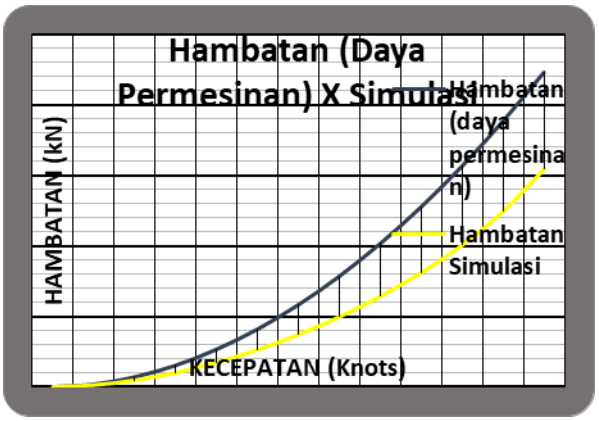
Vs (Knot)	Hambatan Kapal (kN)	Hambatan Simulasi (kN)	Daya Kapal (kW)	Daya Simulasi (kW)
0	0	0	0	0
1	1,8	1,30	2,0	1,9
2	6,9	4,70	15,4	14.0
3	15,2	10,00	50,3	45,6
4	26,6	17,30	116,9	103,6
5	40,9	26,30	224,9	197,5
6	58,2	37,10	383,9	334,6
7	78,5	49,70	603,6	523,0
8	101,6	64,20	893,4	772,0
9	127,7	81,00	1262,8	1094,5
10	156,7	100,60	1721,2	1511,7
11	188,5	124,50	2277,8	2056,9
12	223,2	154,30	2942,0	2780,27



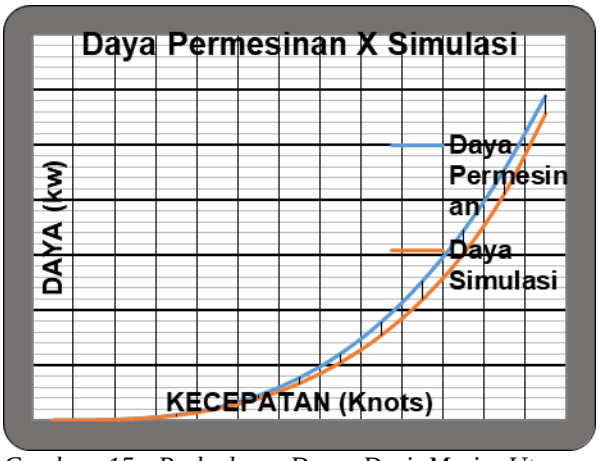
Gambat 12: Perbedaan Hambatan Kapal Sebenarnya – Prediksi Matematis.



Gambar 13: Perbedaan Daya Matematis – Prediksi Matematis.



Gambar 14: Perbedaan Hambatan Dari Daya Mesin Utama – Prediksi simulasi.



Gambar 15: Perbedaan Daya Dari Mesin Utama Kapal – Prediksi Simulasi.

Dari tabel dan gambar diatas, hambatan dan daya yang dihasilkan oleh simulasi maxsurf lebih kecil dari hambatan dan kapal, maka untuk mencari nilai kongkrit dari perbedaan besaran daya adalah mencari nilai kesamaan atau kemiripan daya dari metode simulasi maxsurf dengan metode matetais dan daya mesin utama kapal secara matematis, dengan hasil seperti pada tabel 6 – 7 dan gambar 17 – 18.

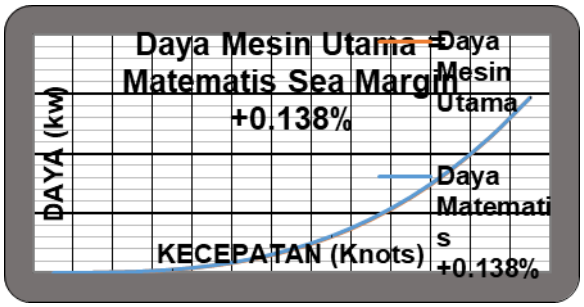
ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

Tabel 6: Mesin Utama Kapal – Matematis +0,138% Sea Margin.

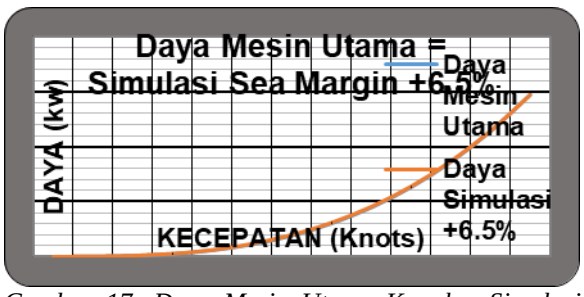
Vs (Knot)	Daya Matematis (kW)	Daya Matematis+0.138% (kW)
0	0	0
1	2,0	2,0
2	15,4	15,4
3	50,3	50,3
4	116,9	116,8
5	224,9	224,8
6	383,9	383,9
7	603,6	603,6
8	893,4	893,4
9	1262,8	1262,8
10	1721,2	1721,2
11	2277,8	2277,8
12	2942,0	2942,0

Tabel 7: Mesin Utama Kapal – Simulasi +6,5% Sea Margin.

