

Desain *High – Speed Passenger Craft (Ferry Hydrofoil)* untuk Daerah Pelayaran Batam - Singapura

Radityo Nugra Erlangga dan Wasis Dwi Aryawan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: wasis@na.its.ac.id

Abstrak—Batam merupakan kota dengan letak yang strategis yang berada di jalur pelayaran internasional dan memiliki jarak yang sangat dekat dan berbatasan langsung dengan Singapura. Jarak pelayaran dari Batam ke Singapura adalah ± 40 kilometer atau ± 22 *nautical miles* dan pada umumnya *ferry* dari Batam menuju Singapura digunakan oleh para pekerja yang bekerja di Singapura namun berdomisili di Batam karena biaya hidup di Batam yang lebih murah daripada Singapura begitupun sebaliknya. Tujuan dari penelitian Studi ini adalah dibutuhkannya *ferry* yang lebih cepat dan dirasa mampu untuk membantu sarana transportasi para pekerja untuk sampai ke Singapura atau Batam lebih cepat dengan harga tiket yang relevan. *Payload* kapal adalah berdasarkan hasil analisis perhitungan *existing ferries* yang dinilai paling ekonomis kemudian didapat *payload* luasan dek dan ukuran utama kapal. Setelah itu dilakukan perhitungan teknis yang meliputi hambatan dan propulsi, berat, dimensi *foil* dan *strut*, *freeboard*, stabilitas, dan *trim*. Ukuran utama yang didapatkan adalah $LOA = 38.5$ m; $LPP = 35.5$ m; $B = 8.7$ m; $H = 2.5$ m; $T = 1.63$ m; dan jenis *foil* yang digunakan pada bagian belakang dan depan adalah NACA 641-212 dengan dimensi *foil* belakang ($s = 8.7$ m; $c = 1.15$ m) dan *foil* depan ($s = 6.5$ m; $c = 1.15$ m). Jenis *foil* pada *strut* adalah NACA 0015 dengan dimensi *strut* belakang luar ($s = 7.2$ m; $c = 1.15$ m), *strut* belakang tengah ($s = 4.025$ m; $c = 1.15$ m) dan *strut* depan ($s = 5$ m; $c = 1.15$ m). Tinggi *freeboard* minimum sebesar 94 mm, besar tonase adalah 218.48 GT, dan kondisi stabilitas *Ferry Hydrofoil* memenuhi kriteria *Intact Stability (IS) Code Reg. III/3.1* dan *HSC Code 2000*. Biaya total pembangunan kapal sebesar Rp 74,598,978,402.

Kata Kunci—Batam, Cepat, *Ferry*, *Hydrofoil* (*foil*, *strut*, dan NACA), Kapal Cepat, Pekerja, Singapura.

I. PENDAHULUAN

KOTA Batam adalah sebuah kota yang terletak di Provinsi Kepulauan Riau, Indonesia. Wilayah kota Batam terletak di Pulau Batam dan seluruh wilayahnya dikelilingi Selat Singapura dan Selat Malaka. Menurut Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Batam per tahun 2015, jumlah penduduk di Batam mencapai 1.164.352 jiwa. Wilayah Metropolitan Pulau Batam terdiri dari tiga pulau, yaitu Batam, Rempang dan Galang yang dihubungkan oleh sebuah jembatan, yakni Jembatan Barelang. Batam merupakan salah satu kota dengan letak yang sangat strategis. Selain berada di jalur pelayaran internasional, kota ini memiliki jarak yang sangat dekat dan berbatasan langsung dengan Singapura dan Malaysia. Batam merupakan salah satu kota dengan pertumbuhan terpesat di Indonesia. Ketika dibangun pada tahun 1970-an oleh Otorita Batam (saat ini bernama BP Batam), kota ini hanya dihuni

sekitar 6.000 penduduk dan dalam tempo 40 tahun penduduk Batam bertumbuh hingga 158 kali lipat.

Hydrofoil adalah sebuah kapal dengan bagian seperti sayap yang dipasang pada penyangga di bawah lambung kapal. Ketika kapal meningkatkan kecepatannya, hidrofoil memproduksi gaya angkat sehingga lambungnya terangkat dan keluar dari air. Ini menyebabkan pengurangan gesekan dan oleh karena itu peningkatan dalam kecepatan.

Jarak pelayaran dari Kota Batam ke Singapura adalah ± 35 sampai 40 kilometer atau sekitar 20 sampai 21 *nautical mile*. Dengan itu pada umumnya kapal *ferry* dari Batam menuju Singapura digunakan oleh para pekerja. Banyak orang yang bekerja di Singapura namun berdomisili di Batam karena biaya hidup di Batam yang lebih murah daripada Singapura begitupun sebaliknya. Maka dari itu kapal *ferry* yang lebih cepat dirasa mampu untuk membantu sarana transportasi para pekerja ini untuk sampai ke Singapura atau Batam lebih cepat dengan harga yang relevan dimana kapal *ferry* dari Batam ke Singapura menempuh waktu rata – rata hingga 60 menit atau 1 jam.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *High – Speed Craft*

