

STUDI PERHITUNGAN TAHANAN KAPAL KONTAINER 8500 DWT

Mufti Fathonah Muvariz^{1,*}, Sulistyio Wibowo¹, Naufal Abdurrahman¹, Hendra Saputra¹, Sapto Wiratno Satoto¹, Nidia Yuniarsih¹, dan Nurman Pamungkas¹

¹ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam

*Corresponding author: mufti@polibatam.ac.id

Article history

Received:

10 Juni 2019

Accepted:

25 Juni 2019

Published:

29 Juni 2019

Copyright © 2019
Jurnal Teknologi
dan Riset Terapan

Open Access

Abstrak

Negara Indonesia adalah negara maritim, Negara yang mempunyai banyak sungai dan lautnya. Dalam proses transportasi antar pulau yang terpisahkan oleh perairan, sarana transportasi laut dan sungai sangat dibutuhkan. Untuk menunjang perekonomian negara dan juga sarana transportasi hasil bumi, salah satu alat yang dibutuhkan adalah kapal kontainer. Kapal kontainer adalah kapal yang didesain khusus dan digunakan hanya untuk mengangkut kontainer. Kapal kontainer memiliki desain khusus sesuai ukuran peti kemas yang sudah distandarkan. Untuk menentukan nilai hambatan dan nilai data hidrostatisnya perlu dilakukan pemodelan desain lambung kapal 3D menggunakan bantuan software perkapalan. Metode yang digunakan dalam perancangan desain 3D lambung kapal adalah menggunakan bantuan software maxsurf enterprise v8i. Tujuan dari perancangan kapal ini adalah untuk mengetahui data hidrostatis dan besar hambatan dari bentuk kapal. Dari Perhitungan didapatkan nilai-nilai sebagai berikut : $C_b = 0,74$, $C_m = 0,99$, $C_{wl} = 0,844$, $C_p = 0,7515$, $C_{pv} = 0,8815$. Diperoleh juga nilai dari Volume Displacement = $9699,37 \text{ m}^3$, Besar Displacement = $9941,87 \text{ ton}$ dan juga nilai Hambatan Kapal sebesar $221,182 \text{ kN}$.

Kata Kunci: kapal kontainer, hambatan kapal, data hidrostatis

Abstract

Indonesia is a maritime country which has many rivers and the sea. In the process of transportation between islands separated by waters, sea and rivers transportation is needed. To support the economy of the country and also crops transport, one of the tools needed is a container ship. The container ship is a ship specially designed and it is used only to contain containers. Container ships have a special design according to standardized container sizes. To determine the value of resistance and value of hydrostatic data it is necessary to model 3D ship hull design using the help shipping software. The method used in the designing 3D hull design is to use maxsurf enterprise v8i software. The purpose of this ship design is to know the hydrostatic data and the major obstacles of the ship shape. From the calculation obtained values as follows: $C_b = 0.74$, $C_m = 0.99$, $C_{wl} = 0.844$, $C_p = 0.7515$, $C_{pv} = 0.8815$. Also obtained the value of Volume Displacement = 9699.37 m^3 , Large Displacement = 9941.87 tons and also the value of Ship Resistance of $221,182 \text{ kN}$.

Keywords: *Container Ship, Ship Resistance, Hydrostatic Data*

1.0 PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan, sehingga terdiri dari ribuan pulau-pulau yang terpisahkan oleh perairan. Sebagai sarana penunjang transportasi antar pulau yang dipisahkan oleh perairan sangat dibutuhkan media transportasi. Salah satu media transportasi perairan adalah kapal kontainer. Kontainer (peti kemas) adalah satu kemasan yang dirancang secara khusus dengan ukuran tertentu, dapat dipakai berulang kali, dipergunakan untuk menyimpan dan sekaligus mengangkut muatan yang ada di dalamnya. Filosofi dibalik peti kemas ini adalah adanya kemasan yang berstandar yang dapat dipindah-pindahkan ke berbagai

moda transportasi laut dan darat dengan mudah seperti kapal laut, kereta api, truk atau angkutan lainnya sehingga transportasi ini efisien, cepat, aman, dan memungkinkan dipindahkan dari pintu ke pintu (door to door). [1] Kapal pengangkut peti kemas (Container Ship) adalah kapal pengangkut barang yang sudah diatur dalam peti-peti. Muatan peti kemas disamping di dalam palka juga diletakkan di atas dek dengan pengikatan yang kuat, sehingga peti kemas tersebut tidak bergeser dari tempatnya semula pada saat berlayar. [2]

