

STUDI PERANCANGAN HYDROFOIL KAPAL PENUMPANG UNTUK PERAIRAN KEPULAUAN SERIBU

Febry Wonggiawan¹, Untung Budiarto¹, Good Rindo¹

¹) Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang

Email : febry_wonggiawan_a3@yahoo.com

Abstrak

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki banyak gugusan pulau yang dijadikan sebagai tujuan wisata baik untuk wisatawan lokal maupun mancanegara sehingga membutuhkan sebuah sistem transportasi yang efektif dan efisien. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah kapal yang mempunyai sedikit hambatan pada kondisi kecepatan yang direncanakan. Sebuah penelitian telah dilakukan untuk meneliti pengaruh gaya gelombang dan arus laut terhadap pembangkitan gaya *lift*. Salah satunya adalah penggunaan *foil* NACA untuk meningkatkan gaya *lift* kapal. Gaya *lift* sebagai konsep utama dirancang sedemikian rupa sehingga *foil* yang digunakan dapat berfungsi maksimal sesuai kebutuhan *displacement*. Kapal yang seperti ini disebut dengan kapal *hydrofoil*. Dalam penelitian ini, fungsi utama kapal yang akan dirancang sebagai pengembangan pariwisata di Kepulauan Seribu harus memperhitungkan ukuran utama, rencana garis, rencana umum, analisa hidrostatis, titik berat kapal, penempatan strut, dan yang paling penting adalah *foil* yang optimal sesuai dengan *displacement* kapal. Metode perancangan kapal penumpang ini menggunakan kapal pembanding sebagai acuannya dengan lambung kapal berbentuk Monohull, dan penggunaan tipe *foil* yang telah digunakan pada pesawat terbang. Setelah ukuran utama dan *displacement* kapal didapatkan maka dilanjutkan perancangan *foil* dengan analisa gaya angkat menggunakan *software Ansys CFD*. Ukuran utama yang dihasilkan dari perhitungan adalah LOA :25,51 m, LWL =22,2 m, B: 5,5 m, H: 3,5 m, T: 1,35 m. *Hydrofoil* dirancang dengan lebar 5,8 m tipe NACA 21021, *strut* menggunakan NACA simetris tipe 63-012, tinggi *strut* 1 m. Dalam proses perancangan, kecepatan kapal ditentukan sebesar 40 Knot.

Kata kunci : Kapal Penumpang, Kepulauan Seribu, *Hydrofoil*, *Foil*, *Lift*

Abstract

Indonesia as an archipelagic country has many islands used as a tourist destination for both local and foreign tourists that need a transportation system that is effective and efficient. Therefore, required a ship that has a bit of resistance at the planned speed conditions. A study conducted to examine the influence of the force of the waves and ocean currents generating the lift force. One of the result is the use of NACA foil to increase the lift force ship. Liftforce as the main concept designed so that the foil used as needed to function optimally displacement. The ship called a hydrofoil boat. In this study, the main function of the ship designed as Kepulauan Seribu tourism development must considering the main size, lines plan, general arrangement, hydrostatic analysis, gravity point of the ship, the placement of strut, and the most important is the optimal foil fit with the displacement of the ship. The design method of this passenger ship using comparison as a reference to the ship hull form Monohull, and use the type of foil that used on aircraft. Once the size of the ship displacement obtained main and then proceed with the analysis of design foil lifting force using CFD software Ansys. The result of the design of this ship gets major dimensions LOA: 25.51 m LWL: 22.2 m, B: 5,5 m, H: 3,5 m, T: 1.35 m. Hydrofoil use NACA 21021 length 5,8m, Strut use NACA 63-012 height 1 m. In the design process, the ship's speed determined by 40 Knot.

Keywords: Passenger ship, Kepulauan Seribu, Hydrofoil, Foil, Lift Force

1. PENDAHULUAN

Kawasan Taman Nasional Kepulauan Seribu yang terletak kurang lebih 45 km sebelah utara Jakarta berpotensi besar untuk pengembangan wisata bahari, mengingat letaknya yang dekat dengan ibu kota negara (Jakarta), sehingga menjadikan kawasan ini mempunyai peluang pengembangan yang baik. Kendala yang dihadapi oleh pariwisata kepulauan Seribu saat ini adalah transportasi, belum adanya transportasi handal yang dapat berjalan secara reguler, cepat dengan biaya yang murah. Kapal-kapal transportasi ke pulau seribu yang layak dan cepat umumnya dimiliki oleh pihak *island resort*, kapal penumpang *longboat* yang hanya diberangkatkan pada saat weekend dengan syarat minimum penumpang [7].