High – speed craft (HSC) adalah kapal yang berkecepatan tinggi untuk penggunaan sipil atau disebut juga *ferry* cepat. Pertama kali kapal jenis *high – speed craft* sering ditemukan pada jenis *hydrofoil* atau *hovercraft*, tetapi pada tahun 1990-an kapal dengan desain lambung katamaran lebih populer. Kebanyakan dari kapal jenis *high – speed craft* berfungsi sebagai kapal *ferry* penumpang, bahkan dengan desain lambung yang besar dapat mengangkut mobil dan angkutan besar seperti bus. Desain dari lambungnya didukung oleh pompa *jet* yang dihubungkan dengan mesin *diesel* berkecepatan sedang. Desain dan peraturan keselamatan kapal jenis *high – speed craft* diatur pada *High – Speed Craft Codes* (HSC Code) 1994 dan 2000 yang diadopsi oleh *Maritime Safety Committee* dari *International Maritime Organisation* (IMO).

B. *Hydrofoil*

Hydrofoil adalah sebuah kapal dengan bagian seperti sayap yang dipasang pada penyangga di bawah lambung kapal. Ketika kapal meningkatkan kecepatannya, hidrofoil memproduksi gaya angkat sehingga lambungnya terangkat dan keluar dari air. Hal ini menyebabkan pengurangan gesekan dan oleh karena itu peningkatan dalam kecepatan. *Hydrofoil* awal menggunakan sayap atau *foil* berbentuk-U dan jenis ini dikenal sebagai *surface – piercing* karena sebagian dari *hydrofoil* ini akan terangkat di atas

permukaan air. *Hydrofoil* modern menggunakan *foil* berbentuk-T yang keseluruhannya berada di bawah air.

C. Lift dan Drag

Pada benda yang terbenam dalam aliran fluida akan mengalami gaya – gaya akibat interaksi fluida dengan benda, gaya yang ditimbulkan berupa gaya normal yang disebabkan perubahan tekanan dan gaya geser yang terjadi akibat viskositas fluida. Jika dilihat dari arah horisontal, gaya yang tegak lurus dengan arah aliran disebut gaya angkat (*lift force*) dan gaya yang searah dengan aliran fluida disebut gaya gesek (*drag*). Untuk *lift force* dan *drag force* yang bekerja pada *foil* dapat dinyatakan dalam persamaan seperti berikut [1]:

$$Lift\ Force = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \cdot C_L \quad (1)$$

dan

$$Drag\ Force = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \cdot C_D \quad (2)$$

D. Proses Desain

Proses desain merupakan proses yang dilakukan secara berulang – u lang hingga menghasilkan suatu desain yang sesuai dengan apa yang diinginkan.

Dalam proses desain pembangunan kapal baru terdapat beberapa tahap desain, yaitu antara lain [2]:

- 1) *Concept Design*
- 2) *Preliminary Design*
- 3) *Contract Design*
- 4) *Detail Design*

E. Jenis – jenis Foil

Berikut merupakan jenis – jenis *foil* yang sering digunakan pada kapal [3].

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

III. TINJAUAN WILAYAH

Kota Batam adalah sebuah kota yang terletak di Provinsi Kepulauan Riau, Indonesia yang terletak di Pulau Batam dan seluruh wilayahnya dikelilingi Selat Singapura dan Selat Malaka. Selain berada di jalur pelayaran internasional, kota ini memiliki jarak yang sangat dekat dan berbatasan langsung dengan Singapura. Jarak pelayaran dari Batam ke Singapura adalah ± 40 kilometer atau ± 22 nautical miles berdasarkan letak pelabuhan penyeberangan *ferry* di Batam (Terminal *Ferry* Batam Center).



Gambar 1. Pulau Batam dan Singapura

IV. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pengumpulan Data

Pada tahapan pengumpulan data ini menggunakan metode pengumpulan data secara langsung (primer) dan tidak langsung (sekunder). Data – data akan dijadikan parameter dari proses desain kapal ini sendiri. Data yang dibutuhkan antara lain:

- a. Data Jumlah Penumpang
- b. Kondisi Perairan Pulau Batam dan Singapura
- c. Data Pendukung *Ferry Existing*

B. Ukuran Utama Kapal

Dalam penentuan ukuran utama *Ferry Hydrofoil* digunakan beberapa acuan seperti data pendukung dari *ferry existing*, jumlah penumpang dan luasan area tersebut. Setelah itu dilakukan perhitungan dengan cara analisis ekonomis berdasarkan data pendukung dan pemodelan awal bentuk lambung kapal (*hull form*)

C. Perhitungan Teknis dan Ekonomis

Perhitungan teknis yang dilakukan meliputi perhitungan batasan ukuran utama, koefisien kapal, hambatan dan propulsi, penentuan spesifikasi tenaga penggerak, perhitungan konsumsi, perhitungan peralatan dan perlengkapan, perhitungan berat (DWT dan LWT) dan koreksi *displacement*, perhitungan dimensi *foil* dan *strut*, perhitungan tonase, perhitungan *freeboard*, perhitungan stabilitas dan *trim*, serta perhitungan analisis ekonomis (perhitungan biaya pembangunan, biaya operasional, harga perencanaan tiket, *Payback Period*, BEP, NPV, dan IRR).

