



Studi Perancangan *Passenger Craft Hydrofoil* Untuk Daerah Pelayaran Sanur - Nusa Penida

Rafi' Zain Wiryo Sutomo¹⁾, Ahmad Fauzan Zakki, Deddy Chrismianto^{*)}

¹⁾ Laboratorium Desain dan Digitalisasi Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

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

Abstrak

Pulau Nusa Penida merupakan destinasi di Provinsi Bali yang sering dikunjungi oleh turis sehingga transportasi menuju Nusa Penida perlu ditambah. Solusi yang tepat untuk mendukung permasalahan tersebut ialah perancangan kapal Hydrofoil. Kapal Hydrofoil memiliki mekanisme dan bentuk yang cukup unik karena kapal ini memiliki foil yang terpasang pada lambungnya yang mengakibatkan lambung kapal terangkat oleh lift force foil sehingga jenis kapal ini memiliki hambatan yang kecil. Pada penelitian ini, kapal yang dirancang sebagai bentuk dukungan penyebrangan Pantai Sanur – Nusa Penida dengan memperhitungkan rencana garis, rancangan umum, analisa hydrostatic, stabilitas kapal, penempatan strut, dan pemilihan sudut serang optimum pada foil yang akan digunakan. Para penentuan ukuran utama kapal menggunakan 6 kapal hydrofoil untuk menjadi kapal pembanding. Setelah penentuan ukuran utama, kapal akan dipasang foil tipe T secara tandem dengan lambung monohull. Pada foil dilakukan analisa untuk menentukan sudut serang yang optimum dan setelah dipasang dilakukan analisis hambatan dan stabilitas menggunakan software Ansys CFD. Hasil perhitungan didapatkan ukuran utama kapal LOA : 24,4 m, B : 5,7 m, H : 2,9 m, T : 1,2 m. Perancangan Hydrofoil lebar 5,7 m Seri NACA 64(1)-212, strut seri NACA 0018, tinggi strut 1m. Perencanaan pada kecepatan kapal sebesar 45 Knot.

Kata Kunci : Perancangan, *Passenger Craft*, Sanur, Nusa Penida, Hydrofoil

1. PENDAHULUAN

Provinsi Bali memiliki potensi yang terdapat di beberapa pulau kecilnya yang menjadikan Bali menjadi tujuan untuk wisatawan lokal dan untuk mengunjungi Bali. Salah satu pulau di Provinsi Bali yang sering menjadi tujuan wisatawan ketika berkunjung ke Bali adalah Pulau Nusa Penida. Pada tahun 2023 menurut data dari Dinas Pariwisata Klungkung tercatat hingga bulan desember, 481.646 kunjungan, naik 19,47 persen dibandingkan bulan sebelumnya yang tercatat sebanyak 403.154 kunjungan [1].

Pulau Nusa Penida memiliki berbagai potensi yang disajikan untuk para wisatawan lokal ataupun manca negara yaitu satu – satunya pulau di Indonesia yang memiliki rumput laut langka yang bernama spinosum dan memiliki alam bawah laut yang indah dan unik yang terdapat di Pantai Penida [2]. Pulau Nusa Penida dapat dikunjungi oleh

wisatawan melalui jalur laut dari Pulau Sanur, rata – rata perjalanan memakan waktu 30 – 35 menit dengan kapal cepat dengan jarak 25 Km.

Potensi yang terdapat di Pulau Nusa Penida yang begitu besar membutuhkan perhatian pada faktor transportasi untuk memenuhi kebutuhan wisatawan. Selama musim puncak, jumlah penumpang akan melonjak, menyebabkan antrean di beberapa jalur penyebrangan di Bali yang menuju Kepulauan Nusa Penida. Karena hal ini, beberapa pelayaran kapal cepat yang melewati rute Bali – Nusa Penida mengangkut penumpang Sampai melebihi kapasitas kapal, seperti pada Hari Raya Budha Cemeng Klawu (berdasarkan Kalender Bali) di mana hampir semua tempat ibadah umat Hindu melaksanakan Piodalan (upacara keagamaan) [3].

Pada permasalahan ini dibutuhkan penambahan jumlah kapal baru untuk penyebrangan menuju Kepulauan Nusa Penida. Tidak hanya

menambahkan jumlah armada, namun armada baru yang memiliki desain baru yang menawarkan desain baru atau unik seperti penambahan foil. Konsep kapal *hydrofoil* di Indonesia masih sangat sedikit sehingga akan menambah daya tarik untuk wisatawan menggunakan armada baru ini.

Performa kapal dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti desain kapal, daya mesin, bobot beban, kondisi perairan, penggunaan teknologi, kemampuan awak kapal dalam mengoperasikan kapal, pemilihan rute, dan penggunaan bahan bakar[4]. Kapal yang memiliki performa yang sangat tinggi merupakan kapal cepat. Kapal cepat merupakan kapal yang unik karena dapat beroperasi dengan performa kecepatan tinggi. Kapal ini memiliki kemampuan performa dinamik yang bagus sehingga dapat mencapai kecepatan yang tinggi ketika kapal cepat dioperasikan. Sebagian besar dari kapal cepat memiliki fungsi sebagai kapal ferry yang bisa disebut High Speed Craft Ferry dan juga kapal patroli yang mempunyai kecepatan tinggi.

Pada penelitian sebelumnya terdapat eksperimen untuk meneliti pengaruh posisi *hydrofoil* terhadap hambatan. Penelitian eksperimental menggunakan berbagai macam variasi peletakan sehingga menghasilkan data, jika foil diletakan dekat dengan *Longitudinal Center of Gravity* (LCG) menghasilkan hambatan kapal yang lebih kecil dibandingkan dengan peletakan lainnya sebesar 22.43 knot[5].