Dengan kondisi transportasi di Kepulauan Seribu ini yang mendasari dibutuhkannya sebuah kapal penumpang yang menawarkan kecepatan dan ekonomis yaitu Kapal dengan konsep *hydrofoil*. Kapal ini merupakan kapal cepat yang memiliki sebuah *hydrofoil* yang terpasang di area bawah lambung kapal berfungsi memberi gaya angkat dinamis sehingga badan lambung kapal terangkat di atas permukaan air. Alasan pemakaian dari *hydrofoil* adalah ketika lambung kapal mulai terangkat dari air dan berat kapal akan ditopang oleh *foil* sehingga memperkecil luas hambatan yang terjadi akibat gaya gesek antara lambung kapal yang tercelup dengan air, *foil* memberikan efek meningkatkan gaya angkat pada kapal ketika kecepatan ditambahkan. Berdasarkan latar belakang diatas tujuan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah mendapatkan ukuran utama, rencana garis, dan rencana umum kapal *hydrofoil* yang sesuai dengan karakteristik perairan Kepulauan Seribu, mengetahui karakteristik kapal dengan perhitungan hidrostatis, stabilitas kapal, dan analisa olah gerak kapal serta perancangan sistem *hydrofoil* yang efisien sesuai dengan displacement kapal. Dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah agar dalam penyusunannya dapat terfokuskan. Batasan masalah tersebut diantaranya kapal *hydrofoil* yang dirancang berkecepatan 40 Knot, analisa stabilitas kapal *hydrofoil* dalam kondisi air tenang, *hydrofoil* yang digunakan adalah *hydrofoil* type T, analisa pemilihan foil dengan menggunakan 5 tipe seri NACA, Analisa gaya *lift*

foil menggunakan *software Ansys*, dan analisa penempatan foil menggunakan *software hydromax*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Potensi Wilayah

Secara administratif kawasan Taman Nasional Kepulauan Seribu berada dalam wilayah Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu, terletak di Kecamatan Kepulauan Seribu Utara, tepatnya di tiga kelurahan yaitu Pulau Panggang, Pulau Kelapa, dan Pulau Harapan. Secara geografis Taman Nasional ini terletak pada 5°24' - 5°45' LS, 106°25' - 106°40' BT dan mencakup luas 107.489 ha (SK Menteri Kehutanan Nomor 6310/Kpts-II/2002), yang terdiri dari wilayah perairan laut seluas 107.489 ha (22,65% dari luas perairan Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu) dan 2 pulau (Pulau Penjaliran Barat dan Pulau Penjaliran Timur) seluas 39,50 ha. Jarak terjauh Kepulauan Seribu dari Muara Angke adalah 100 *seamiles*.

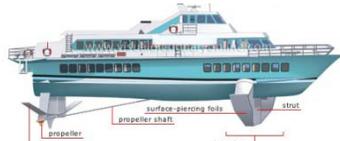
2.2 Gambaran Kapal Hydrofoil

Hydrofoil adalah sebuah kapal dengan bagian seperti sayap yang dipasang pada penyangga di bawah lambung kapal. *Hydrofoil* awal menggunakan sayap atau foil berbentuk-U. Hidrofoil jenis ini dikenal sebagai *surface piercing* karena sebagian dari hidrofoil ini akan terangkat di atas permukaan air. Hidrofoil modern menggunakan foil berbentuk-T yang keseluruhannya berada di bawah air. Hidrofoil merupakan kendaraan air sebagai hasil rekayasa yang paling revolusioner di bidang maritim. Pada prinsipnya hidrofoil itu sama dengan kapal laut. Bedanya, hidrofoil dapat meluncur dengan cepat dan mempunyai sayap yang dapat melintasi air. Sayap kendaraan ini disebut foil atau hidrofoil (berarti 'sayap air'). Bentuk sayap ini mirip dengan sayap udara (*airfoil*) sebuah pesawat terbang. Sayap pada hidrofoil melekat pada topangan yang membentang kebawah dari lambung kapal. Ada dua pasang foil dalam kendaraan ini. Satu pasang diletakkan di pusat gravitasi kapal dan sepasang foil lainnya diletakkan

dekat bagian belakang kapal. Pada saat meluncur dengan kecepatan rendah atau sedang, *hydrofoil* tampak seperti sebuah kapal konvensional yang badannya masuk ke dalam air. Terlepas dari keuntungan yang signifikan dalam hal kecepatan, *hydrofoils* unggul dalam hal manuver dan lebih stabil dibandingkan kapal konvensional. Ternyata pada foil yang dibuat dengan kemiringan tertentu, membantu menyeimbangkan kekuatan sentrifugal [8].

2.3 Komponen Utama *Hydrofoil*

Kapal *hydrofoil* pada perancangannya sama dengan kapal laut, bedanya yaitu dipasang sayap (*hydrofoil*) dibawah lambung kapal. Dalam suatu *hovercraft* terdapat beberapa komponen utama, yaitu [8]:



Gambar 1. Komponen *Hydrofoil*

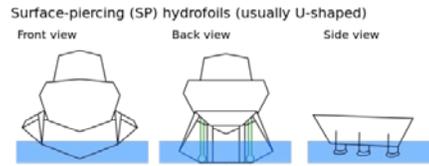
- **Rear Foil**
Foil bagian belakang, biasanya sejajar dengan propeller.
- **Propeller**
Propeller untuk kapal *hydrofoil* berbeda dengan kapal-kapal biasa, propeller kapal ini berada dibawah lambung kapal dan sejajar dengan foil.
- **Propeller shaft**
Propeller shaft atau poros propeller pada kapal *hydrofoil* disesuaikan dengan peletakan baling – baling/ *propeller* kapal.
- **Surface – piercing foils**
Penyebutan untuk kapal *hydrofoil* dengan menggunakan foil berbentuk U, untuk *hydrofoil* berbentuk T disebut *Fully submerged*.
- **Strut**
Strut merupakan penopang foil.
- **Front foil**
Foil yang dipasang di bagian depan.