D. Desain Model

Pada tahap ini dilakukan perencanaan terhadap *Ferry Hydrofoil* sehingga didapatkan desain yang sesuai dengan karakteristik perairan pada penyeberangan Batam dan Singapura dan dapat diaplikasikan secara optimal. Perencanaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Desain Rencana Garis (*Lines Plan*)
- b. Desain Rencana Umum (*General Arrangement*)
- c. Desain Rencana Keselamatan (*Safety Plan*)

d. Desain 3 Dimensi (3D Model)

E. Kesimpulan

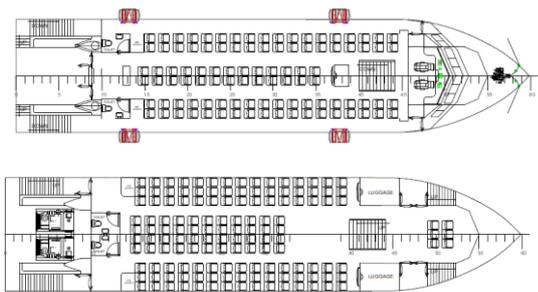
Setelah dilakukan desain model yang sudah sesuai lalu dapat ditarik kesimpulan akhir dari tahap perancangan yang ada.

V. ANALISIS TEKNIS

A. Penentuan Ukuran Utama dan Jumlah Penumpang

Penentuan ukuran utama dan jumlah penumpang dari *Ferry Hydrofoil* ini berdasarkan perhitungan analisis ekonomis dari *ferry existing* pada penyeberangan Batam – Singapura yang memiliki nilai paling relevan. Berdasarkan analisis tersebut penumpang yang ditentukan adalah sebesar 248 orang dengan rincian 238 penumpang dan 10 orang *crew*. Setelah didapatkan jumlah tersebut, kemudian dilakukan perhitungan mencari nilai luasan area yang akan dijadikan acuan dalam penentuan *payload*.

Dalam penentuan ukuran utama *Ferry Hydrofoil* digunakan acuan berdasarkan hasil analisis ekonomis *ferry existing*, jumlah penumpang dan luasan area penumpang. Maka didapatkan ukuran utama *Ferry Hydrofoil* adalah $LOA = 38.5$ m, $L_{PP} = 35.5$ m, $B = 8.7$ m, $H = 2.5$ m, dan $T = 1.63$ m. Sehingga didapatkan *layout* awal pada Gambar 2. *Layout* Awal *Ferry Hydrofoil*.



Gambar 2. *Layout* Awal *Ferry Hydrofoil*

B. Perhitungan Hambatan dan Power Kapal

Ferry Hydrofoil merupakan kapal cepat di mana kapal ini mengalami 3 fase (kondisi) kecepatan. Pada fase pertama merupakan fase *displacement*, fase kedua dan ketiga adalah fase *semi – planing* dan *planing*. Pada Tabel V. 1 merupakan rekapitulasi perhitungan hambatan dan *power* pada *Ferry Hydrofoil*.

Tabel 1. Rekapitulasi Hambatan dan *Power* Kapal

Rekapitulasi Hambatan dan Propulsi Kapal				
	Kondisi 1 (10 Knot)	Kondisi 2 (28 Knot)	Kondisi 3 (40 Knot)	Satuan
R_T	27.4	96.4	175	kN
EHP	140.957656	1388.46848	3600.8	HP
DHP	1187.849392	1927.703367	4582.073	HP
	885.7805191	1437.490393	3416.856	kW
BHP	1455.091496	2361.397661	5612.946	HP
	1085.061728	1760.894236	4185.574	kW

C. Perencanaan Tangki

Terdapat 5 buah tangki yang direncanakan dan diletakkan pada *port side* dan *starboard side* yaitu *fuel oil tank* dengan volume 2.042 m³, *diesel oil tank* dengan volume 0.357 m³, *lubrication oil tank* dengan volume 0.007 m³ untuk *fuel oil* dan 0.00163 m³ untuk *diesel oil*, *fresh water tank* dengan volume 25.685 m³ dan *sewage tank*.

D. Perhitungan Berat

Perhitungan berat *Ferry Hydrofoil* dibagi dua jenis yaitu DWT dan LWT di mana DWT adalah berat muatan dan *consumable* dari kapal dan LWT adalah berat kapal kosong ditambah permesinan dan *equipment* serta sistem *foil* dan *strut*. Perhitungan berat memiliki batasan sekitar 2% - 10%. Berikut adalah tabel rekapitulasi perhitungannya.

Tabel 2.

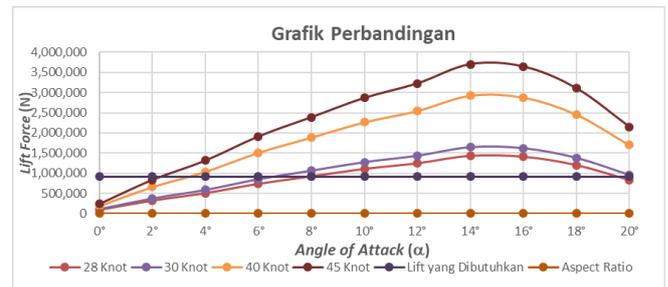
Koreksi *Displacement*

Batasan Kapasitas Kapal Sesuai Hukum Archimedes			
No	Komponen Berat Kapal	Value	Unit
1	<i>Displacement</i> = Pemodelan <i>Maxsurf</i>	178.3	ton
2	DWT	86.317	ton
3	LWT	88.150	ton
4	<i>Displacement</i> = DWT + LWT	174.467	ton
Selisih		3.833	ton
Koreksi <i>Displacement</i>		2.20%	