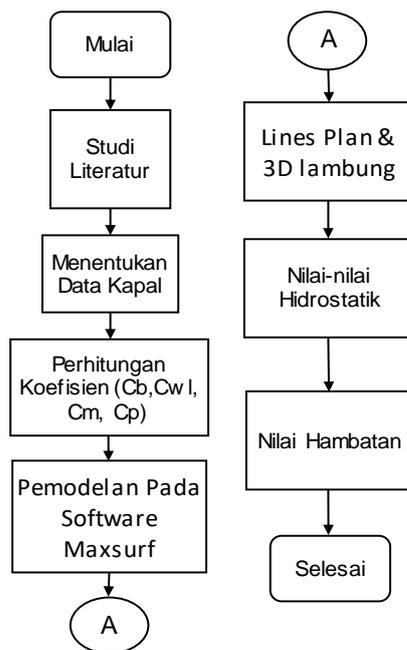
Dalam proses pembuatan kapal, terlebih dahulu adalah membuat rencana garis (lines plan). Seiring dengan berkembangnya teknologi, metode perancangan desain kapal banyak menggunakan software kapal,

salah satunya adalah software maxsurf. Software ini digunakan untuk memperoleh model 3D lambung kapal. Dalam proses perancangan ini adalah dengan memasukkan data yang sudah ada ke dalam maxsurf.

Tujuan yang ingin dicapai dari perancangan ini adalah mengetahui nilai hambatan dan data hidrostatis. Adapun batasan masalah dalam perancangan ini adalah hanya menggunakan software maxsurf enterprise v8i, tidak menghitung konstruksi profil dan perlengkapan-perengkapan lain yang dibawa kapal.

2.0 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam perancangan ini adalah menggunakan data yang ada dari desain 1. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengetahui ukuran utama kapal yang akan dirancang. Dari offset data dibuat rencana garis menggunakan Autocad. Dari rencana garis tadi masukkan data ke dalam software Maxsurf untuk membuat 3D model lambung kapal. Setelah 3D model lambung kapal didapatkan, dilanjutkan kalkulasi untuk mengetahui nilai hambatan dan data hidrostatisnya.



Gambar 1. Flowchart penelitian

2.1 Data Kapal

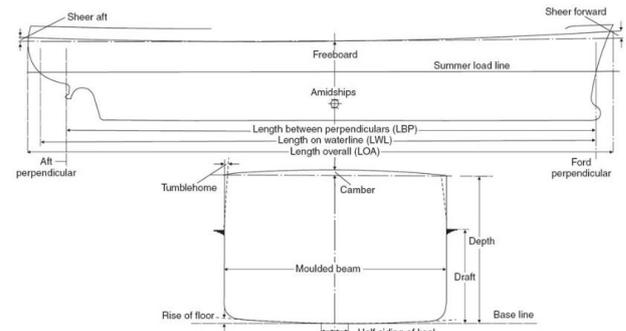
Dalam proses perancangan kapal diperlukan data pembanding untuk mengetahui data-data umum kapal. Berikut adalah data kapal pembanding kapal kontainer yang berhasil didapat:

Nama Kapal	: DUYGU [3]
LOA	: 111,24 m
Lpp	: 103,25 m
B	: 17,3 m
T	: 6,44 m
H	: 8,34 m
DWT	: 6.273 ton

Nama Kapal	: EASLINE BUSAN [3]
LOA	: 149,56 m
Lpp	: 140,14 m
B	: 22,3 m
T	: 8,26 m
H	: 11,1 m
DWT	: 12.713 ton

2.2 Ukuran Utama Kapal

Ukuran utama kapal sangat penting dalam perancangan kapal. Pengertian ukuran-ukuran utama kapal adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Ukuran Utama Kapal

1) LOA (Length Overall)

LOA adalah panjang kapal keseluruhan yang diukur dari ujung buritan sampai ujung haluan

2) Lpp (Length Between Perpendiculars)

LPP adalah panjang antara kedua garis tegak buritan dan garis tegak haluan yang diukur pada garis air muat.