2.4 Jenis Jenis *Hydrofoil*

Terdapat beberapa jenis *hydrofoil*, antara lain:

a) *Hydrofoil* bentuk V

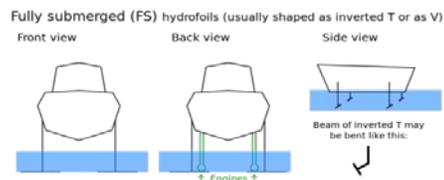
Hydrofoils awal menggunakan foil berbentuk U. *Hydrofoils* jenis ini dikenal sebagai "permukaan - piercing" karena bagian-bagian dari *hydrofoils* U akan naik di atas permukaan air saat kecepatan tertentu [6].



Gambar 2. Foil bentuk U

b) *Hydrofoil* Bentuk T

Beberapa *hydrofoils* modern menggunakan foil berbentuk T terbalik yang sepenuhnya terendam. *Hydrofoils* sepenuhnya terendam kurang tunduk pada efek aksi gelombang, dan karena itu lebih stabil di laut dan lebih nyaman bagi para awak dan penumpang [6].



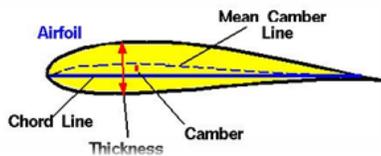
Gambar 3. Foil Bentuk T

2.5 Karakteristik Foil NACA

NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*) *airfoil* adalah salah satu bentuk bodi aerodinamika sederhana yang berguna untuk dapat memberikan gaya angkat tertentu terhadap suatu bodi lainnya dan dengan bantuan penyelesaian matematis sangat memungkinkan untuk memprediksi berapa besarnya gaya angkat yang dihasilkan oleh suatu bodi *airfoil*. Geometri *airfoil* memiliki pengaruh besar terhadap karakteristik aerodinamika dengan parameter penting berupa CL, dan kemudian akan terkait dengan lift (gaya angkat yang dihasilkan). Hingga sekitar Perang Dunia II, *airfoil* yang banyak digunakan adalah hasil riset Gottingen. Selama periode ini banyak pengujian *airfoil* dilakukan diberbagai negara, namun hasil riset, NACA lah yang paling terkemuka. Pengujian yang dilakukan NACA lebih sistematis dengan

membagi pengaruh efek kelengkungan dan distribusi ketebalan atau thickness serta pengujiannya dilakukan pada bilangan Reynold yang lebih tinggi dibanding yang lain. Hal ini sering dirangkum oleh beberapa parameter seperti: ketebalan maksimum, maksimum bentuk melengkung, posisi max ketebalan, posisi maks bentuk melengkung, dan hidung jari-jari. Seperti terlihat pada gambar 1 suatu *airfoil* terdiri dari [2]:

- Permukaan atas (*Upper Surface*)
- Permukaan bawah (*Lowerer Surface*)
- *Mean camber line* adalah tempat kedudukan titik-titik antara permukaan atas dan bawah *airfoil* yang diukur tegak lurus terhadap *mean camber line* itu sendiri.
- *Leading edge* adalah titik paling depan pada *mean camber line*, biasanya berbentuk lingkaran dengan jari-jari mendekati 0,02 c.
- *Trailing edge* adalah titik paling belakang pada *mean camber line*
- *Camber* adalah jarak maksimum antara *mean camber line* dan garis *chord* yang diukur tegak lurus terhadap garis *chord*.
- Ketebalan (*thickness*) adalah jarak antara permukaan atas dan permukaan bawah yang diukur tegak lurus terhadap garis *chord*.



Gambar 4. NACA Airfoil Geometry

2.6 Jenis Jenis Foil NACA

1. NACA Seri 4 Digit
2. NACA Seri 5 Digit
3. NACA Seri-1 (Seri 16)
4. NACA Seri 6
5. NACA Seri 7
6. NACA Seri 8

2.7 Dasar Teori Hydrofoil

Gaya angkat (*L*) merupakan komponen gaya fluida pada *hydrofoil* yang tegak lurus arah gerakan. Berdasarkan analisis dimensi

bentuk persamaan *lift* adalah sebagai berikut [6]:

$$L = \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot AP \cdot CL$$

Dimana,

L : gaya lift ρ : massa jenis fluida

CL: koefisien lift *V*: kecepatan

AP: plan area

Dan untuk menghitung besarnya *drag* yang dihasilkan oleh *hydrofoil* adalah sebagai berikut:

$$D = \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot AP \cdot CD$$

Dimana,

D : gaya drag ρ : massa jenis fluida

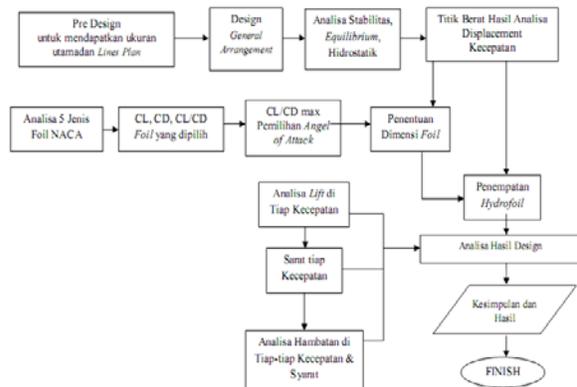
CD: koefisien drag *V*: kecepatan

AP: plan area

3 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah simulasi komputasi yang menggunakan bantuan komputer untuk perhitungan dari rancangan kapal ini.