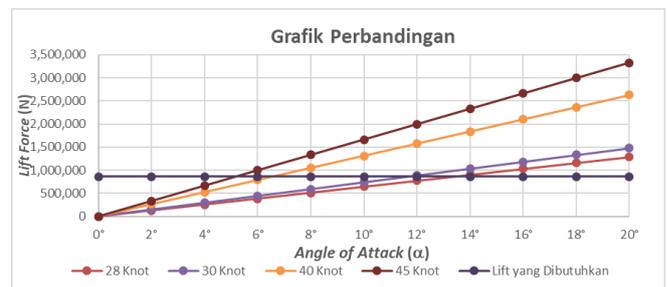
E. Perhitungan Dimensi Foil dan Strut

Pada *Ferry Hydrofoil* nilai gaya angkat (*lift*) yang dibutuhkan pada bagian belakang kapal sebesar 920874.394 N dan bagian depan kapal sebesar 860592.1 N. Untuk dapat mengangkat kapal dengan nilai *lift* tersebut dibutuhkan *foil* dan *strut* di mana jenis *foil* yang ditentukan pada *Ferry Hydrofoil* ini adalah NACA 64₁-212 untuk *foil* bagian depan dan belakang dan NACA 0015 untuk *strut* bagian depan dan belakang.

Penentuan jenis *foil* berdasarkan perhitungan *lift* pada tiap sudut serang (*angle of attack*) dengan variasi beberapa kecepatan. Berikut merupakan grafik dari perhitungan nilai `



Gambar 3. Grafik Perbandingan Tiap Sudut Serang dengan Nilai *Lift* yang dihasilkan (*Foil* Belakang)



Gambar 4. Grafik Perbandingan Tiap Sudut Serang dengan Nilai *Lift* yang Dihasilkan (*Foil* Depan)

Setelah dilakukan perbandingan tersebut dicari pada sudut serang berapa dimensi dari *foil* yang dapat mengangkat badan (lambung) kapal dan yang paling optimum karena semakin tinggi nilai sudut serang maka semakin besar hambatan yang dihasilkan dan dapat mengalami *stall*. Kemudian jika sudah diketahui pada sudut serang berapa nilai *lift* yang dihasilkan memenuhi dapat ditentukan ukuran atau dimensi dari *foil*.

Berikut merupakan rekapitulasi dimensi *foil* dan *strut* pada bagian depan dan belakang kapal di mana dimensi

tersebut dapat mengangkat badan (lambung kapal) yang dapat dilihat pada Tabel 3 Rekapitulasi Dimensi *Foil* dan *Strut*.

Tabel 3.
Rekapitulasi Dimensi *Foil* dan *Strut*

Dimensi <i>Foil</i> dan <i>Strut</i> Kapal			
Dimensi <i>Foil</i> Belakang		Dimensi <i>Foil</i> Depan	
<i>Span</i> =	8.7 m	<i>Span</i> =	6.5 m
<i>Chord</i> =	1.15 m	<i>Chord</i> =	1.15 m
<i>Aspect Ratio</i> =	7.5652	<i>Aspect Ratio</i> =	5.6522
Dimensi <i>Strut</i> Belakang Luar		Dimensi <i>Strut</i> Depan	
<i>Span</i> =	7.2 m	<i>Span</i> =	5 m
<i>Chord</i> =	1.15 m	<i>Chord</i> =	1.15 m
<i>Aspect Ratio</i> =	6.208	<i>Aspect Ratio</i> =	4.348
Dimensi <i>Strut</i> Belakang Tengah			
<i>Span</i> =	4.025 m		
<i>Chord</i> =	2.5 m		
<i>Aspect Ratio</i> =	1.61		

F. *Trim*

Batasan *trim* didapatkan dari SOLAS Reg. II-1/5-1 Part B-1 yaitu nilai *trim* tidak boleh melebihi batasan yaitu 0.5% dari L_{WL} . Nilai batasan adalah 0.1775 m dan nilai *trim* sebenarnya dapat dilihat pada rekapitulasi perhitungan tabel berikut.

Tabel 4.
Rekapitulasi Perhitungan *Trim*

Perhitungan <i>Trim</i> Menurut <i>Maxsurf Stability Advanced</i>			
<i>Trim</i> kondisi 100% penumpang	Kondisi <i>trim</i>	Kondisi Syarat	
Kondisi <i>Fuel Oil</i> 100%	= -0.224 m	Trim Haluan	<i>Passed</i>
Kondisi <i>Fuel Oil</i> 50%	= -0.120 m	Trim Haluan	<i>Passed</i>
Kondisi <i>Fuel Oil</i> 10%	= -0.067 m	Trim Haluan	<i>Passed</i>
<i>Trim</i> kondisi 70% penumpang	Kondisi <i>trim</i>	Kondisi Syarat	
Kondisi <i>Fuel Oil</i> 100%	= -0.206 m	Trim Haluan	<i>Passed</i>
Kondisi <i>Fuel Oil</i> 50%	= -0.089 m	Trim Haluan	<i>Passed</i>
Kondisi <i>Fuel Oil</i> 10%	= -0.021 m	Trim Haluan	<i>Passed</i>
<i>Trim</i> kondisi 30% penumpang	Kondisi <i>trim</i>	Kondisi Syarat	
Kondisi <i>Fuel Oil</i> 100%	= -0.182 m	Trim Haluan	<i>Passed</i>
Kondisi <i>Fuel Oil</i> 50%	= -0.047 m	Trim Haluan	<i>Passed</i>
Kondisi <i>Fuel Oil</i> 10%	= 0.048 m	Trim Buritan	<i>Passed</i>