3) Lwl (Length On The Waterline)

Lwl adalah jarak mendatar antara kedua ujung garis muat. Lwl di ukur dari titik potong linggi haluan sampai titik potong linggi buritan dan tidak termasuk tebal kulit lambung.

4) H (Height/Depth)

Merupakan jarak tegak dari garis dasar sampai garis geladak terendah, ditepi diukur ditengah-tengah panjang kapal (Lpp)

5) T (Draught/Draft)

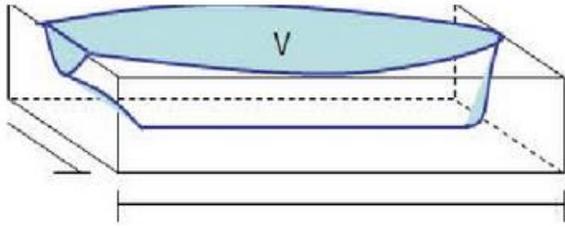
Merupakan jarak tegak dari garis dasar sampai pada garis air muat

6) T (Draught/Draft)

Merupakan jarak mendatar gading tengah kapal yang diukur pada bagian luar gading (tidak termasuk tebal kulit lambung [4])

7) Koefisien Block (Cb)

Koefisien block adalah rasio antara volume kapal dengan volume kotak yang berukuran $B \times T \times L$



Gambar 3. Koefisien *block*

Perhitungan C_b dapat didapatkan melalui beberapa rumus pendekatan sebagai berikut :

$$C_b = 1,179 - (0,333 \times V) / (Lbp^{0,5}) \quad (1)$$

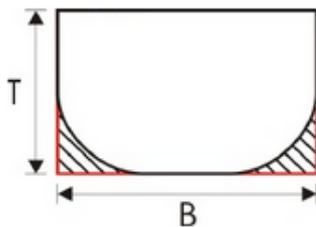
Dimana,

C_b = Koefisien blok

V = Kecepatan kapal (Knot)

8) Koefisien Midship (C_m)

Koefisien midship adalah rasio antara luas midship dengan segi empat yang berukuran $B \times T$



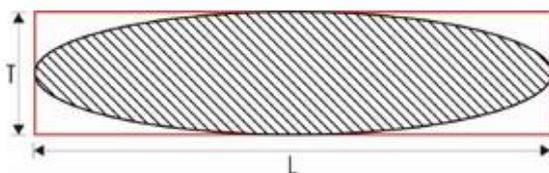
Gambar 4. Koefisien *Midship*

Berikut adalah rumus pendekatan untuk mencari nilai koefisien midship:

$$C_m = 1,006 - (0,0056 \times (C_b^{-3,56})) \quad (2)$$

9) Koefisien Waterline (C_{wl})

Koefisien waterline adalah rasio antara luas bidang garis air muat dengan luas segi empat yang berukuran $L \times B$ [5].