Berikut alur penelitian:



Gambar 5. Alur Penelitian

4 PERHITUNGAN DAN ANALISA

4.1 Persyaratan (*Requirements*)

Tabel. 1 Parameter Perancangan

Bentuk Lambung	Monohull
Sarat Kapal	2,3 - 3 meter
Jarak Pelayaran	200 seamiles
Material Kapal	Baja
Jumlah Penumpang	50 - 100
Kecepatan Kapal	40 Knot

Tabel diatas adalah parameter tetap dalam rancangan kapal penumpang *hydrofoil*.

4.2 Kapal Pemanding

Dalam penentuan ukuran utama digunakan metode regresi dengan kapal pemanding. Dan berikut data kapal pemanding yang digunakan :

Tabel. 2 Kapal Pemanding

Kapal Pemanding	L (m)	B (m)	T (m)	H (m)	Passenger
Valdai 45 R	21,3	5,2	2,6	1,2	45
Raketa Type	22,7	4,4	2,9	0,8	66
Wastok Type	25,87	4,4	3,1	0,67	94
Voskhod - 2	27,6	6,4	3,8	1,2	71
voskhod	30,1	7,4	5	2,5	110

Data di atas diambil dari berbagai sumber yang berkaitan dengan kapal *hydrofoil*, dan ukuran yang mendekati dengan kapal yang akan dirancang.

4.3 Penentuan Ukuran Utama Kapal

Pengoptimasian perbandingan ukuran utama kapal pemanding digunakan sebagai acuan dalam menentukan ukuran utama kapal pada pra perancangan ini jika sebelumnya sudah ditetapkan panjang kapal (LOA) sekitar 20 - 30 meter.

Dari harga perbandingan pada tabel 3, dapat diketahui harga minimal dan maksimal perbandingan ukuran utama kapal pemanding. Dengan pengoptimasian perbandingan ukuran utama kapal tersebut, didapat ukuran utama kapal yaitu :

$$\begin{aligned} \text{LOA} &: 25,51 \text{ m} & \text{B} &: 5,5 \text{ m} \\ \text{H} &: 3,50 \text{ m} & \text{T} &: 1,35 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel. 3 Parameter Optimasi

Kapal Pemanding	L/H (m)	L/B (m)	L/T (m)	B/T (m)	H/T (m)
Range	2,55 - 8,35	4,07 - 5,88	10,36 - 38,61	6,02 - 6,57	1,72 - 4,63
Valdai 45 R	8,19	4,09	17,75	4,33	2,17
Raketa Type	7,83	5,15	28,38	5,50	3,63
Wastok Type	8,35	5,88	38,61	6,57	4,63
Voskhod - 2	7,26	4,31	23,00	5,33	3,17
voskhod	6,02	4,07	10,36	2,55	1,72
Jetfoil (rancangan)	WG 7,29	4,64	18,89	4,07	2,59

Dari tabel diatas, dapat dilihat parameter optimasi dari kapal rancangan sudah sesuai standar dari kapal pemanding.

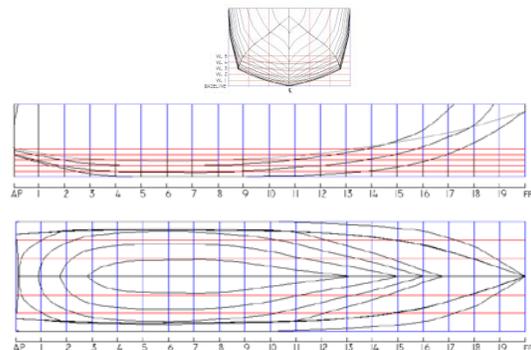
4.4 Rencana Garis Kapal

Berikut ini adalah *original model* dari *hull form kapal* yang dibuat dengan

pembagian jarak *station*, *waterline* dan *buttock line* kapal sebagai berikut:

Tabel. 4 Jarak Station, Waterline, dan Buttock Line

Station	Jarak (m)	Line			
		WL	Jarak (m)	BL	Jarak (m)
1	1.2755	1	0,27	1	0,9167
2	2.551	2	0,54	2	18,333
3	3.8265	3	0,81	3	27,500
4	5.102	4	1,08		
5	6.3775	5	1,35		
6	7.653				
7	8.9285				
8	10.204				
9	11.4795				
10	12.755				
11	14.0305				
12	15.306				
13	16.5815				
14	17.857				
15	19.1325				
16	20.408				
17	21.6835				
18	22.959				
19	24.2345				
20	25.51				