G. *Freeboard*

Perhitungan *freeboard* minimum yang disyaratkan untuk BTP mengacu pada *International Convention of Load Lines* (ICLL) tahun 1969. Dimana *freeboard minimum* yang disyaratkan sebesar 0.094 m. Pada *Ferry Hydrofoil* ini direncanakan *freeboard* sebesar 0.87 m sehingga masih memenuhi peraturan tersebut.

H. *Stabilitas*

Analisis stabilitas digunakan untuk mengetahui keseimbangan kapal secara melintang pada beberapa kondisi pemuatan (*loadcases*). Kriteria stabilitas yang digunakan adalah kriteria stabilitas kapal umum dan kapal cepat yang mengacu pada *IS Code 2008* dan *HSC Code 2000*. Adapun hasil perhitungan stabilitas yang didapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas.

Tabel 5.
Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas (IS Code)

No	Kriteria	Kondisi <i>Loadcase</i> Saat <i>Consumable</i>									Satuan	Kondisi
		Penanjung 30%			Penanjung 70%			Penanjung 100%				
		<i>Fuel Oil</i>	<i>Fuel Oil</i>	<i>Fuel Oil</i>	<i>Fuel Oil</i>	<i>Fuel Oil</i>	<i>Fuel Oil</i>	<i>Fuel Oil</i>	<i>Fuel Oil</i>	<i>Fuel Oil</i>		
1	Area 0 to 30 (≥ 3.1513)	16.902	19.686	21.362	13.414	16.671	18.802	11.023	14.547	16.959	m.deg	<i>Passed</i>
2	Area 0 to 40 (≥ 3.1566)	30.261	33.747	35.759	25.111	29.359	32.092	21.584	26.274	29.456	m.deg	<i>Passed</i>
3	Area 30 to 40 (≥ 1.7189)	13.359	14.061	14.397	11.697	12.688	13.289	10.561	11.728	12.498	m.deg	<i>Passed</i>
4	Max GZ at 30 or greater (≥ 0.2)	1.900	2.034	2.056	1.744	1.889	1.927	1.635	1.786	1.833	m	<i>Passed</i>
5	$\theta_{GZmax} \geq 25^\circ$	59.1	60	59.1	60	60	59.1	60	60	59.1	deg	<i>Passed</i>
6	$GM \geq 0.15$	2.128	3.134	3.601	2.608	3.134	3.595	2.617	3.139	3.712	m	<i>Passed</i>
7	Passenger Crowding ($\leq 10^\circ$) (angle of equilibrium)	1.9	1.2	0.8	4.2	2.7	2	5.7	3.8	2.8	deg	<i>Passed</i>
8	Turn - angle of equilibrium ($\leq 10^\circ$)	1.9	1.2	0.8	4.2	2.7	2	5.7	3.8	2.8	deg	<i>Passed</i>
Severe wind and rolling												
9	Angle of steady heel shall not be greater than ($\leq 16^\circ$)	8.1	5.1	3.5	9.8	6.4	4.5	11.1	7.4	5.3	deg	<i>Passed</i>
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than ($\leq 80\%$)	33.02	23.39	18.87	41.78	31.05	25.8	48.74	37.17	31.51	%	<i>Passed</i>
	Area1 / Area2 shall not be less than ($\geq 100\%$)	168.12	192.07	213.05	144.07	171.67	195.35	128.22	157.54	182.80	%	<i>Passed</i>

Tabel 6.
Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas (HSC Code)