Gambar 5 : Koefisien Waterline

Koefisien waterline dapat diperoleh dengan rumus pendekatan sebagai berikut:

$$C_{wl} = C_b + 0,1 \quad (3)$$

10) Koefisien Prismatic

Koefisien prismatic dibagi menjadi 2, yaitu :

a. Koefisien Prismatic Memanjang

Koefisien prismatic memanjang dengan notasi C_p adalah perbandingan antara volume badan kapal yang

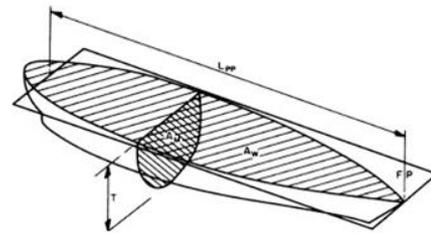
ada di bawah permukaan air (Isi karene) dengan volume sebuah prisma dengan luas penampang midship (A_m) dan panjang L_{wl} . Nilai koefisien prismatic ini dapat diperoleh dengan rumus pendekatan berikut :

$$C_p = C_b / C_m \quad (4)$$

b. Koefisien Prismatic Tegak

Koefisien prismatic tegak dengan notasi C_{pv} adalah perbandingan antara volume badan kapal yang ada di bawah permukaan air (isi karene) dengan volume sebuah prisma yang berpenampang A_{wl} dengan tinggi kapal (T). Nilai koefisien ini dapat diperoleh dengan rumus pendekatan berikut [6]:

$$C_{pv} = C_b / C_{wl} \quad (5)$$



Gambar 6. Koefisien Prismatic

2.3 Hidrostatik Kapal

Lengkungan Hidrostatik merupakan sebuah gambar kurva yang menggambarkan sifat-sifat badan kapal yang tercelup dalam air atau untuk mengetahui sifat-sifat carene. Lengkungan-lengkungan hidrostatik digambarkan kurvanya sampai sarat penuh dan tidak dalam kondisi trim. Gambar hidrostatik mempunyai lengkungan-lengkungan yang masing-masing menggambarkan sifat-sifat atau karakteristik badan kapal yang terbenam dalam air.

2.3 Hambatan Kapal

Dalam dunia perkapalan hambatan sangat diperhitungkan, karena sangat mempengaruhi gerak kapal dan efisiensi penggunaan bahan bakar serta sangat menentukan dalam pemilihan mesin kapal. Berikut adalah jenis-jenis dari hambatan yang mempengaruhi gerak kapal.

1) Hambatan Gesek (R_f)

Hambatan gesek adalah hambatan yang ditimbulkan oleh dua benda atau lebih yang bergesekan dan arahnya berlawanan dengan arah gerak benda. Hal-hal yang mempengaruhi hambatan gesek kapal adalah WSA (luas permukaan basah lambung kapal), kecepatan kapal, massa jenis fluida, koefisien hambatan dan bentuk badan.

2) Hambatan Tekanan Viskositas (R_{vis})

Hambatan tekanan viskositas merupakan hambatan yang terjadi karena adanya efek viskositas fluida. Artinya fluida akan menghasilkan hambatan saat fluida tersebut bergerak ataupun saat sebuah benda lain bergerak

melawan arah aliran fluida. Besarnya hambatan akan berbanding lurus dengan luas penampang benda yang bersentuhan dengan fluida.

3) Hambatan Gelombang (Rw)

Hambatan gelombang merupakan hambatan gelombang yang di sebabkan oleh gerakan pola gerakan kapal. Bagi kapal-kapal yang berkecepatan rendah dan sedang hambatan akibat timbulnya ombak hanya sekitar 25% dari hambatan total kapal. Sedangkan untuk kapal yang berkacepatan tinggi hambatan gelombang bisa mencapai 50% dari hambatan total kapal.

4) Hambatan Angin dan Udara (Raa)

Hambatan udara dan angin pada kapal yaitu tahanan yang dialami oleh bagian dari badan utama kapal yang berada diatas permukaan air dan bangunan atas (*superstructure*) karena gerakan kapal yang juga menyusuri udara dan adanya hembusan angin. Kapal yang bergerak pada lautan yang tenang, akan mengalami tahanan udara akibat gerakan bagian badan atas air kapal melalui udara. Hembusan angin akan menimbulkan tahanan angin yang besarnya bergantung pada kecepatan hembus angin dan arah angin.[7]