Gambar 6. Lines Plan kapal Hydrofoil



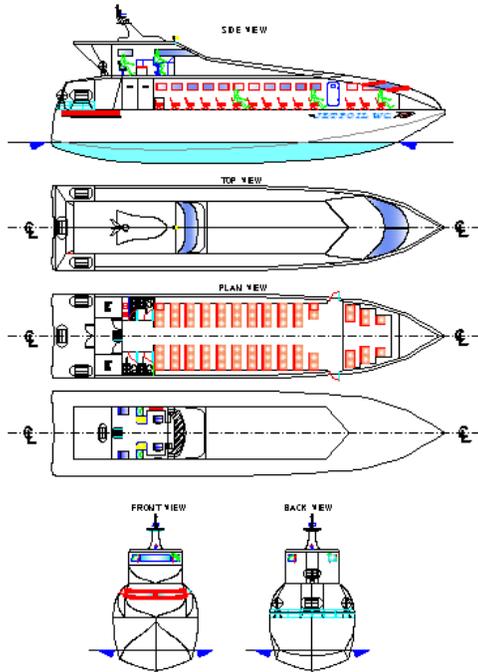
Gambar 7. Bentuk 3D Hull Form Kapal Hydrofoil

Gambar 6 adalah bentuk *lines plan* badan kapal yang telah dirancang. Dan gambar 7

adalah bentuk 3D yang dibentuk dari *lines plan* yang telah dirancang sebelumnya.

4.5 Rencana Umum Kapal

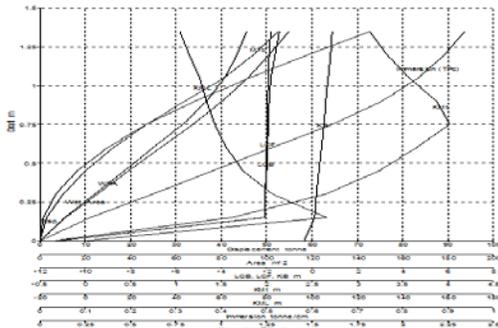
Gambaran rencana umum kapal digunakan sebagai petunjuk dalam penyusunan ruangan-ruangan yang dibutuhkan. Selain itu juga untuk menentukan penempatan peralatan dan penumpang untuk analisa *equilibrium*.



Gambar 8. Rencana Umum Kapal *Hydrofoil*

4.6 Hidrostatik Kapal

Hasil perhitungan hidrostatik kapal ini mempunyai *displacement* = 72,78 ton, $C_b = 0,478$, $LCB = -1,825$, $C_m = 0,727$, $C_p = 0,658$.



Gambar 9. Kurva Hidrostatik

4.7 Stabilitas kapal

Stabilitas yang dianalisa sebatas stabilitas kapal tanpa *hydrofoil*.

Tabel. 5 Hasil analisa stabilitas kapal kondisi 1-4

IMO Minimum		Actual			
		K1	K2	K3	K4
3.151	m.deg	9.38	10.23	9.50	9.50
5.157	m.deg	15.71	17.11	15.79	15.72
1.719	m.deg	6.33	6.89	6.29	6.22
0.2	m	0.83	0.91	0.84	0.84
25	deg	57.00	58.00	58.00	58.00
0.15	m	1.27	1.39	1.32	1.34
Status =		Pass	Pass	Pass	Pass

Tabel. 6 Hasil analisa stabilitas kapal kondisi 5-9

IMO Minimum		Actual				
		K5	K6	K7	K8	K9
3.151	m.deg	10.76	10.79	10.39	10.41	11.22
5.157	m.deg	17.87	17.86	17.26	17.23	18.57
1.719	m.deg	7.12	7.07	6.87	6.82	7.35
0.2	m	0.96	0.97	0.93	0.93	1.01
15	deg	59.00	59.00	58.50	59.00	59.50
0.15	m	1.52	1.55	1.46	1.48	1.61
Status =		Pass	Pass	Pass	Pass	Pass

4.8 Penentuan Tipe Foil NACA

Dilakukan analisa dari 5 tipe foil NACA untuk pemilihan tipe yang maksimal sesuai L/D. Analisa dengan lima tipe foil NACA dengan angel of attack 0° dan 30° dan kecepatan 10 Knot.

Tabel. 7 Hasil analisa *Angel of Attack*

Tipe NACA	Drag (N)	Lift Force (N)
0015(0°)	695.931	1524.48
0015(30°)	13630.6	21511.8
64A212(0°)	690.429	1556.99
64A212(30°)	13625.4	21426.5
2412(0°)	684.374	1547.79
2412(30°)	13677.3	21107
23012(0°)	684.373	1547.79
23012(30°)	12482.8	19295.6
21021(0°)	692.995	1575.89
21021(30°)	13706.2	21427.3

Tabel. 8 Hasil Perhitungan L/D *Angel of Attack* 0°

Type Foil (0°)	L/D
NACA 0015	2.190561995
NACA 64A212	2.255105159
NACA 2412	2.261614264
NACA 23012	2.261617568
NACA 21021	2.274027951

Tabel.9 Hasil Perhitungan L/D *Angel of Attack* 30°

Type Foil (30°)	L/D
NACA 0015	1.578199
NACA 64A212	1.572541
NACA 2412	1.543214
NACA 23012	1.545775
NACA 21021	1.563329

Dari hasil perbandingan Lift/Drag maka dipilih Type NACA 21021 sebagai NACA yang di gunakan kapal *hydrofoil*.

4.9 Analisa *Angel of Attack* NACA 21021

Analisa *angel of attack*/ sudut serang *foil* dilakukan untuk mencari sudut terbaik yang akan dipilih dalam perancangan.