Selain posisi penempatan *hydrofoil* dan bentuk *hydrofoil*, terdapat hal yang dapat mempengaruhi kinerja dari foil tersebut, yaitu sudut foil. Terdapat penelitian yang menggunakan dengan berbagai variasi sudut serang dengan menggunakan sudut serang sebesar 10°, 20°, dan 30°. Penelitian tersebut menghasilkan hasil dengan sudut 10° menghasilkan gaya angkat sebesar 2,65 N, sudut serang 20° menghasilkan gaya angkat sebesar 3,46 N, dan sudut serang 30° menghasilkan sudut serang 2,85 N[6]. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kinerja foil dapat dipengaruhi oleh sudut serang foil tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang kapal jenis *hydrofoil* dengan menggunakan foil NACA 64(1)-212 tipe T secara tandem. Metode tandem dipilih karena Sistem *hydrofoil* tandem memungkinkan peningkatan rasio gaya angkat kapal berkecepatan tinggi[7]. Lambung yang dipilih pada perancangan kapal ini yaitu monohull sebagai alat transportasi penyebrangan dengan rute pelayaran Sanur – Nusa Penida untuk memenuhi kebutuhan dan sebagai daya tarik wisatawan untuk mencoba kapal *Hydrofoil*. Selain itu, untuk mencari sudut serang terbaik pada NACA 64(1)-212.

2. METODE

2.1 Lokasi Pelayaran

Data Lokasi pelayaran yang akan dijadikan rute pelayaran kapal penumpang di perairan Selat Badung yang menjadi pemisah antara Sanur dan Nusa Penida. Informasi pada tabel 1 diperoleh dari BMKG Balai Besar Wilayah III - Denpasar[8].

Tabel 1. Informasi perairan Selat Badung

Jenis	Ukuran
Radius Pelayaran (Pantai Sanur – Toya Pakeh Penida)	90 <i>Seamiles</i>
Kecepatan Angin Tinggi Gelombang	4 – 15 knot/jam
Kecepatan Gelombang	0,5 - 1,5 m
Periode Gelombang	1 - 2 knot
	2,2 – 8,9 detik

Pada tabel 1 memiliki informasi perairan yang sangat penting untuk perancangan sebuah kapal karena informasi perairan yang relevan untuk sebuah rute kapal harus meliputi radius pelayaran, kecepatan angin, tinggi gelombang, kecepatan gelombang, dan periode gelombang[9]. Radius pelayaran adalah jarak maksimum yang dapat ditempuh tanpa mengisi bahan bakar, penting untuk perencanaan rute. Kecepatan angin mempengaruhi navigasi dan stabilitas kapal, dengan angin kencang meningkatkan risiko kecelakaan. Tinggi gelombang menunjukkan ukuran gelombang yang dapat mengganggu kenyamanan penumpang dan menyebabkan kerusakan. Kecepatan gelombang membantu kapten menyesuaikan kecepatan kapal untuk mengurangi guncangan, sedangkan periode gelombang, atau waktu yang dibutuhkan satu gelombang untuk melewati titik tetap, mempengaruhi frekuensi gelombang dan stabilitas kapal.

2.2 Perencanaan Perancangan

Dalam perancangan kapal penting untuk mempertimbangkan berbagai kriteria yang akan menentukan performa dan efisiensi operasional[4].

Tabel 2. Kriteria perancangan

Bentuk Lambung	Monohull
Sarat Kapal	0,8 – 1,4
Jarak Pelayaran	90 <i>seamiles</i>
Kecepatan Kapal	45 Knot
Material Kapal	Baja
Jumlah Penumpang	65 - 72

Tabel 2 menunjukkan parameter tetap yang menjadi acuan dalam rancangan passenger craft *hydrofoil*, dengan bentuk lambung yang diusulkan

adalah monohull, yang dikenal karena stabilitasnya di perairan yang berombak. Kapal dirancang dengan sarat antara 0,8 hingga 1,4, memberikan fleksibilitas dalam kapasitas muatan. Jarak pelayaran yang ditargetkan mencapai 90 *seamiles* memastikan bahwa kapal dapat menjangkau tujuan yang cukup jauh tanpa perlu sering mengisi bahan bakar. Dengan kecepatan maksimum 45 knot, kapal ini direncanakan untuk memberikan pengalaman perjalanan yang cepat dan efisien. Material baja dipilih untuk memberikan kekuatan dan daya tahan yang diperlukan, sementara kapasitas penumpang dirancang untuk menampung antara 65 hingga 72 orang, menjadikannya ideal untuk rute pelayaran yang ramai. Semua kriteria ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan operasional dan memberikan kenyamanan bagi penumpang.

2.3 Kapal Pembanding

Metode Kapal pembanding merupakan pendekatan yang digunakan dengan cara membandingkan data kapal pembanding dalam menentukan ukuran utama kapal. Kapal pembanding yang digunakan merupakan kapal yang sudah ada. Dengan demikian, kapal pembanding dijadikan acuan untuk mendapatkan ukuran utama kapal. Data yang digunakan untuk kapal pembanding didapat melalui internet.