3.0 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Untuk menentukan ukuran utama kapal dapat diperoleh dari data kapal pembanding di atas menggunakan beberapa metode. Dalam penentuan ukuran utama kapal disini menggunakan metode interpolasi dan kemudian diambil ukuran utama kapal rancangan. Berikut ini adalah hasil dari metode interpolasi dari data kapal pembanding:

Table 1. Perhitungan Interpolasi Ukuran Utama Kapal

	DWT	LOA	LPP	B	T	H
DUGYU	6273	111,24	103,25	17,3	6,443	8,34
KAPAL X	8500	118,84	110,57	18,29	6,8	8,89
EASLINE BUSAN	12713	149,56	140,14	22,3	8,264	11,1

Dari table di atas didapatkan ukuran utama kapal konatainer 8500 DWT adalah sebagai berikut :

LOA : 114,4 m
Lpp : 107 m
B : 18,5 m
T : 8,25 m
H : 6,46 m

3.1. Perhitungan manual

A. Perhitungan nilai koefisien

Perhitungan koefisien block (Cb):

$$\begin{aligned} C_b &= 1,179 - (0,333 \times V) / (Lbp^{0,5}) \\ &= 1,179 - (0,333 \times 13,5) / (107)^{0,5} \\ &= 1,179 - (4,4955 / 10,34408) \\ &= 0,74 \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien Midship (Cm):

$$\begin{aligned} C_m &= 1,006 - (0,0056 \times (Cb^{-3,56})) \\ &= 1,006 - (0,0056 \times (0,744^{-3,56})) \\ &= 1,006 - (0,0056 \times 2,8655) \\ &= 1,006 - 0,016047 \\ &= 0,99 \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien Waterline (Cwl)

$$\begin{aligned} C_{wl} &= C_b + 0,1 \\ &= 0,744 + 0,1 \\ &= 0,844 \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien Prismatic Memanjang (Cp)

$$\begin{aligned} C_p &= C_b / C_m \\ &= 0,744 / 0,99 \\ &= 0,7515 \end{aligned}$$

Perhitungan Koefisien Prismatic Tegak

$$\begin{aligned} C_{pv} &= C_b / C_{wl} \\ &= 0,744 / 0,844 \\ &= 0,8815 \end{aligned}$$

B. Perhitungan Volume Displacement

$$\begin{aligned} V &= L_{wl} \times B \times T \times C_b \quad (6) \\ V &= 109,765 \times 18,5 \times 6,46 \times 0,74 \\ &= 9699,37 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Displacement

$$\Delta = \rho \times \nabla \quad (7)$$

Dimana, ρ = Massa jenis air laut

$$\begin{aligned} \Delta &= 1,025 \times 9699,37 \\ &= 9941,87 \text{ Ton} \end{aligned}$$

D. Perhitungan luasan Permukaan Basah (S)

$$\begin{aligned} S &= \rho \times L_{pp} (C_b \times B + 1,7T) \\ &= 1,025 \times 107 (0,744 \times 18,5 + 1,7 \times 6,46) \\ &= 1,025 \times 107 (24,746) \\ &= 2714,017 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

E. Perhitungan Hambatan Kapal

Dengan menggunakan metode Guldhammer dan harvald diperoleh nilai hambatan kapal sebagai berikut :

E.1. Menghitung Froude Number (Fn)

$$\begin{aligned} V_s &= 13,5 \text{ Knot} = 6,9 \text{ m/s}^2 \\ g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\ F_n &= V_s / \sqrt{g L} \\ &= 6,9 / \sqrt{9,81 \times 109,675} \\ &= 0,21 \end{aligned}$$

E.2. Menghitung Reynold Number

$$\begin{aligned} R_n &= V_s \times L / \nu \\ \text{Dimana } \nu &= \text{koefisien viskositas kinematis} \\ &= 1,188 \times 10^{-6} \\ R_n &= 6,9 \times 109,675 / 1,188 \times 10^{-6} \\ &= 756,7575 / 1,188 \times 10^{-6} \\ &= 6,37 \times 10^8 \end{aligned}$$