Tabel. 10 Hasil Plan Area di tiap *Angel of Attack*

Angel of attack	Plan Area (m)	Drag (N)	Lift (N)
0°	2.1015	10542.2	25358.1
5°	2.1015	15447	141157
10°	2.1015	26533.4	230534
20°	2.1015	79378.2	202000
30°	2.1015	215858	340131

Untuk mencari Coefficien Lift dan Coefficien drag menggunakan rumus sebagai berikut:

$$CL = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot AP}$$

Dimana,

L : gaya lift

ρ : massa jenis fluida

CL : koefisien lift

V : kecepatan

AP : plan area (S), luasan maksimum : *chord* ' *span*

$$CD = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot AP}$$

D : gaya drag

P : massa jenis fluida

CD : koefisien drag

V : kecepatan

AP : plan area (S), luasan maksimum : *chord* ' *span*

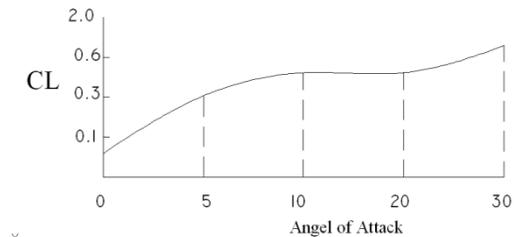
Maka didapatkan hasil:

Tabel. 11 Cl dan Cd di tiap *Angel of Attack*

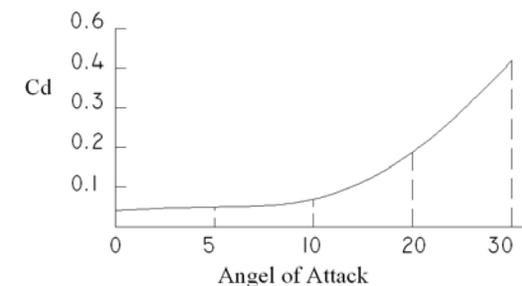
<i>Angel of attack</i>	Cl	Cd
0°	0.056981	0.023689
5°	0.317185	0.03471
10°	0.518018	0.059621
20°	0.453901	0.178366
30°	0.764286	0.485041

Tabel.12 Cl/Cd di tiap *Angel of Attack*

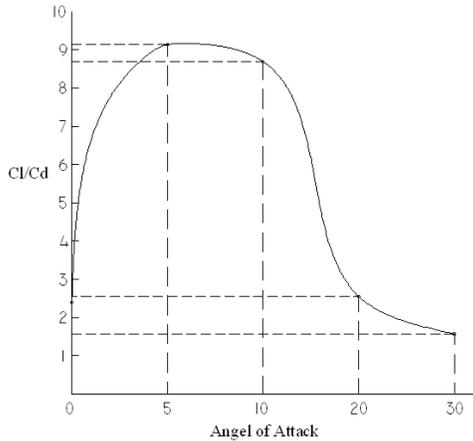
<i>Angel of attack</i>	Cl/Cd
0°	2.405389767
5°	9.138149803
10°	8.688445506
20°	2.544779297
30°	1.575716443



Gambar 10. Grafik CL



Gambar 11. Grafik CD



Gambar 12. Grafik *CL*/*CD*

Dari gambar 13 diketahui *CL*/*CD* maksimal berada di posisi 5 derajat, maka foil yang digunakan NACA 21021 dengan kemiringan 5 derajat.

4.9 Perancangan *Hydrofoil*

4.9.1 Perhitungan Dimensi *Hydrofoil*

Diketahui *displacement* kapal *hydrofoil* 72,78 Ton, Sehingga dibutuhkan rancang *hydrofoil* yang mampu mengangkat kapal dengan *displacement* tersebut.

72,78 Ton = 713.73 Kilonewton = 713730 Newton, dimana 1 Ton = 9,81 kN.

Hydrofoil dirancang 2 buah dan penempatan *hydrofoil* dibuat sesuai pembagian letak titik berat. Artinya $712730N/2 = 356865N$ untuk satu *hydrofoil*. *Hydrofoil* dirancang dengan panjang sama dengan lebar kapal. dipilih *angel of attack foil* yang memiliki *lift* besar dan *drag* kecil.

Maka dari beberapa analisa *angel of attack* (0° - 30°) diambil *angel of attack* 5° .

Maka *AP* yang dibutuhkan adalah

$$AP = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot CL}$$

$$L = 356865 + 10\% (356865)$$

$$\rho : 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$V : 40 \text{ Knot} = 20.58 \text{ m/s}^2$$

$$CL : \text{koefisien lift (angle of attack 5)}$$

$$0.317185$$

$$AP : \text{plan area. (dengan panjang hydrofoil 5,5 m)}$$

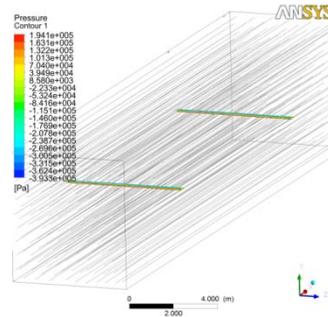
$$5,5 \times S = \frac{356865N}{\frac{1}{2} 1025 \text{ kg/m}^3 \cdot (20.58 \text{ m/s}^2)^2 \cdot 0.317185}$$

$$S = 1.089 \text{ m}$$

Maka dibutuhkan 2 *hydrofoil* dengan panjang 5,5 m dan permukaan 1.089 m sehingga *lift force* sama dengan *displacement* kapal agar kapal dapat melayang.