Tabel 3. Data Kapal Pembanding

No.	Nama Kapal	L	B	H	T
1	Wastok Type	25,87	4,4	3,1	0,67
2	Raketa Type	22,7	4,4	2,9	0,8
3	Vokshod-2	27,6	6,4	3,8	1,2
4	Valdai 45 R	21,3	5,2	2,6	1,2
5	Boeing 929	27,4	8,53	2,59	1,83
6	Polosye	21,35	5,0	2,6	1,2

Kapal – kapal yang digunakan sebagai kapal pembanding pada tabel 3 menggunakan batasan yakni kapal *hydrofoil* sehingga kapal pembanding tersebut dapat menjadi acuan yang sejenis depan kapal yang akan dirancang yaitu jenis kapal *hydrofoil*.

2.4 Pembuatan 3D Kapal dan *General Arrangement*

Pemodelan dalam sebuah penelitian merupakan hal terpenting dalam keberjalanan sebuah penelitian. Pembuatan model 3D *passenger*

craft hydrofoil menggunakan *software* dalam membuat *lines plan* kapal. Pembuatan *General Arrangement passenger craft hydrofoil* yang akan dilakukan menggunakan *software* berbasis *cad* yang dirancang sesuai dengan ukuran kapal yang didapatkan dari metode dari kapal pembanding.

2.5 Analisis *Hydrostatic* Kapal

Analisis kurva hidrostatis kapal adalah proses penting dalam memahami perilaku kapal di dalam air, yang berfokus pada hubungan antara berbagai parameter seperti draft, displacement, dan stabilitas. Kurva ini menggambarkan bagaimana perubahan draft kapal mempengaruhi volume air yang dipindahkan dan berat kapal yang terendam, memberikan informasi kritis untuk menghitung sarat maksimum dan efisiensi operasi. Dengan menganalisis kurva hidrostatis, perancang kapal dapat menentukan posisi pusat *buoyancy* dan pusat gravitasi, yang sangat penting untuk menjaga stabilitas selama pelayaran.

2.6 Penempatan *Hydrofoil* pada Lambung Kapal

Penempatan *hydrofoil* didasarkan posisi titik berat kapal yang telah dihitung sebelumnya dari analisa *longitudinal center Gravity*, peletakan foil depan dan belakang dipasang dengan metode tandem. Tandem, dalam konteks desain kapal, merujuk pada penggunaan dua set *hydrofoil* yang dipasang secara berurutan satu di bagian depan (bow) dan satu di bagian belakang (stern) kapal untuk meningkatkan performa kapal dan efisiensi operasional[7].

2.7 Analisis Sarat Air dan Hambatan di Setiap Kecepatan Kapal

Pada fase ini, analisis dilakukan untuk memeriksa sarat air pada setiap kecepatan, dengan tujuan untuk memahami perubahan sarat air akibat gaya angkat yang dihasilkan oleh *hydrofoil*, menggunakan perangkat lunak berbasis *CFD*. Selain itu, tahap ini juga menganalisis hambatan pada berbagai kecepatan sarat air, untuk mengevaluasi dampak penambahan *hydrofoil* terhadap pengurangan hambatan kapal akibat penurunan sarat air, juga menggunakan *software* berbasis *CFD*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan Ukuran Utama Kapal

Dalam perencanaan kapal *hydrofoil* ini, penentuan ukuran utama kapal dilakukan untuk mendapatkan dimensi yang akan dirancang.

Dengan menggunakan metode regresi, diharapkan dapat memperoleh ukuran utama kapal yang optimal dan memenuhi kriteria teknis perancangan. Pengoptimalan perbandingan ukuran utama kapal dari kapal perbandingan digunakan sebagai dasar dalam menentukan ukuran utama kapal. Pada perancangan ini, ditetapkan panjang kapal (LOA) antara 20 hingga 35 meter.

Dari data perbandingan yang disajikan dalam Tabel 3, dapat diketahui nilai minimal dan maksimal dari perbandingan ukuran utama kapal perbandingan. Melalui pengoptimalan ukuran utama kapal yang akan dirancang, maka ukuran utama kapal yang ditetapkan adalah:

Tabel 4. Ukuran Utama Kapal

Ukuran Utama	
L	24,4
B	5,7
H	2,9
T	1,2
Passenger	72

Setelah dilakukan penentuan ukuran utama dari metode regresi. Selanjutnya, dilakukan pengecekan ukuran utama rancangan kapal terhadap ukuran kapal perbandingan.

Tabel 5. Pengecekan Hasil Ukuran Utama Kapal

Jenis	Nilai		Keterangan
	Kapal Baru	Kapal perbandingan	
L/B	4,3	4,10 ~ 5,88	Memenuhi
L/H	8,4	7,26 ~ 10,58	Memenuhi
B/T	4,8	4,33 ~ 6,57	Memenuhi
H/T	2,4	1,42 ~ 4,63	Memenuhi

Dari Tabel 4, dapat disimpulkan bahwa parameter optimasi dari kapal rancangan sudah sesuai dengan standar dari kapal perbandingan.

3.2 Rencana Garis Kapal

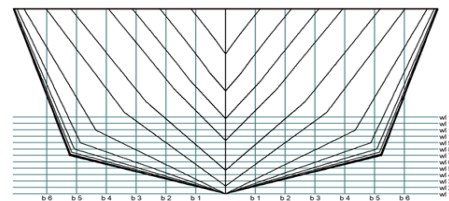
Pada perancangan kapal hydrofoil ini dibuatlah rencana garis atau lines plan yang menggunakan software berbasis CAD. Berikut adalah pembagian jarak station, waterline, dan buttock line kapal :