E.3. Menghitung Koefisien Gesek (Cf)

$$\begin{aligned} C_f &= 0,075 / (\text{Log} R_n - 2)^2 \\ &= 0,075 / (\text{Log } 6,37 \times 10^8 - 2)^2 \\ &= 0,075 / (8,80414)^2 \\ &= 0,075 / 46,29631 \\ &= 0,0016199 \end{aligned}$$

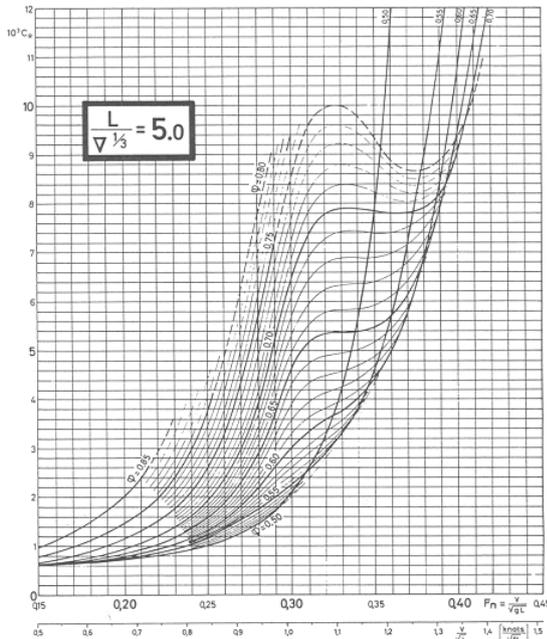
E.4. Menghitung Koefisien Tahanan Sisa (Cr)

Menghitung nilai Cr menggunakan diagram guldhammer adalah sebagai berikut :

$$\frac{L}{\nabla^{1/3}} = 109,675 / 9699,37^{1/3}$$

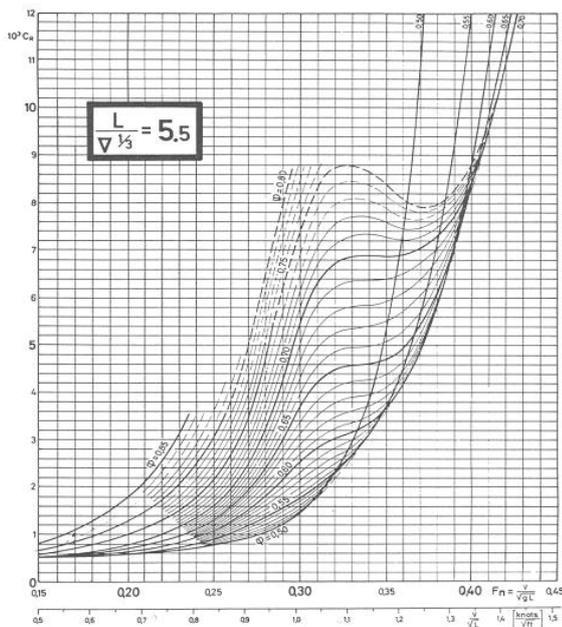
$$= 5,14288$$

Hasil dari perhitungan menunjukkan nilai persamaan di atas menggunakan grafik dengan nilai 5,0 sampai 5,5 sebagai acuan. Dimana nilai dari $F_n = 0,21$ dan nilai $C_p = 0,75$.



Gambar 7 : Diagram Gulddammer dengan nilai 5,0

Dari diagram diatas diperoleh nilai $10^3 C_r = 1,217$



Gambar 8. Diagram Gulddammer dengan nilai 5,5

Dari diagram diatas diperoleh nilai $10^3 C_r = 1,18$

Tabel 2. Perhitungan Interpolasi Cr

	a	b
	$Lwl/\nabla^{1/3}$	Cr
1	5	0,0012170
2	5,14288	?
3	5,5	0,0011800

Dengan menggunakan interpolasi didapatkan nilai Cr sebagai berikut :

$$Cr = (1b + (2a-1a) \times ((3b-1b) / (3a-1a)))$$

$$Cr = 0,0012064$$

E.5. Menghitung Koefisien Tahanan Tambahan (Ca)