Vs (Knot)	Daya Matematis (kW)	Daya Simulasi+6.5% (kW)
0	0	0
1	2,0	2,26
2	15,4	16,6
3	50,3	53,2
4	116,9	122,1
5	224,9	232,9
6	383,9	394,5
7	603,6	616,1
8	893,4	906,8
9	1262,8	1275,5
10	1721,2	1731,2
11	2277,8	2283,2
12	2942,0	2941,10



Gambar 16: Daya Mesin Utama – Daya Prediksi Matematis Sea Margin +0.138%.



Gambar 17: Daya Mesin Utama Kapal – Simulasi Sea Margin +6.5%.

Dari hasil tabel dan gambar grafik yang telah diplotkan diketahui Hasilnya adalah perbedaan antara daya mesin utama dan daya hasil matematis berada di *sea margin* +0,138%, dari *sea margin* awal *25%* dan perbedaan antara daya kapal sebenarnya dengan daya hasil simulasi berada di sea margin +6,5% dari *sea margin* awal 12.30%.

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini melakukan perbandingan hambatan dengan menggunakan metode matematis dan simulasi *software*, didapatkan studi literatur dan pengumpulan data dengan kasus kapal tanker 6500 dwt, dari data yang telah dikelolah didapatkan hasil berikut:

1. Nilai hambatan dan daya kapal pada kecepatan 12 knot metode holtrop hambatan 154.3 kN dan daya mesin utama kapa sebesar 2780.27 kW, sedangkan metode harvald hambatan 222.97 kN dan daya mesin utama diperoleh hambatan sebesar 222.97 kN dan daya sebesar 2938.7 kW, lalu dari daya kapal sebenarnya 2942 kW diperoleh hambatan sebesar 223.20 kN.
2. Nilai persentase selisih besaran daya optimal mesin utama kapal dengan metode matematis pada acuan *sea margin* yaitu sebesar 25.138% dan nilai persentase selisih besaran daya optimal mesin utama kapal sebenarnya dengan simulasi maxsurf pada acuan *sea margin* yaitu 18.80%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan terimakasih sedalam dalamnya kepada pt. dok dan perkapalan surabaya yang telah banyak sekali memberikan masukan dan data yang diperlukan dalam pengerjaan penelitian skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

Budiyanto, M. Arif. (2010). *Efektifitas Penggunaan Bantalan Udara pada Tongkang Pengangkut Batu Split Dalam Mengurangi Tahanan Gesek* Kapal. Depok: Teknik Perkapalan. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.

Faradiba, Yulinda. (2015). *Analisa Hambatan Pada Kapal Tentramaran Dengan Konfigurasi Jarak Antar Lambung Secara Melintang (S/L).* Depok: Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.

Harvald, SV. Aa. (1983). *Tahanan dan Propulsi Kapal.* Terjemahan oleh Jusuf Sutomo, Ir. M.sc. 1992. Surabaya: Airlangga University Press.

Holtrop, J. and Mennen, G.G. (1978). *a Statistical Power Prediction Method, International Shipbuilding",* Progress.

Iskendar. (2006). Komponen Gaya Hambatan Pada Kapal Cepat : *Jurnal Sains dan Teknologi*

ISSN 2686-0651
Vol. 2, No. 1, Juli 2020

Indonesia Vol 8 no. 2. Agusutus 2006. Pusat Teknologi Industri dan Sistem Transportasi, Kedeputian Bidang TIRBR, BPPT

MAXSURF. *Resistance. Program & User Manual Bentley Systems.* Incorporated. All rights reserved. Copyright © 2017.

Nooryadi, L. (2012). Perhitungan *Wave Making Resistance* pada Kapal Katamaran dengan Menggunakan CFD : *Jurnal Teknik ITS Vol 1. No 1. September 2012. ISSN : 2301-9271*

Romadhoni. (2017). Analisa Bentuk Lambung Bulbous Bow Kepala Hiu Martil Terhadap Hambatan Total Kapal : *JURNAL INOVTEK POLBENG. VOL. 07. NO. 1. JUNI 2017. E-ISSN: 2580-2798*. Politeknik Bengkalis.

Silaen, Andre Guntur. (2008). *Analisa Hambatan Kapal Trimaran Pengangkut Ikan*. Depok: Universitas Indonesia.

Sugianto, Erik. dan Arif Winarno. (2017). Computational Model Tahanan Kapal untuk Menentukan Kebutuhan Daya Kapal Bulk Carrier 8664 DWT KAPAL : *Jurnal Kelautan. Volume 10. No. 2, 2017. ISSN: 2476-9991 (online)*. Universitas Trunojoyo Madura.

Utina, M. Ridwan. (2011). Kajian Pengaruh Gelombang Irreguler Terhadap Added Resistance pada Kapal Patroli Cepat 36 M : *Jurnal Wave, UPT. BPPH – BPPT Vol. 5, No. 2*. 2011.