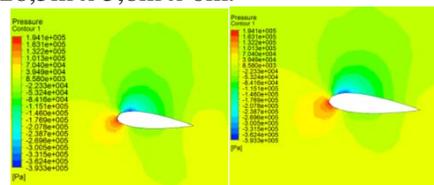
4.9.2 Analisa *Foil* Hasil Perhitungan

Hasil analisa *Ansys* dengan dimensi *Foil* NACA 21021 panjang 5,5 m dan *plan area* 1.089 m dengan dimensi box 28,5m x 5,5m x 6m

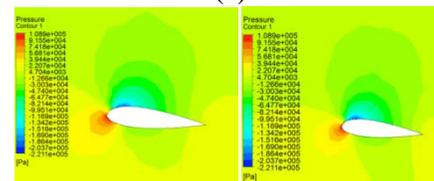


Gambar 13. *Contour* NACA 21021 dengan kecepatan 40 Knot

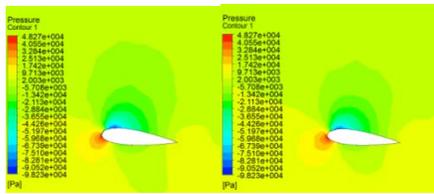
Analisa 2 foil NACA 23021 panjang 5,5 m dan *plan area* 1.089 m dengan kecepatan 40 Knot memperoleh hasil *lift* 714597 N. Berikut hasil analisa NACA 23021 *angel of attack* 5 derajat, *plan area* 1.089, panjang 5,8 m, dengan kecepatan 40 Knot, 30 Knot, 20 Knot dan 10 Knot. Dengan dimensi box 28,5m x 5,8m x 6m.



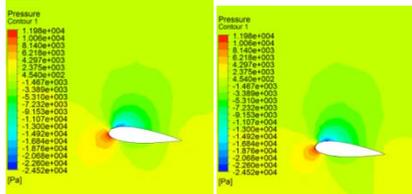
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 14. Pressure foil depan dan foil belakang dengan kecepatan (a) 40Knot, (b) 30Knot, (c) 20Knot, (d) 10Knot

Tabel.13 Lift Force di kecepatan 40 Knot, 30 Knot, 20 Knot dan 10 Knot.

Knot	Lift	Drag
10	44060	7826.83
20	177603	32004.5
30	400812	69424.3
40	714597	113059

4.9.2 Penempatan Hydrofoil

Titik berat kapal diperoleh dari hasil analisa *equilibrium* kapal. Maka dengan rumus sebagai berikut dapat ditentukan peletakan *hydrofoil* [3].

$$L1 + L2 = W$$

$$L1 \cdot X1 = L2 \cdot X2$$

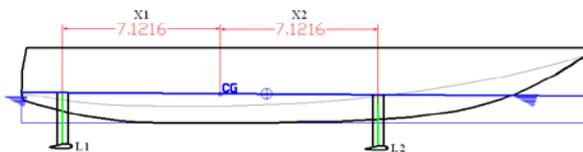
Dimana,

L1 : Lift Force foil 1

L2 : Lift Force foil 2

X1 : Jarak Foil 1 ke titik berat kapal

X2 : Jarak Foil 2 ke titik berat kapal

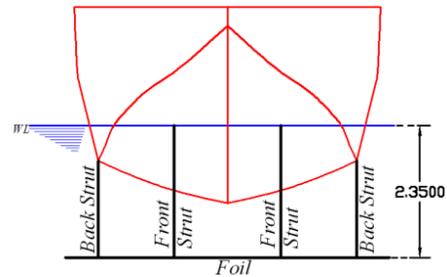


Gambar 15. Penempatan Hydrofoil

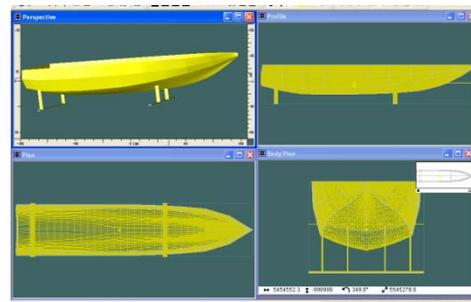
4.9.3 Strut

Design tinggi *strut* dan *draft* kapal harus lebih tinggi daripada tinggi gelombang. Maka

di desain *strut* setinggi 1 meter dengan draft 1,35 meter sedangkan gelombang tertinggi 2,25 meter. Strut menggunakan NACA simetris tipe 63-012.



Gambar 16. Design Strut



Gambar 17. Design Hydrofoil



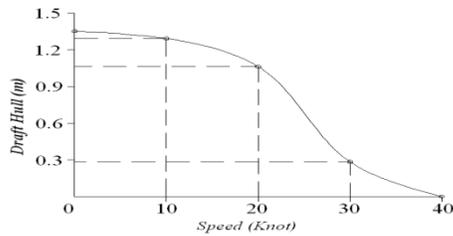
Gambar 18. 3D Kapal Hydrofoil

4.10 Draft Kapal Di Tiap Kecepatan

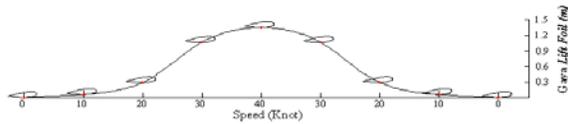
Digunakan *software* *hydromax* untuk mengetahui *draft* hasil analisa gaya lift di tiap tiap kecepatan, dengan memasukan nilai *displacement*. *Displacement* di tiap kecepatan di peroleh dari *displacement* sarat penuh dikurangi dengan *displacement* hasil gaya lift *hydrofoil*.