Tabel 3. Nilai Ca Berdasarkan Displacement

Displacement	
1 000 t	$C_A = 0.6 \times 10^{-3}$
10 000 t	0.4×10^{-3}
100 000 t	0
1 000 000 t	-0.6×10^{-3}

Jadi nilai Ca berdasarkan table diatas adalah $0,4 \times 10^{-3}$

E.6. Menghitung Koefisien Tahanan Udara (Caa) dan Tahanan Kemudi (Cas)

Berdasarkan dari buku Tahanan dan Propulsi Kapal nilai dari koefisien tahanan udara (Caa) dan nilai koefisien tahanan kemudi ditentukan nilai sebagai berikut :

$$C_{aa} = 0,00007$$

$$C_{as} = 0,00004$$

E.7. Menghitung Koefisien Tahanan Total (Ct)

$$C_t = C_r + C_f + C_a + C_{aa} + C_{as}$$

$$= 0,00121 + 0,00162 + 0,0004 + 0,00007 + 0,00004$$

$$= 0,00334$$

Jadi nilai hambatan kapal diperoleh :

$$RT = C_t \times 0,5 \times \rho \times V_s^2 \times S$$

$$= 0,00334 \times 0,5 \times 1025 \times (6,9)^2 \times 2714,017$$

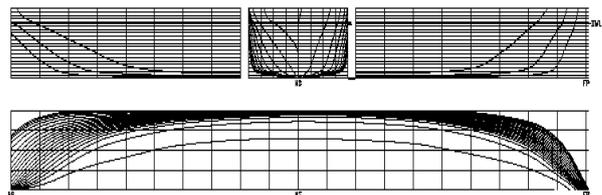
$$= 221182,7 \text{ N}$$

$$RT = 221,182 \text{ kN}$$

3.2. Nilai yang dihasilkan dari desain maxsurf

Dari perancangan desain maxsurf menghasilkan beberapa model kapal, seperti lines plan dan bentuk 3D lambung kapal. Dibawah ini adalah hasil desain menggunakan maxsurf dan nilai-nilai yang dihasilkan dari perhitungan software.

Dari gambar dibawah dapat diketahui bagaimana bentuk lambung kapal yang dirancang dan juga dapat dilihat bentuk badan kapal sesuai kenaikan draftnya.



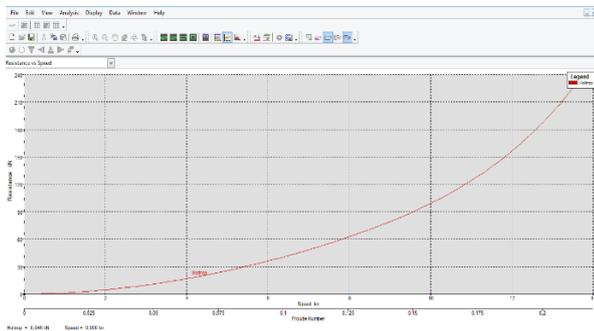
Gambar 9. Lines Plan Maxsurf



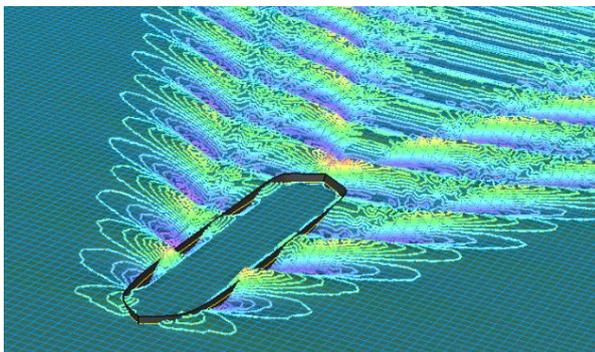
Gambar 10 : Hasil Pemodelan pada Maxsurf