No	Kriteria	Kondisi <i>Loadcase</i> Saat <i>Consumable</i>									Satuan	Kondisi
		Penanjung 30%			Penanjung 70%			Penanjung 100%				
		<i>Fuel Oil</i>	<i>Fuel Oil</i>	<i>Fuel Oil</i>	<i>Fuel Oil</i>	<i>Fuel Oil</i>	<i>Fuel Oil</i>	<i>Fuel Oil</i>	<i>Fuel Oil</i>	<i>Fuel Oil</i>		
HSC 2000 ANNEX 8 MONOHULL - INTACT												
Weather criterion from IMO A.749 (18)												
1	Angle of steady heel shall not be greater than ($\leq 16^\circ$)	5	3.1	2.1	7	4.5	3.2	8.3	5.5	5	deg	<i>Passed</i>
	Angle of steady heel / Marginline immersion angle shall not be greater than ($\leq 80\%$)	21.72	15.34	12.33	31.62	23.49	19.65	39.16	29.89	21.72	%	<i>Passed</i>
	Area1 / Area2 shall not be less than	244.13	252.15	262.20	209.37	224.84	239.86	185.89	205.88	244.13	%	<i>Passed</i>
2	Area 0 to 30 (≥ 3.1510)	16.902	19.686	21.362	13.414	16.671	18.802	11.023	14.547	16.902	m.deg	<i>Passed</i>
3	Area 30 to 40 (≥ 1.7190)	13.359	14.061	14.397	11.697	12.688	13.289	10.561	11.728	13.359	m.deg	<i>Passed</i>
4	Max GZ at 30 or greater (≥ 0.2)	1.900	2.034	2.056	1.744	1.889	1.927	1.635	1.786	1.900	m	<i>Passed</i>
5	$\theta_{GZmax} \geq 15^\circ$	59.1	60	59.1	60	60	59.1	60	60	59.1	deg	<i>Passed</i>
6	$GM \geq 0.15$	2.128	3.134	3.601	2.608	3.134	3.595	2.617	3.139	3.128	m	<i>Passed</i>
HSC 2000 SUBMERSED HYDROFOIL - HULL BORNE MODE												
7	Angle of equilibrium ($\leq 10^\circ$)											
	-High-speed turning	8.6	4.1	2.8	9.7	6.6	4.7	9.4	8.6	8.6	deg	<i>Passed</i>
	-Wind heeling	1.9	1.2	0.8	4.2	2.7	2	5.7	3.8	1.9	deg	<i>Passed</i>
HSC 2000 SUBMERSED HYDROFOIL - TRANSITIONAL AND FOIL BORNE MODES												
8	Passenger Crowding ($\leq 8^\circ$) (angle of equilibrium) (Foil Borne Mode)	1.9	1.2	0.8	4.2	2.7	2	5.7	3.8	1.9	deg	<i>Passed</i>
	Passenger Crowding ($\leq 12^\circ$) (angle of equilibrium) (Transitional Mode)	1.9	1.2	0.8	4.2	2.7	2	5.7	3.8	1.9	deg	<i>Passed</i>

I. *Desain Rencana Garis (Lines Plan)*

Proses pembuatan desain rencana garis (*lines plan*) dimulai setelah ukuran utama *Ferry Hydrofoil* yang telah didapatkan dan pemodelan awal yang dilakukan pada saat penentuan ukuran utama. Adapun desain rencana garis *Ferry Hydrofoil* ini dapat dilihat pada Gambar 9. *Lines Plan Ferry Hydrofoil*.

J. *Desain Rencana Umum (Rencana Umum)*

Berdasarkan gambar *Lines Plan* yang sudah di desain, maka dilanjutkan dengan pembuatan *General Arrangement* untuk merencanakan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapan *Ferry Hydrofoil*. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan *General Arrangement* ini yaitu penataan tiap geladak, penataan ruang mesin, peletakan mesin utama, mesin bantu, dan sistem propulsi, dan peletakan tangki – tangki pada *Ferry Hydrofoil* dengan baik agar memberikan kenyamanan dan kesesuaian dengan konsep desain yang diusung. Pada penelitian ini acuan menentukan rencana umum adalah dari desain *Jetfoil TurboJet Hong Kong – Macau*.

K. Desain Rencana Keselamatan (Safety Plan)

Ferry Hydrofoil di desain untuk mengangkut 238 penumpang dan 10 crew. Sehingga, harus dilakukan perencanaan keselamatan dengan memperhitungkan jumlah manusia yang ada di kapal dan ruang akomodasi yang ada pada Ferry Hydrofoil. Perencanaan ini dibagi menjadi dua yaitu *life saving appliances* dan *fire control equipment* yang mengacu pada LSA Code II/2-1.

L. Desain 3 Dimensi (3D Model)

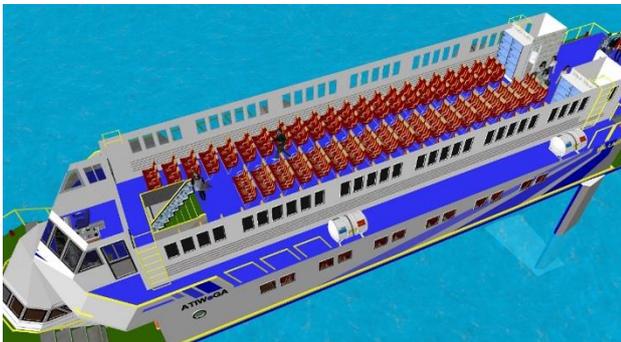
Dari hasil desain *General Arrangement* yang sudah didesain maka dilanjutkan dengan pembuatan desain interior dan desain 3 dimensi. Untuk desain 3 dimensi dapat dilihat pada Gambar 5. Tampak Perspektif 3D Model Ferry Hydrofoil, Gambar 6. Tampak Perspektif (Belakang) Ferry Hydrofoil, Gambar 7. Desain Interior Main Deck Ferry Hydrofoil, dan Gambar 8. Desain Interior Upper Deck Ferry Hydrofoil.