Tabel 6. Jarak Station, Waterline dan Buttock Line

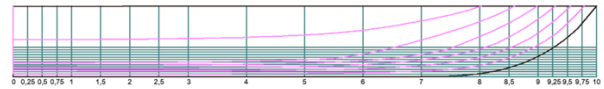
Station	Jarak (m)	WL	Jarak (m)	BL	Jarak (m)
0	0	0	0	1	-0,4
0,25	0,61	1	0,1	2	-0,8
0,5	1,22	2	0,2	3	-1,2
0,75	1,83	3	0,3	4	-1,6
1	2,44	4	0,4	5	-2
1,5	3,66	5	0,5	6	-2,4

2	4,88	6	0,6
2,5	6,1	7	0,7
3	7,32	8	0,8
4	9,76	9	0,9
5	12,2	10	1
6	14,64		
7	17,08		
8	19,52		
8,5	20,74		
9	21,96		
9,25	22,57		
9,5	23,18		
9,75	23,79		
10	24,4		

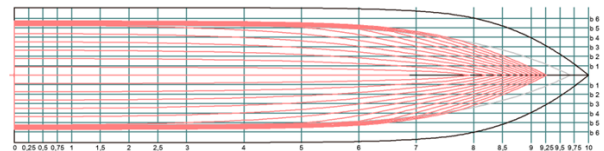
Pada Tabel 6, didapatkan jarak Station, Waterline dan Buttock Line yang didapatkan dari bentuk lambung kapal yang telah dibuat pada gambar 4.



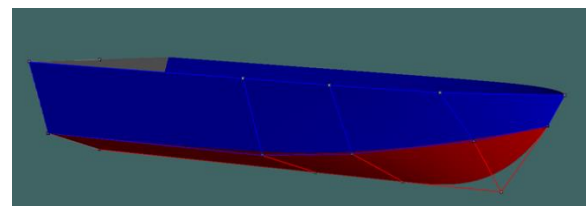
Gambar 1. Body plan



Gambar 2. Sheer plan



Gambar 3. Breadth plan



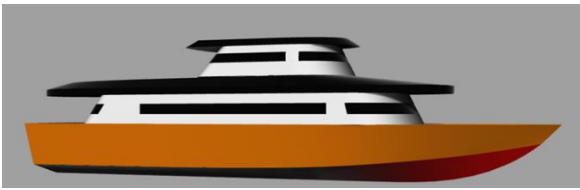
Gambar 4. Bentuk 3D lambung

Pembuatan lambung kapal yang telah dibuat melalui berbagai tahapan memiliki hasil yaitu *body plan* pada gambar 1, *sheer plan* pada gambar 2, *breadth plan* pada gambar 3, hingga membentuk 3D lambung pada gambar 4.

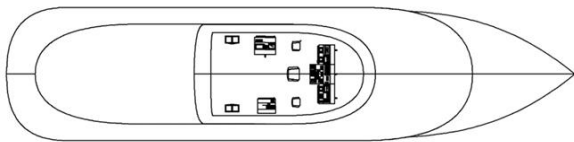
3.3 General Arrangement

General Arrangement didesain untuk merancang bangunan atas untuk mengatur penataan ruangan – ruangan untuk kebutuhan kapal

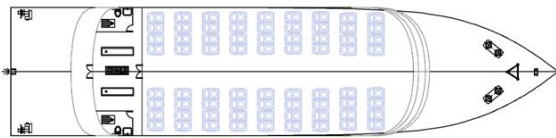
yang nantinya akan menjadi akomodasi pada kapal *passenger craft hydrofoil* ini.



Gambar 5. Bentuk 3D Kapal



Gambar 6. Navigator deck

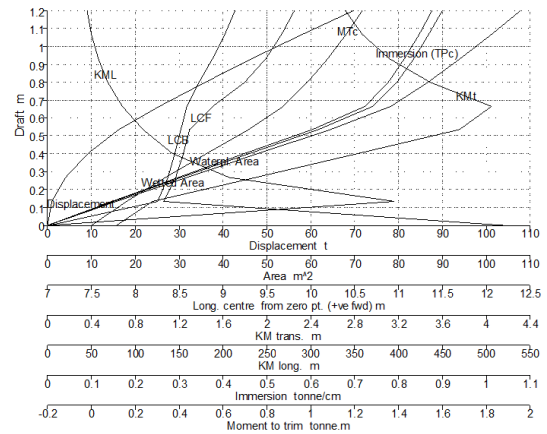


Gambar 7. Passenger deck

General arrangement (GA) untuk dek penumpang dan dek navigator pada gambar 6 dan gambar 7 pada kapal sangat penting dalam perancangan yang bertujuan untuk mengoptimalkan ruang dan memastikan kenyamanan serta keselamatan. Dek penumpang biasanya dirancang untuk menampung jumlah maksimum penumpang dengan mempertimbangkan sirkulasi yang baik, fasilitas seperti tempat duduk, area istirahat, dan akses ke layanan seperti toilet dan kafe. Penempatan jendela besar juga diprioritaskan untuk memberikan pemandangan luar yang menyenangkan. Sementara itu, dek navigator berfungsi sebagai pusat kendali kapal, dilengkapi dengan peralatan navigasi canggih, sistem komunikasi, dan ruang kerja untuk kru. Desain dek navigator harus memastikan visibilitas yang optimal ke arah depan dan samping kapal, dengan akses mudah ke area lainnya untuk meningkatkan efisiensi operasional[10].

3.4 Hydrostatic Kapal

Hasil perhitungan *hydrostatic* kapal didapat melalui *software* berbasis CAD mempunyai displacement = 69,83 ton, LCB = 9,14 ,Cb = 0,547 meter, Cm = 0,708 ,dan Cp = 0,773.