Measurement	Value	Units
1 Displacement	9699	t
2 Volume (displaced)	9462400507421,4	mm ³
3 Draft Amidships	6460,0	mm
4 WL Length	109663,5	mm
5 Prismatic coeff. (Cp)	0,783	
6 Block coeff. (Cb)	0,722	
7 Max Sect. area coeff. (Cm)	0,922	
8 Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,879	

Gambar 11 : Nilai yang dihasilkan melalui software maxsurf



Gambar 12 : Perbandingan Speed vs Resistance pada maxsurf



Gambar 13 : Bentuk gelombang yang dihasilkan dari lambung kapal

Dari hasil pemodelan menggunakan software maxsurf menghasilkan nilai-nilai sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 C_b &= 0,722 \\
 C_p &= 0,783 \\
 C_{wl} &= 0,879 \\
 S &= 2666,65 \text{ m}^2 \\
 V_{\text{Disp}} &= 9462 \text{ m}^3 \\
 \text{Disp} &= 9699 \text{ ton} \\
 R_{\text{Max}} &= 225,4 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Jadi dapat menghasilkan diagram perbedaan antara hasil perhitungan manual (methode Guldhammer) dan menggunakan software maxsurf sebagai berikut:

Tabel 3. Selisih Perhitungan Manual Dan Maxsurf

No.	Data	Manual	Maxsurf	Selisih (%)
1	Cb	0,74	0,72	2,7%
2	Cm	0,99	0,92	7,1%
3	Cp	0,75	0,78	-4,0%
4	Cwl	0,844	0,879	-4,1%
5	S	2714,02	2666,65	1,7%
6	Vol. Displacement	9699,37	9462	2,4%
7	Displacement	9941,87	9699	2,4%
8	Hambatan	221,18	225,4	-1,9%

3.0 KESIMPULAN

Dari perhitungan yang telah dilakukan yaitu Perancangan Kapal Kontainer 8500 DWT, maka dapat diperoleh kesimpulan. Nilai besar dari masing-masing koefisien adalah $C_b = 0,74$, $C_m = 0,99$, $C_{wl} = 0,844$, $C_p = 0,7515$, $C_{pv} = 0,8815$. Diperoleh juga nilai dari Volume Displacement = $9699,37 \text{ m}^3$, Besar Displacement = $9941,87 \text{ ton}$ dan juga nilai Hambatan Kapal sebesar $221,182 \text{ kN}$. Dari Table III dapat disimpulkan nilai selisih perhitungan yang paling besar adalah dalam perhitungan koefisien midship (C_m).

Dari perhitungan *software maxsurf* juga dapat menghasilkan bentuk gelombang yang dihasilkan dari bentuk lambung kapal. Berikut ini adalah simulasi bentuk gelombang yang dihasilkan dari badan kapal dari *software maxsurf*.

REFERENCE

- [1] Santosa, I Gusti Made, Diktat Kuliah Perancangan Kapal. ITS Surabaya: 1999
- [2] Sofi'i, Moch., dan Indra Kusna Djaja, Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid 1. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [3] ClassNK. Register of Ships. Ship's Name Dugyu. <https://www.classnk.or.jp/register/regships/one.aspx>. Diakses tanggal 15 Juni 2017 jam 22:00 WIB.
- [4] Dinariyana, A.A.B, Ukuran Utama Kapal dan Istilah-Istilah dalam Desain Kapal. ITS Surabaya, 2011
- [5] Zulkifrah, Sarwan. Tugas Prarancangan Kapal Kapal Barang Umum (General Cargo) 7000 DWT Trayek Kendari-Makassar-Surabaya Kecepatan 15,5 Knot. Universitas Hasanuddin, 2013/2014.
- [6] Lewis, Edward V, Principles of Naval Architecture (Second Revision), Volume I - Stability and Strength. Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME), 1988. ISBN: 978-0-939773-00-8
- [7] Molland, A.F., Turnock, S.R., dan Hudson, D.A., Ship Resistance and Propulsion: Practical Estimation of Ship Propulsive Power, Cambridge University Press, New York, USA, 2011