Gambar 5. Tampak Perspektif 3D Model Ferry Hydrofoil



Gambar 6. Tampak Perspektif (Belakang) Ferry Hydrofoil



Gambar 7. Desain Interior Main Deck Ferry Hydrofoil



Gambar 8. Desain Interior Upper Deck Ferry Hydrofoil

VI. ANALISIS EKONOMIS

A. Biaya Pembangunan

Didapat biaya pembangunan kapal sebesar Rp74,598,978,402 (Tujuh Puluh Empat Miliar Lima Ratus Sembilan Puluh Delapan Juta Sembilan Ratus Tujuh Puluh Delapan Ribu Empat Ratus Dua Rupiah).

B. Biaya Operasional

Biaya operasional per tahun yang didapat sebesar Rp35,576,646,358 (Tiga Puluh Lima Miliar Lima Ratus Tujuh Puluh Enam Juta Enam Ratus Empat Puluh Enam Ribu Tiga Ratus Lima Puluh Delapan Rupiah).

C. Analisis Kelayakan Investasi

Untuk menganalisis kelayakan investasi maka terlebih dahulu dilakukan penentuan harga tiket untuk para penumpang yang ingin menggunakan fasilitas Ferry Hydrofoil. Penentuan harga tiket Ferry Hydrofoil mengacu pada hasil rekapitulasi kuesioner terkait harga yang diinginkan responden dan harga tiket pada existing ferries yang telah ada sebelumnya seperti *Majestic Fast Ferry* dan *Batamfast Ferry* sehingga dapat ditentukan harga tiket Ferry Hydrofoil yang dapat dilihat pada Tabel 7 Penentuan Harga Tiket Ferry Hydrofoil yang di mana harga tiket yang dipilih adalah versi 1 dikarenakan sesuai dengan syarat kelayakan investasi yang ada.

Tabel 7. Penentuan Harga Tiket Ferry Hydrofoil

Klasifikasi Tiket	Versi 1	Versi 2	Versi 3	Versi 4
Tiket VIP (Dewasa) - Weekdays	Rp300,000	Rp275,000	Rp250,000	Rp225,000
Tiket VIP (Dewasa) - Weekend	Rp350,000	Rp325,000	Rp300,000	Rp275,000
Tiket VIP (Anak-anak) - Weekdays	Rp200,000	Rp175,000	Rp150,000	Rp125,000
Tiket VIP (Anak-anak) - Weekend	Rp250,000	Rp225,000	Rp200,000	Rp175,000
Tiket Economy (Dewasa) - Weekdays	Rp200,000	Rp175,000	Rp150,000	Rp125,000
Tiket Economy (Dewasa) - Weekend	Rp250,000	Rp225,000	Rp200,000	Rp175,000
Tiket Economy (Anak-anak) - Weekdays	Rp100,000	Rp 75,000	Rp 50,000	Rp 25,000
Tiket Economy (Anak-anak) - Weekend	Rp150,000	Rp125,000	Rp100,000	Rp 75,000

Setelah dilakukan penentuan harga tiket pada Ferry Hydrofoil maka dilakukan perhitungan balik modal yakni *Payback Period*, *Break – even Point (BEP)*, *Net Present Value (NPV)*, dan *Internal Rate of Return (IRR)*. Sehingga didapatkan variasi nilai NPV dan IRR sebagai berikut.

Tabel 8.

Rekapitulasi Payback Period Ferry Hydrofoil

Klasifikasi Harga Tiket	Payback Period Penumpang		
	100%	70%	50%
	Versi 1	3 Tahun 2 Bulan	3 Tahun 5 Bulan
Versi 2	3 Tahun 6 Bulan	3 Tahun 11 Bulan	8 Tahun 9 Bulan
Versi 3	4 Tahun 1 Bulan	4 Tahun 7 Bulan	12 Tahun 1 Bulan
Versi 4	4 Tahun 12 Bulan	6 Tahun 1 Bulan	> 15 Tahun

Tabel 9.
Rekapitulasi Perhitungan NPV Ferry Hydrofoil

Klasifikasi Harga Tiket	NPV		
	Pengunjung		
	100%	70%	50%
Versi 1	Rp 184,939,064,743	Rp 149,514,079,175	Rp 8,954,541,702
Versi 2	Rp 143,084,084,765	Rp 110,073,025,554	-Rp 16,264,636,289
Versi 3	Rp 101,229,104,787	Rp 70,631,971,933	-Rp 41,483,814,281
Versi 4	Rp 59,374,124,809	Rp 31,190,918,312	-Rp 63,684,446,576

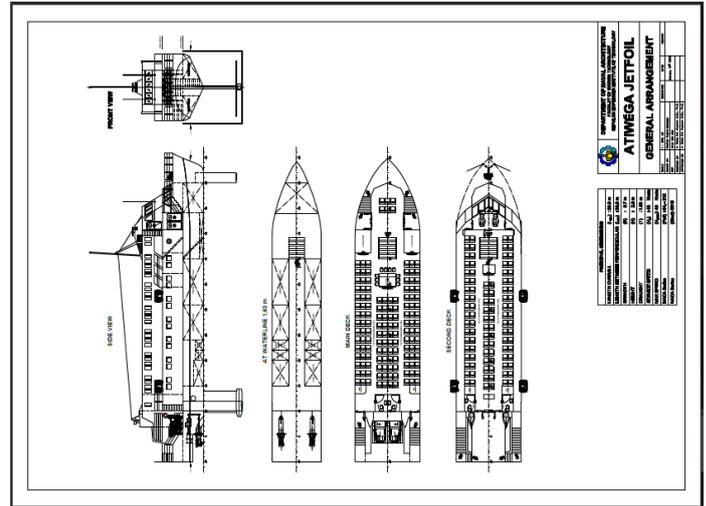
Tabel 10.
Rekapitulasi Perhitungan IRR Ferry Hydrofoil