Gambar 8. Hydrostatic kapal

3.5 Stabilitas Kapal

Analisis stabilitas kapal hydrofoil sebelum lambung kapal terangkat sehingga posisi lambung kapal masih berada di air atau belum terangkat. Pada Analisis ini memakai peraturan yang ditetapkan oleh Internasional Organisation Maritime (IMO). standar IMO yang digunakan pada analisis stabilitas ini A.749(18) Chapter 3.1.2.

Tabel 7. Hasil analisa stabilitas

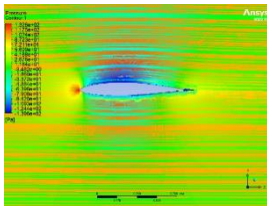
IMO min	K1	K2	K3	K4	K5
3,151					
m.de	20,98	19,11	19,17	19,11	19,19
g					
5,157					
m.de	36,59	33,26	33,28	33,18	33,18
g					
1,719					
m.de	15,60	14,15	14,11	14,06	13,99
g					
0,2 m	2,11	1,90	1,91	1,90	1,92
15°	64,50	62,70	62,70	62,70	62,70
0,15 m	2,68	2,45	2,48	2,47	2,52
Hasil	<i>pass</i>	<i>pass</i>	<i>pass</i>	<i>pass</i>	<i>pass</i>

Hasil dari analisis pada tabel 7 menunjukkan bahwa lambung kapal yang dirancang dengan berbagai kondisi telah memenuhi kriteria atau aturan stabilitas.

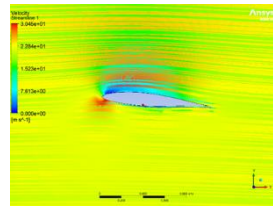
3.6 Analisis Angle Of Attack NACA 64(1)-212

Analisis angle of attack foil dilakukan untuk menemukan angle of attack yang optimum untuk memiliki gaya angkat yang tinggi dan hambatan yang rendah. untuk kapal *hydrofoil*. Analisis ini

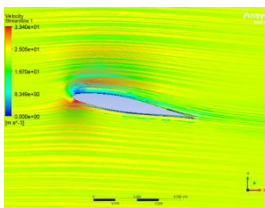
dilakukan dengan menggunakan software berbasis CFD. Dari hasil analisis dengan software Ansys didapatkan lah nilai gaya angkat dan gaya hambat dari tiap *angle of attack*.



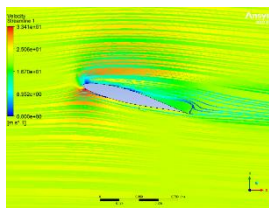
Gambar 9. Pressure and streamline foil 0°



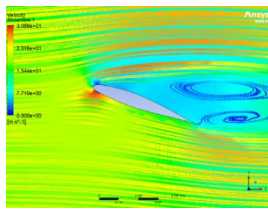
Gambar 10. Pressure and streamline foil 5°



Gambar 11. Pressure and streamline foil 10°



Gambar 12. Pressure and streamline foil 15°



Gambar 13. Pressure and streamline foil 20°

Tabel 8. Hasil analisis foil 0°, 5°, 10°, 15°, dan 20°

Angle of attack	Drag [N]	Lift force [N]	Lift / Drag
0°	13.38	117.06	8.75
5°	29.05	484.12	16.66
10°	77.44	726.68	9.38
15°	165.58	735.92	4.44
20°	251.49	695.61	2.76

Hasil analisis yang didapatkan dari 5 angle of attack melalui perhitungan lift/drag dapat disimpulkan angle of attack yang optimum berada pada 5°.

Untuk mencari koefisien lift pada sudut 5° menggunakan rumus sebagai berikut :

$$CL = \frac{L}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot AP} \quad (1)$$

$$CL = \frac{873096}{\frac{1}{2} \cdot 1025 \cdot (23,15)^2 \cdot 5,7} = 0,557688 \quad (1)$$

dimana L adalah gaya lift dalam N, ρ adalah massa jenis fluida sebesar 1,025 kg/m, dan v adalah

kecepatan sebuah kapal sebesar 23,15 m/s, AP adalah Area Plan, CL adalah Coefficient Lift yang didapatkan sebesar 0,557688 .

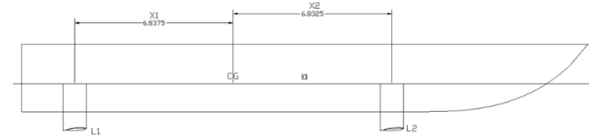
3.7 Penempatan Hydrofoil

Pada perancangan kapal hydrfoil ini longitudinal Center Gravity (LCG) menjadi acuan untuk menempatkan foil. Rumus yang digunakan untuk menentukan tempat peletakan hydrofoil sebagai berikut :

$$L1 + L2 = W \quad (1)$$

$$L1 \cdot X1 = L2 \cdot X2 \quad (2)$$

Dimana L1 adalah lift force foil depan, L2 adalah lift force foil belakang, X1 adalah Jarak foil belakang ke titik berat kapal, dan X2 adalah Jarak foil depan ke titik berat kapal.