Tabel. 14 Draft

Kecepatan (Knot)	Lift foil (Ton)	Displacement-Lift foil	Draft Hull
10	4,49287	68,28713	1.291
20	19,11047	49,17666	1.061
30	40,87145	8,305215	0.284
40	72,86861	0	0



Gambar 19. Grafik Draft Hull di tiap kecepatan.



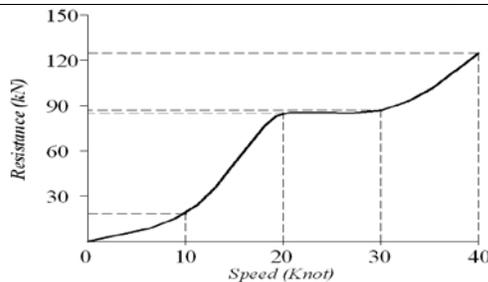
Gambar 20. Grafik Posisi Foil di Tiap Kecepatan

4.10 Resistance dan Power

Perhitungan hambatan pada kapal *hydrofoil* dengan menggunakan *software hydromax* untuk hambatan lambung, dan menggunakan *software ansys* untuk hambatan *hydrofoil* yang di analisa di tiap kecepatan.

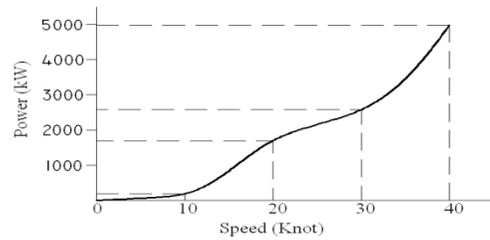
Tabel 22. Resistance hasil penambahan hambatan strut, foil dan hull di tiap sarat

Knot	Resistance (kN)	Power (kW)
0	0	0
10	18.6821	186.821
20	85.04846	1700.969
30	85.98245	2579.474
40	124.6895	4987.58



Gambar 21. Grafik Resistance dengan Speed

Dari grafik *resistance vs speed* dapat diketahui kondisi kapal *take off*, yaitu dari titik tertinggi *resistance* yang berada pada kecepatan 20 knot.



Gambar 22. Grafik Power dengan Speed

5. PENUTUP

Kesimpulan

1. Dengan menggunakan metode regresi dengan kapal pembanding, didapatkan ukuran utama kapal yaitu LOA = 25,51 m, B = 5,5 m, H = 3,5 m, T = 1,35 m
2. Hasil perhitungan hidrostatis kapal penumpang *hydrofoil* ini mempunyai, pada main hull memiliki displacement = 72,78 ton, Cb = 0,478, LCB = 1,825 m, Cm = 0,727, Cp = 0,658 dan dengan berat DWT = 8,16 ton. Dalam analisa equilibrium sarat pada midship = 0,727 m dengan trim 0,152 by stern. Dan hasil analisa stabilitas menunjukkan bahwa kapal memiliki nilai GZ maksimum terjadi pada kondisi IX = 1,01 m dan nilai MG terbesar juga pada kondisi IX = 1,613 m.
3. Foil yang digunakan adalah foil tipe NACA 23021 panjang cord 0,5184m dengan *angel of attack* 5°. *Hydrofoil* tipe T dirancang dengan lebar 5,5 m, *strut* menggunakan NACA simetris tipe 63-012, tinggi *strut* 1m. Tiap tipe foil NACA memiliki karakteristik berbeda dalam hal Cl dan Cd. *Angel of attack* juga sangat berpengaruh besar terhadap gaya lift dan gaya drag tiap foil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Godfrey, I, D. 2003. *The Application of Hydrofoils in high speed water craft*. England
- [2] Gibs., Cox.inc. *Hydrofoil Research Project for Office of Nacal Research Navy Department, Washington, D.C.* 1954
- [3] A.S. Slamet ., Suastika, Ketut. 2012. *Kajian Eksperimental Pengaruh Posisi Perletakan Hydrofoil Pendukung Terhadap Hambatan Kapal*. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- [4] Hidayat, Syahroni., Sarwono. dan Hantoro, Ridho. 2005, *Studi Ekperimental Pengaruh Gaya Gelombang Laut Terhadap Pembangkitan Gaya Trush Hydrofoil Seri NACA 0012 dan NACA 0018*, Surabaya: Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5] Anymous. <http://airfoiltools.com/> diakses pada tanggal 6 Mei 2014 pukul 01.30 WIB.
- [6] *Types of Hydrofoil.* <http://www.hydrofoil.com/hitest/reference.html> diakses pada tanggal 25 April 2014 pukul 01.20 WIB
- [7] <http://www.pulauseribu-traveling.com/> diakses pada tanggal 20 April 2014 pukul 01.20 WIB
- [8] <http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrofoil> diakses pada tanggal 21 April 2014 pukul 15.20 WIB