Klasifikasi Harga Tiket	IRR		
	Pengunjung		
	100%	70%	50%
Versi 1	55.3932%	48.5629%	17.4963%
Versi 2	47.3031%	40.7027%	9.8878%
Versi 3	38.888%	32.3953%	-0.0942%
Versi 4	29.899%	23.2776%	-15.7028%

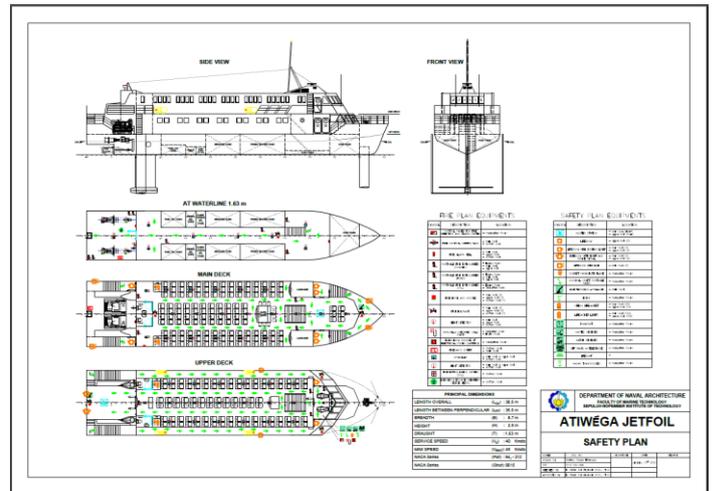
VII. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dari segi analisis teknis maupun ekonomis maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan hasil analisis ekonomis (bersifat asumsi dengan data sekunder) *existing ferries* pada penyeberangan Batam – Singapura didapatkan penumpang yang dapat diangkut sebanyak 238 penumpang dan 10 crew.
- 2) Ukuran utama yang didapat adalah: $L_{OA} = 38.5$ m; $L_{PP} = 35.5$ m; $B = 8.7$ m; $H = 2.5$ m; $T = 1.63$ m; $C_B = 0.436$
- 3) Jenis foil yang digunakan pada bagian depan dan belakang menggunakan NACA 64_A-212 atau 64_I-212 sedangkan jenis foil untuk strut bagian depan dan belakang adalah NACA 0015.
- 4) Dimensi foil belakang adalah ($span = 8.7$ meter; $chord = 1.15$ m; $AR = 7.5652$) dan foil depan adalah ($span = 6.5$ meter; $chord = 1.15$ meter; $AR = 5.652$). Sedangkan dimensi strut belakang bagian luar adalah ($span = 7.2$ meter; $chord = 1.15$ meter; $AR = 6.260$), strut belakang bagian tengah ($span = 4.025$ meter; $chord = 2.5$ meter; $AR = 1.61$), dan strut bagian depan ($span = 5$ meter; $chord = 1.15$ meter; $AR = 4.348$).
- 5) Jarak tempuh Batam menuju Singapura ± 22 nautical miles atau ± 38 kilometer biasanya ditempuh dalam waktu hingga 60 menit, dengan adanya Ferry Hydrofoil ini dapat ditempuh dalam waktu 30 menit dengan kecepatan 40 knot.



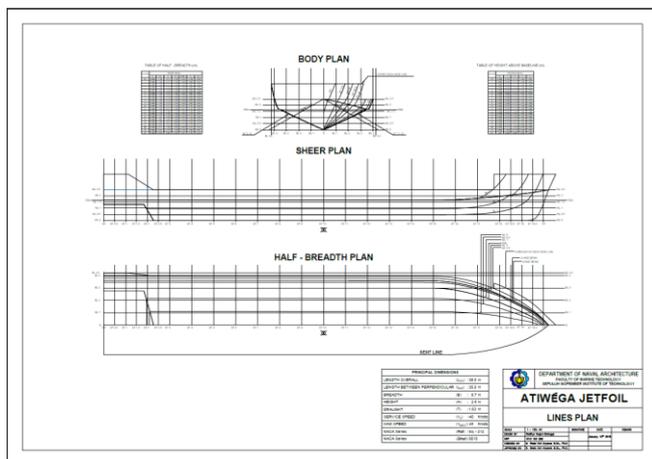
Gambar 10. General Arrangement Ferry Hydrofoil



Gambar 11. Safety Plan Ferry Hydrofoil

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. E. Abbott, I. H., & von Doenhoff, *Theory of Wing Sections Including a Summary of Airfoil Data*. New York: Dover Publications, Inc, 1949.
 [2] R. Taggart, *Ship Design and Construction Chapter 5*. SNAME, 1980.
 [3] P. Marzocca, "The NACA Airfoil Series," 2017. [Online]. Available: <http://people.clarkson.edu/>.



Gambar 9. Lines Plan Ferry Hydrofoil