Gambar 14. Peletakan foil

3.8 Perhitungan Ukuran Hydrofoil

Dari hasil analisis yang dilakukan pada software berbasis CAD didapatkan displacement kapal sebesar 73,42 ton. Pada perancangan hydrofoil membutuhkan hydrofoil yang dapat mengangkat kapal sebesar 73,42 ton. Pengkonversian 1 ton = 9,81 Kilonewton sehingga didapatkan 73,42 ton = 720 Kilonewton = 720004.24 Newton. Pada pemasangan pada foil menggunakan susunan tandem yang membuat foil depan dan belakang mengangkat dengan jumlah beban yang sama. Sehingga 720004.24 N / 2 = 360002.12 N untuk foil depan dan belakang. Pada perancangan foil ini pun dibuat lebar foil sebesar lebar kapal. Pada analisis yang dilakukan dengan Metode CFD pada software Ansys didapatkan angle of attack optimum pada 5°. Maka AP atau panjang foil yang dibutuhkan didapatkan dengan rumus.

$$AP = \frac{L}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot CL} \quad (2)$$

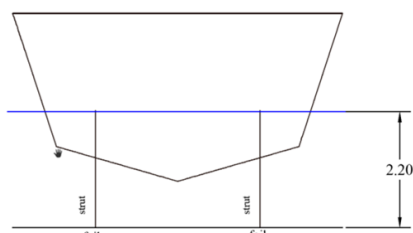
$$5,7 \cdot S = \frac{873096}{\frac{1}{2} \cdot 1025 \cdot (23,15)^2 \cdot 0,557688} \quad (2)$$

$$S = 1 \text{ m}$$

dimana L adalah gaya *lift* dalam N , ρ adalah massa jenis fluida sebesar $1,025 \text{ kg/m}^3$, dan v adalah kecepatan sebuah kapal sebesar $23,15 \text{ m/s}$, AP adalah *Area Plan* yang bisa dijabarkan dengan lebar foil dikali dengan panjang *cord*, CL adalah *Coefficient Lift* yang didapatkan sebesar $0,557688$.

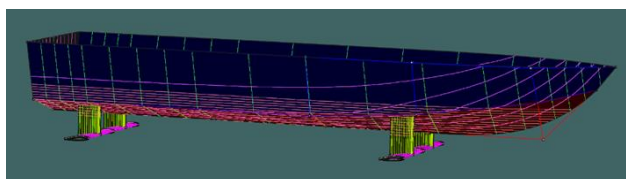
3.9 Strut

Desain tinggi strut dan draft kapal dibuat lebih tinggi daripada gelombang. Dari data yang ada, gelombang memiliki ketinggian sebesar $1,5 \text{ m}$ dan draft kapal memiliki ukuran $1,2 \text{ meter}$. Maka didesain strut dibuat setinggi 1 meter . Pemilihan strut menggunakan NACA simetris 0018.



Gambar 15. Tinggi strut

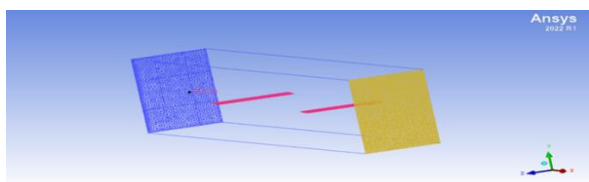
Dilakukan pemasangan *strut* sebagai penghubung antara lambung dan foil menggunakan *software* berbasis *CAD*.



Gambar 16. desain lambung *hydrofoil*

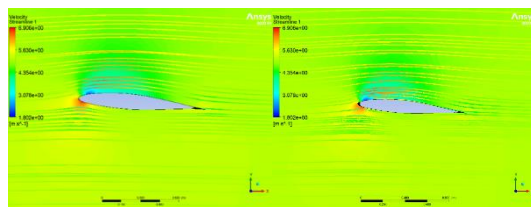
3.10 Analisis Foil Depan dan Belakang

Hasil analisis foil yang dilakukan dengan menggunakan *software* Ansys dengan Foil Naca 64(1)-212 dengan dimensi balok $30 \text{ m} \times 5,7 \text{ m} \times 8 \text{ m}$.

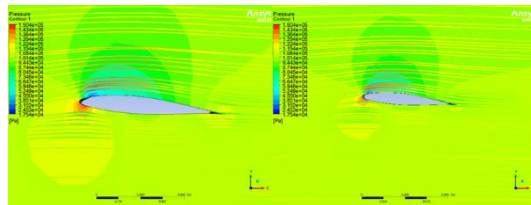


Gambar 17. Geometri Naca 64(1)-212

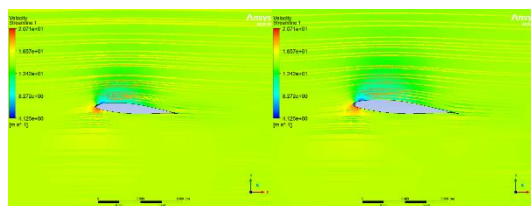
Analisa 2 foil depan dan belakang dengan tipe Naca 64(1)-212 dengan kecepatan penuh sebesar 45 Knot menghasilkan gaya angkat sebesar 858660 N . Berikut hasil analisis foil Naca 64(1)-212 dengan *angle of attack* 5° dengan menggunakan kecepatan 10 Knot , 20 Knot , 30 Knot , dan 45 Knot .



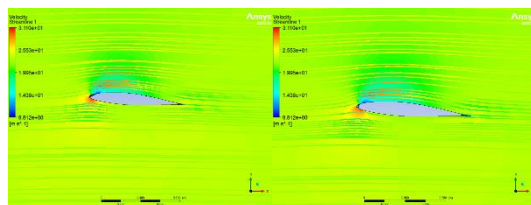
Gambar 18. Pressure and streamline foil 10 knot



Gambar 19. Pressure and streamline foil 20 knot



Gambar 20. Pressure and streamline foil 30 knot



Gambar 21. Pressure and streamline foil 45 knot

Dari hasil analisis foil depan dan belakang menggunakan *software* Ansys didapatkan nilai dari gaya angkat dan gaya hambat dari tiap – tiap kecepatan.

Tabel 9. Lift and drag force di kecepatan 10 Knot, 20 Knot, 30 Knot, dan 45 Knot

Knot	Lift (N)	Drag (N)
10	42259.31	3131.78
20	167531.91	12265
30	377404.02	27293.75
45	858660	60789.5

3.11 Draft Kapal Hydrofoil

Draft kapal *hydrofoil* akan berubah setelah terpasang foil karena *lift force* yang didapatkan dari foil tersebut. Selain itu, kapal menjadi memiliki displacement $78,20 \text{ ton}$. Berikut hasil analisis *draft* dengan tiap – tiap kecepatannya dari 10 Knot , 20 Knot , 30 Knot , dan 45 Knot .

Tabel 10. Draft tiap kecepatan

Knot	Lift Foil (Ton)	Displacement – Lift Foil	Draft
10	4.30925	73.89075	1.149

20	17.0835	61.1165	0.994
30	38.4845	39.7155	0.72
45	87.56	Kapal terangkat	Kapal terangkat

3.12 Gaya Hambatan Kapal Hydrofoil

Perhitungan analisa hambatan pada hydrfoil menggunakan software berbasis *CFD* dan berbasis *CAD*. Berikut merupakan hasil analisis gaya hambat yang terjadi pada foil.

Tabel 11. Gaya hambatan *hydrofoil*

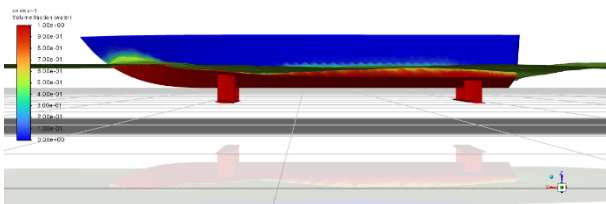
Knot	Gaya Hambatan (kN)
10	3.1318
20	12.265
30	27.2937
45	60.7895

Perhitungan analisis hambatan menggunakan software berbasis *CAD* yang dianalisis dari tiap sarat kapal akibat pengaruh dari gaya angkat.

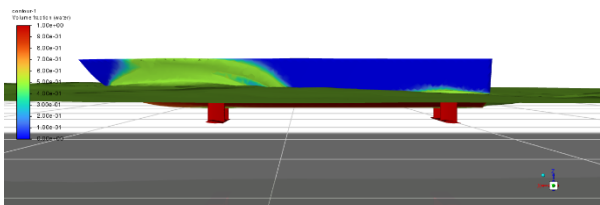
Tabel 12. Hambatan pada lambung kapal pada tiap draft hasil gaya angkat foil tanpa foil

Knot	Draft Hull	Gaya Hambatan (kN)
0	1.2	0
10	1.149	13.6
20	0.994	60.1
30	0.72	42.2
45	0	0

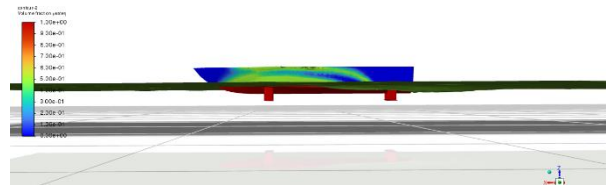
Selanjutnya, dilakukan analisis perhitungan gaya hambatan setelah ditambahkan dengan strut dan foil pada tiap draft menggunakan *software* berbasis *CFD*.



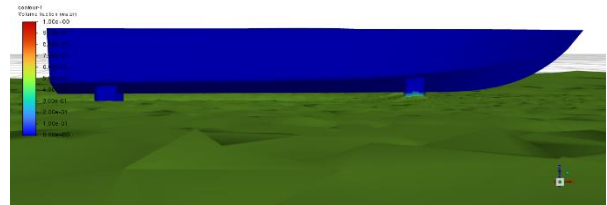
Gambar 22. Kapal hydrofoil pada kecepatan 10 Knot



Gambar 23. Kapal hydrofoil pada kecepatan 20 Knot



Gambar 24. Kapal hydrofoil pada kecepatan 30 Knot



Gambar 25. Kapal hydrofoil pada kecepatan 45 Knot

Pada hasil analisis yang dilakukan dengan kecepatan 10 Knot, 20 Knot, 30 knot, 45 Knot pada kapal hydrofoil menghasilkan nilai hambatan dan aliran air yang dihasilkan berbeda. Pada gambar gambar 22, gambar 23, gambar 24, dan gambar 25 memperlihatkan aliran air yang dihasilkan berbeda pada tiap kecepatan. Pada gambar 4.28 efek aliran air yang lebih luas karna pada kecepatan tinggi sebesar 30 Knot lambung kapal belum terangkat sepenuhnya yang menghasilkan pada kecepatan 30 Knot hambatan terbesar pada kapal hydrofoil ini. Pada Gambar 4.29 dilakukan analisis kapal hydrofoil pada kecepatan 45 Knot yang menghasilkan hambatan pada kapal menjadi berkurang karna lambung kapal sudah terangkat sepenuhnya.

Tabel 13. Total hambatan kapal hydrofoil

Knot	Gaya Hambatan (kN)
0	0
10	15.376
20	33.778
30	54.8798
45	30.1713

Pada tabel 13 memperlihatkan nilai dari gaya hambat yang terjadi pada kapal hydrofoil. Pada kecepatan 45 Knot, kapal hydrofoil memiliki nilai hambatan yang lebih kecil dari kecepatan 20 Knot dan 30 Knot karena lambung kapal yang sudah terangkat sepenuhnya. Hambatan mengecil ini disebabkan gaya angkat yang membuat lambung kapal hydrofoil menjadi terangkat sehingga *area plan hull* tidak mengenai air.

3.13 Stabilitas Kapal Hydrofoil Saat di Atas Air

Perhitungan stabilitas pada saat lambung terangkat dengan menggunakan criteria yang ditetapkan oleh Internasional Organisation

Maritime (IMO). standar IMO yang digunakan pada analisis stabilitas ini A.749(18) Chapter 3.1.2.

Tabel 14. Hasil analisa stabilitas kapal *hydrofoil*

<i>Criteria</i> A.749(18) Ch3	Nilai	Status
3.1.2.1: <i>Area 0 to 30</i>	20,6	<i>Pass</i>
3.1.2.1: <i>Area 0 to 40</i>	34,2	<i>Pass</i>
3.1.2.1: <i>Area 30 to 40</i>	13,6	<i>Pass</i>
3.1.2.2: <i>Max GZ at 30 or greater</i>	1,9	<i>Pass</i>
3.1.2.3: <i>Angle of maximum GZ</i>	72,7	<i>Pass</i>
3.1.2.4: <i>Initial GMt</i>	1,8	<i>Pass</i>

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian mengenai perancangan kapal hydrofoil yang dirancang untuk kapal penumpang untuk rute pelayaran Sanur – Nusa Penida, maka dapat disimpulkan :

1. Perhitungan ukuran utama menggunakan metode regresi dengan 6 kapal hydrofoil pembanding, didapatkan LOA = 24,4 m, B = 5,7 m, H = 2,9 m, T = 1,2 m.
2. Perhitungan *hydrostatic* pada rancangan kapal hydrofoil, pada lambung memiliki *displacement* = 69,83 ton, LCB = 9,14, Cb = 0,547, Cm = 0,708, Cp = 0,773 dan dengan berat DWT = 10,54 ton. Dalam analisis stabilitas menghasilkan nilai GZ terbesar pada kondisi 1 sebesar 2,115 m dan nilai GM terbesar pada kondisi 1 sebesar 2,686 m.
3. Hasil perbandingan antara Angle of attack 0°, 5°, 10°, 15°, dan 20° menghasilkan angle of attack yang optimum adalah 5°.
4. Hasil perhitungan pada kapal yang dirancang ini mendapatkan ukuran foil memiliki panjang cord sebesar 1 m dan lebar 5,7 m. Pada peletakkannya hydrofoil dipasang secara tandem dengan tipe T terbalik.
5. Jarak antara foil dan sarat lambung harus lebih tinggi dari tinggi gelombang, maka kapal hydrofoil ini memiliki strut yang terpasang pada lambung dengan ukuran 2,2 m dari foil sampai sarat lambung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS Provinsi Bali, “Berita Resmi Statistik Perkembangan Pariwisata Provinsi Bali Desember 2023,” *Badan Pus. Stat.*, no. 11, pp. 2–7, 2024, [Online]. Available: <https://bali.bps.go.id/pressrelease/2024/02/01/717890/perkembangan-pariwisata-provinsi-bali-desember-2023.html>
- [2] A. Gerungan and K. W. Chia, “Scuba diving operators’ perspective of scuba diving tourism business in Nusa Penida, Indonesia,” *J. Outdoor Recreat. Tour.*, vol. 31, no. September, p. 100328, 2020, doi: 10.1016/j.jort.2020.100328.
- [3] I. A. K. W. Damayanti, I. N. Wijaya, and I. N. Kanca, “Strategi pengembangan Pulau Nusa Penida sebagai kawasan pariwisata yang berkelanjutan,” *J. Sos. dan Hum.*, vol. 5, no. 2, pp. 136–145, 2015, [Online]. Available: <https://ojs.pnb.ac.id/index.php/SOSHUM/article/view/312>
- [4] B. A. Adietya and E. D. Gustiarini, “Studi Perbandingan Performa Kapal Trimaran, Katamaran, dan Monohull Sebagai Kapal Penyeberangan di Kepulauan Karimunjawa,” *Kapal J. Ilmu Pengetah. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 15, no. 1, pp. 18–23, 2018, doi: 10.14710/kpl.v15i1.18487.
- [5] A. S. Slamet and K. Suastika, “Kajian Eksperimental Pengaruh Posisi Perletakan Hydrofoil Pendukung Terhadap Hambatan Kapal,” *J. Tek. ITS*, vol. 1, no. 1, pp. 1–4, 2012.
- [6] A. Suryadi and I. S. Arief, “Analisa Sudut Serang Hydrofoil Terhadap Gaya Angkat Kapal Trimaran Hydrofoil Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (Cfd),” *Jur. Tek. Sist. Perkapalan*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [7] K. I. Matveev and I. I. Matveev, “Tandem hydrofoil system,” *Ocean Eng.*, vol. 28, no. 2, pp. 253–261, 2001, doi: 10.1016/S0029-8018(99)00059-1.
- [8] J. L. Angkasa, I. N. O. Kemayoran, J. Pusat, and M. D. A. N. Geofisika, “Badan meteorologi klimatologi dan geofisika,” vol. 12, pp. 2010–2011, 2011.
- [9] K. Wang *et al.*, “A novel method for joint optimization of the sailing route and speed considering multiple environmental factors for more energy efficient shipping,” *Ocean Eng.*, vol. 216, no. May, p. 107591, 2020, doi: 10.1016/j.oceaneng.2020.107591.
- [10] C. P. F. Shields, M. J. Sypniewski, and D. J. Singer, “Characterizing general arrangements and distributed system configurations in early-stage ship design,” *Ocean Eng.*, vol. 163, no. April, pp. 107–114, 2018, doi:

