

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

4.1.1 Kapal Patroli Bakamla RI

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 Pasal 1 ayat (37) dan (38) disebutkan:

- a. Kapal Patroli dapat berupa Kapal Perang, yaitu kapal Tentara Nasional Indonesia yang ditetapkan sesuai dengan ketentuan peraturan perundangundangan.
- b. Kapal Negara, yang merupakan kapal milik negara digunakan oleh instansi Pemerintah tertentu yang diberi fungsi dan kewenangan sesuai dengan ketentuan peraturan perundangundangan untuk menegakkan hukum serta tugas-tugas Pemerintah lainnya.

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2014 Pasal 59 ayat (3), Pasal 60, Pasal 61, dan Pasal 63 disebutkan:

- a. Kewenangan untuk melaksanakan penegakan hukum di wilayah perairan dan wilayah yurisdiksi, khususnya dalam melaksanakan patroli keamanan dan keselamatan di wilayah perairan dan wilayah yurisdiksi Indonesia merupakan milik Badan Keamanan Laut Republik Indonesia.
- b. Bakamla RI merupakan lembaga pemerintah nonkementerian yang berkedudukan di bawah dan bertanggung jawab langsung kepada Presiden melalui menteri yang mengoordinasikannya.
- c. Bakamla RI mempunyai tugas melakukan patroli keamanan dan keselamatan di wilayah perairan Indonesia dan wilayah yurisdiksi Indonesia.

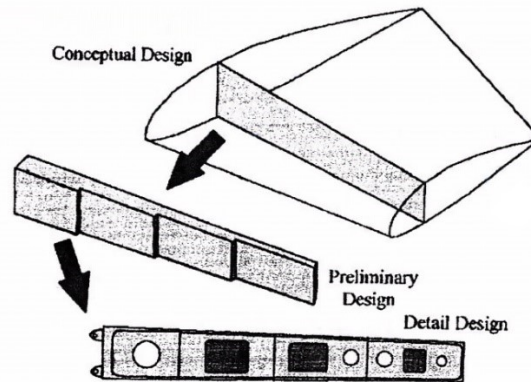
- d. Dalam melaksanakan tugasnya, Badan Keamanan Laut berwenang:
- 1) melakukan pengejaran seketika;
 - 2) memberhentikan, memeriksa, menangkap, membawa, dan menyerahkan kapal ke instansi terkait yang berwenang untuk pelaksanaan proses hukum lebih lanjut, dan;
 - 3) mengintegrasikan sistem informasi keamanan dan keselamatan di wilayah perairan Indonesia dan wilayah yurisdiksi Indonesia.

Berdasarkan pasal-pasal di atas, dapat dinyatakan bahwa Bakamla RI merupakan lembaga pemerintah nonkementerian yang memiliki kewenangan dalam melaksanakan penegakan hukum di wilayah perairan dan wilayah yurisdiksi, khususnya dalam melaksanakan patroli keamanan dan keselamatan di wilayah perairan dan wilayah yurisdiksi Indonesia. Dengan kewenangannya tersebut Bakamla RI berhak melakukan pengejaran seketika; memberhentikan, memeriksa, menangkap, membawa, dan menyerahkan kapal ke instansi terkait yang berwenang untuk pelaksanaan proses hukum lebih lanjut; dan mengintegrasikan sistem informasi keamanan dan keselamatan di wilayah perairan Indonesia dan wilayah yurisdiksi Indonesia. Hal ini menyebabkan Bakamla RI memerlukan armada Kapal Patroli. Kapal Patroli yang dioperasikan Bakamla RI disebut sebagai Kapal Negara (KN) yaitu kapal milik negara digunakan oleh instansi Pemerintah tertentu (dalam hal ini Bakamla RI) yang diberi fungsi dan kewenangan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan untuk menegakkan hukum serta tugas-tugas Pemerintah lainnya.

4.1.2 Desain Kapal

Desain Kapal bukanlah ilmu pasti tetapi mencakup campuran analisis teoretis dan data empiris yang dikumpulkan dari desain yang sudah ada sebelumnya (Molland, 2008). Proses Desain yang dilakukan pada

penelitian ini adalah Konsep Desain yaitu pendefinisian sebuah objek untuk memenuhi persyaratan misi dan mematuhi kendala atau permasalahan yang ada (“Teori Desain Kapal”, n.d.).



Gambar 4.1 Ilustrasi Konsep Desain (*Conceptual Design*)

Sumber: Dokumentasi Pribadi pada Kegiatan Perkuliahan Military Platform Design

Selanjutnya persyaratan misi disebut sebagai Karakteristik Lingkungan dan kendala atau permasalahan yang ada disebut sebagai Karakteristik Ancaman. Karakteristik Lingkungan menggambarkan kondisi alam wilayah operasi patroli Bakamla RI, dalam hal ini wilayah Laut Natuna dan Karakteristik Ancaman mendeskripsikan ancaman-ancaman yang mungkin ditemui oleh Kapal Patroli Bakamla RI dalam melaksanakan tugasnya.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Metode Pendekatan *Parent Design (Parent Design Approach)* yaitu metode perancangan dengan perbandingan. Pada metode ini digunakan Data Kapal Pembanding yaitu kapal yang memiliki persamaan karakteristik dengan kapal yang akan dirancang (Adnyani, et al., 2018) atau kapal yang memiliki karakteristik yang diinginkan pada kapal yang akan dirancang. Keuntungan penggunaan Metode Pendekatan *Parent Design* adalah waktu yang lebih singkat dan risiko teknis yang lebih sedikit (Keane, et al., 2015). Dua di antara Data Kapal Pembanding yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Kapal Patroli Bakamla RI di Laut Natuna
Merupakan Kapal Patroli Bakamla RI yang secara rutin beroperasi di wilayah Laut Natuna. Kapal ini memiliki dimensi yang disesuaikan dengan karakteristik lingkungan di Laut Natuna.
2. Kapal Ancaman
Merupakan kapal yang memiliki kemungkinan melakukan kontak fisik dengan Kapal Patroli Bakamla RI di wilayah Laut Natuna sehingga kapal patroli yang akan didesain perlu dilengkapi kemampuan dalam meredam benturan dengan kapal tersebut.

4.1.3 Lambung Kapal

Lambung Kapal adalah bagian kapal yang berguna untuk memberikan daya apung (Schneekluth, et al., 1998 sebagaimana dikutip dalam Satoto, 2019). Bentuk Lambung Kapal memberikan pengaruh terhadap kecepatan dan stabilitas kapal. Bentuk-V mampu memberikan kecepatan tinggi namun kurang mampu memberikan kestabilan, sementara itu Bentuk-U mampu memberikan kestabilan tinggi namun kurang mampu memberikan kecepatan. Pada konstruksi lambung kapal saat ini Bentuk-V dan Bentuk-U umumnya dikombinasikan, yaitu Bentuk-V di bagian Haluan untuk memberikan kecepatan dan Bentuk-U di bagian tengah hingga buritan untuk memberikan kestabilan. Dalam menahan kontak fisik atau benturan dengan kapal lain kestabilan memiliki peranan penting untuk menjaga agar kapal tidak oleng (*capsize*).

Kapal yang dioperasikan pada wilayah dengan kondisi ekstrim umumnya dilengkapi dengan *Bulbous Bow*. *Bulbous Bow* adalah suatu bentuk konstruksi haluan yang berbentuk bulat telur yang ditempatkan pada linggi haluan bagian depan (Romadhoni, 2017). Tujuan dari pemasangan *Bulbous Bow* adalah mengurangi trim kapal (kemiringan kapal dalam posisi membujur) akibat aliran fluida yang menekan *Bulb* di bagian haluan kapal (Harvard, 1992 sebagaimana dikutip dalam Romadhoni, 2017).

Keberadaan *Bulbous Bow* akan mengurangi panjang gelombang yang dihasilkan sehingga mengurangi trim pada Lambung Kapal.

4.1.4 Ferrocement

Ferrocement adalah material komposit yang terdiri dari mortar semen diperkuat oleh sejumlah lapisan kawat logam berjarak dekat (American Concrete Institute, n.d.). Logam yang umum digunakan adalah besi atau beberapa jenis baja dan jaringnya dibuat dengan kawat berdiameter antara 0,5 mm sampai dengan 1 mm. Mortar tersusun atas campuran pasir dan semen dengan perbandingan 3:1 tanpa kerikil ("Ferrocement", n.d.).

Ferrocement sudah diaplikasikan sebagai material pembangunan kapal sejak masa-masa awal penemuannya, tepatnya pada 1849. Pengaplikasiannya terus berkembang hingga mencapai puncaknya pada dua perang besar, yakni Perang Dunia I dan Perang Dunia II. Ketika Baja yang semula merupakan material utama pembangunan kapal-kapal besar dialihkan pada produksi alutsista pertahanan, Ferrocement menjadi pilihan utama pada pembangunan kapal-kapal nonkombatan. Salah satu dari data mengenai kapal nonkombatan ini, yang sebagian besar dibangun oleh Angkatan Laut Amerika Serikat, menjadi Data Kapal Pembanding ketiga pada penelitian ini, khususnya yang memiliki persamaan karakteristik dengan dua Data Kapal Pembanding lainnya.

Pada akhir tahun 1970-an Ferrocement tidak lagi digunakan sebagai bahan baku pembangunan kapal karena posisinya tergantikan oleh *Glass Reinforced Polymer* ("REBUILD OF THE RESEARCH VESSEL 'HERACLITUS'", 2018). Ferrocement dipandang lebih sesuai untuk bahan bangunan daripada untuk bahan pembangunan kapal. Di samping itu dengan berakhirnya perang dunia Baja dapat digunakan kembali sebagai material pembangunan kapal-kapal besar. Namun kondisi di Indonesia saat ini justru sebaliknya. Direktur Utama Krakatau Steel Tbk, Silmy Karim mengatakan bahwa konsumsi baja per kapita Indonesia merupakan yang terendah di Asia Tenggara disebabkan pembangunan industri yang

cenderung lambat. Hal ini mengakibatkan kebutuhan baja dalam negeri yang tinggi termasuk pada Industri Galangan Kapal masih dipasok dari baja import sehingga memerlukan waktu dan biaya lebih (Yunianto, 2020). Direktur Utama PT Industri Kapal Indonesia (Persero) atau IKI, Diana Rosa juga mengatakan bahwa industri galangan kapal nasional masih kesulitan dalam memproduksi kapal laut dikarenakan mayoritas bahan material industri masih sangat bergantung pada produk impor yang berdampak pada pembengkakan ongkos pengeluaran/biaya produksi (Kencana, 2020). Oleh karena itu Ferrocement dapat menjadi bahan alternatif pembangunan kapal dengan mempertimbangkan beberapa keunggulan yang dimiliki dalam hal biaya konstruksi (biaya material + biaya pekerja), resistansi terhadap api, dan kemudahan dalam reparasi (Whang, 1972).

4.2 Hasil Pengumpulan Data

4.2.1 Karakteristik Lambung Kapal Patroli Bakamla RI

Anggara, et al. (2017) sebagaimana dikutip dalam Purwanto, et al. (2020) memperoleh data hasil penelitian berupa panjang gelombang terbesar yang mungkin terjadi di Laut Natuna, yakni 200,9 m pada bulan Desember. Sementara itu Laut Natuna merupakan Daerah Operasi Maritim (DOM) dengan skala prioritas tinggi (Taufiqoerrochman, 2018). Kapal Ikan Asing (KIA) yang berukuran hingga mencapai 100 GT kerap kali menabrakkan diri terhadap kapal nelayan lokal yang berukuran jauh lebih kecil (Wiranata, 2021). Kapal *Coast Guard* berbendera Republik Rakyat Cina (RRC) yang hadir pun memiliki ukuran seperti Kapal Fregat dengan konstruksi lambung yang kokoh bahkan didesain khusus untuk memiliki kemampuan *ramming* (Axe, 2021). Sementara itu, KN Tanjung Datu memiliki dimensi sebagai berikut (Adjie, 2017 dan Brown, et al., 2018):

Panjang Keseluruhan (LOA)	: 110 m
Lebar (B)	: 15,5 m
Tinggi (H)	: 6,9 m
<i>Draught</i> (T)	: 4 m



Gambar 4.2 Perbandingan antara Lambung Kapal *China Coast Guard* (kiri) dan Lambung KN Tanjung Datu (kanan)

Sumber: chinadaily (2021) dan Adjie (2021)

Apabila dibandingkan dengan kapal *China Coast Guard*, KN Tanjung Datu belum dilengkapi dengan kemampuan *ramming* maupun *Bulbous Bow* untuk mengurangi trim kapal.

Kapten Bakamla Hardiansyah, Kasubbagrenlog Biro Sarpras Bakamla RI menyampaikan bahwa Bakamla RI berencana menambah armada Kapal Patroli Lepas Pantai 110 m sebanyak dua unit sebagaimana tertera pada Renstra Bakamla RI periode 2020-2024. Namun dana untuk keperluan pengadaan kedua unit kapal ini sampai sekarang belum diakomodasi. Berikut ini merupakan tabel kebutuhan biaya pembangunan lambung kapal untuk Kapal Patroli 110 m:

Tabel 4.1 Biaya pembangunan lambung Kapal Patroli 110 m

No	Material	Spesifikasi	Harga Per Kg
1	Steel Plate Keel Bar	Grade A	Rp 49.000
2	Steel Plate Center Girder Keel	Grade A	Rp 49.000
3	Steel Plate Side Girder	Grade A	Rp 49.000
4	Steel Plate Keel Bottom Plate	Grade A	Rp 49.000
5	Steel Plate Bottom Plate	Grade A	Rp 49.000
6	Steel Plate Side Plate	Grade A	Rp 49.000
7	Steel Plate Sheer Strike Plate	Grade A	Rp 49.000

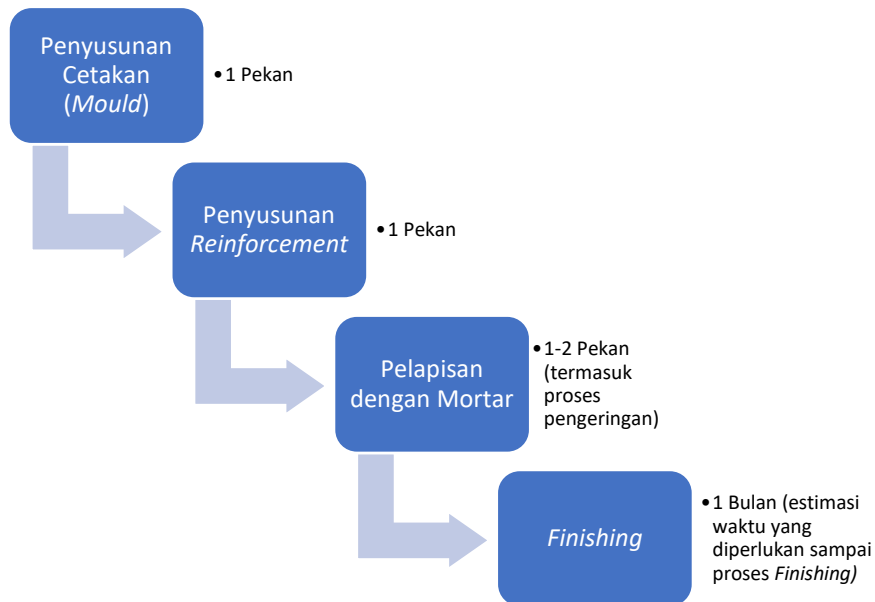
8	Steel Plate Tank Top Deck (A-Deck)	Grade A	Rp 49.000
9	Steel Plate Inner Bottom Deck (B-Deck)	Grade A	Rp 49.000
10	Steel Plate Main Deck (C-Deck)	Grade A	Rp 49.000
11	Steel Plate Hall Deck (D-Deck)	Grade A	Rp 49.000
12	Steel Plate Floor, Web Frame, & Deck Beam	Grade A	Rp 49.000
13	Steel Plate Transom & Transverse Bulkhead	Grade A	Rp 49.000
14	Steel Plate Side Shell SS	Grade A	Rp 49.000
15	Steel Plate Inner Wall SS	Grade A	Rp 49.000
16	Steel Profile Striffener	Grade A	Rp 49.000
Massa Total = 722.500 kg		Harga Total = Rp 35.402.500.000	

Sumber: Diolah Peneliti

Sementara itu Kapal Patroli 110 m yang ada yakni KN Tanjung Datu saat ini sedang menjalani *overhaul*. Hal ini menyebabkan kapal tersebut seringkali beroperasi hingga tujuh bulan lamanya, melebihi batas waktu operasi yakni empat bulan (wawancara, 2021).

Kolonel Bakamla David Hastiadi, Kasubdit Penyelenggaraan Operasi Laut Bakamla RI menyampaikan bahwa Siklus Operasi (*Employment Cycle*) Kapal Patroli 110 m adalah 3 bulan perawatan (harkan), 3 bulan siap di pangkalan, dan 3 bulan operasi. Untuk itu idealnya ada 3 buah Kapal Patroli 110 m yang beroperasi di Laut Natuna sehingga ketika ada sebuah kapal yang harus menjalani perawatan (harkan), ada sebuah kapal yang dapat beroperasi dan masih ada sebuah kapal yang dapat dipersiapkan di pangkalan. Laut Natuna merupakan salah satu

Secara garis besar, proses pembangunan lambung kapal dengan material Ferrocement dikerjakan dalam beberapa tahap yaitu:



Gambar 4.4 Diagram Proses Pembangunan Lambung Kapal Ferrocement

Sumber: Diolah Peneliti

- a. **Penyusunan Cetakan (*Mould*)**
Cetakan (*Mould*) berfungsi untuk mempertahankan bentuk matriks selama proses pengerasan. Untuk kapal ukuran kecil (10 m) dapat digunakan cetakan yang terbuat dari Fiber. Akan tetapi untuk kapal berukuran besar digunakan cetakan berbahan dasar kayu yang disebut dengan *Wooden Plug* (Muharam, 2011).



Gambar 4.5 Ilustrasi Cetakan Fiber (kiri) dan *Wooden Plug* (kanan)

Sumber: Dokumentasi Pribadi dan Muharam (2011)

b. Penyusunan *Reinforcement*

Reinforcement merupakan penguat pada material komposit Ferrocement yang terdiri dari *Wire Mesh* dan *Reinforced Steel*. *Wire Mesh* yang digunakan memiliki diameter kawat 0,5 mm dengan ukuran lubang minimal 0,5 inci. Sementara itu *Reinforced Steel* yang digunakan merupakan batang baja polos dengan diameter 6 mm.



Gambar 4.6 Ilustrasi Proses Pemasangan *Reinforcement*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

c. Pelapisan dengan Mortar

Mortar merupakan matriks pada material komposit Ferrocement. Mortar itu sendiri merupakan material komposit dengan matriks berupa adonan semen dan penguat (*reinforcement*) berupa agregat. *Owner* PT Carita Boat

Indonesia, Budi Suchaeri mengatakan bahwa Pasir Hitam Cor merupakan agregat yang menjadi pilihan utama karena memiliki tingkat kemurnian paling tinggi dibandingkan dengan pasir jenis lainnya. Tingkat kemurnian ini akan mempengaruhi umur Kapal Ferrocement (Komunikasi Pribadi, 2021). Adapun komposisi mortar yang digunakan adalah campuran antara Pasir Hitam, Semen, dan Air dengan komposisi 1,4:1:0,5 (Rismawan, et al., 2014). Proses pelapisan dilakukan pada sisi dalam Lambung Kapal.



Gambar 4.7 Ilustrasi Pascaproses Pelapisan dengan Mortar

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Menjelang akhir proses pengeringan, dapat dilakukan penggenangan air pada bagian dalam kapal. Penggenangan ini berfungsi untuk mengetahui apakah terdapat keretakan atau kebocoran pada lapisan mortar atau tidak.



Gambar 4.8 Ilustrasi Penggenangan Air pada Bagian Dalam Kapal

Sumber: Dokumentasi Pribadi

d. *Finishing*

Setelah mortar mengering sempurna, dapat dilakukan pembukaan atau pembongkaran cetakan. *Finishing* dilakukan dengan memperhalus sisi luar Lambung Kapal dengan mortar dan melapisi permukaannya dengan cat untuk mencegah korosi saat terjadi kontak dengan air dan mencegah hinggapnya Teritip.



Gambar 4.9 Ilustrasi Pascaproses *Finishing*

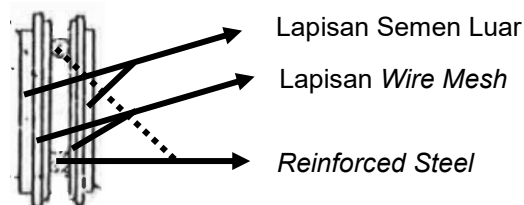
Sumber: Dokumentasi Pribadi

4.2.3 Pemenuhan Karakteristik (*Opsreq* dan *Techreq*) Lambung Kapal Patroli Bakamla RI

Terdapat Kapal Ferrocement yang dibangun oleh Angkatan Laut Amerika Serikat pada masa Perang Dunia II dengan spesifikasi sebagai berikut (Ship Structure Committee, 1984):

Tipe	: B7A1
Panjang Keseluruhan (LOA)	: 111,6 m
Lebar (B)	: 16,5 m
Tinggi (H)	: 10,7 m
<i>Draught</i>	: 8 m
Ketebalan	: 0,108 m (10,8 cm)
<i>Displacement</i>	: 10.940 Ton
Rasio Berat Mati dan <i>Displacement</i>	: 0,53
Volume Mortar	: 2.247,8 m ³
Massa <i>Reinforced Steel (Steel Bar)</i>	: 1.381.824 kg

Gambar di bawah ini memperlihatkan komposisi struktur dari lapisan Ferrocement pada Lambung Kapal B7A1:



Gambar 4.10 Struktur Lapisan Ferrocement pada Lambung Kapal B7A1

Sumber: Ship Structure Committee (1984)

Salah satu Kapal Ferrocement Jerman yang cukup terkenal adalah M/V Capella yang dibuat di Swinemünde (sekarang bernama Świnoujście dan menjadi bagian dari wilayah Polandia) tahun 1943. Kapal Barang sepanjang 40,5 m dengan bobot 337 Ton ini sama sekali tidak dibuat oleh Perusahaan Galangan Kapal melainkan oleh Perusahaan Kontraktor yang berpengalaman dalam bidang bangunan bernama Dykerhoff & Widmann

(“Denkmale der Hansestadt Rostock”, 2007). Kapal yang telah beroperasi selama 45 tahun ini telah dilengkapi dengan kemampuan *ramming*. Hal itu tampak dari konstruksi lambungnya. Tujuannya adalah agar kapal ini dapat tetap stabil saat berbenturan dengan balok-balok es pada musim dingin di wilayah operasinya, Laut Baltik. Struktur lambung serupa juga dimiliki oleh kapal-kapal pemecah es (Dolny, 2018).



Gambar 4.11 Perbandingan antara Lambung Kapal M/V Capella (atas) dan Lambung Kapal *China Coast Guard* (bawah)

Sumber: (“Denkmale der Hansestadt Rostock”, 2007) dan Chandra (2021)

Rismawan, et al. (2014) melakukan Uji Kekuatan terhadap sampel Ferrocement berukuran 50 cm x 15 cm x 2 cm. Sampel Ferrocement yang digunakan memiliki komposisi yang sama dengan komposisi struktur Lambung Kapal B7A1. Adapun komposisi mortar yang digunakan adalah

campuran antara Pasir Hitam Cor, Semen, dan Air dengan komposisi 1,4:1:0,5. Hasil dari Uji Kekuatan yang diperoleh adalah sampel tersebut mampu menahan gaya sebesar 2.532 N. Berdasarkan Uji Kekuatan tersebut, Harga Satuan dari material yang digunakan pada sampel uji disajikan pada tabel berikut ini:

Tabel 4.2 Daftar Harga Satuan Material yang Digunakan

Material	Satuan	Harga Satuan	Sumber
Pasir Hitam Cor	m ³	Rp 220.000	("Harga Pasir Bangunan 1 Colt / 1 Truk", 2021)
Semen	Sak (50 kg) Setara dengan 0,024 m ³ ("Konversi 1 Sak Semen Berapa M3 (Kubik): Cara Menghitung Kebutuhan Semen", 2020)	Rp 64.500	("Daftar Harga Semen Tiga Roda Per Sak Terbaru", 2021)
<i>Wire Mesh</i>	m ² (Tipe <i>Galvanic</i>)	Rp 33.000	("Daftar Harga Kawat Ram", 2021)
<i>Reinforced Steel</i>	kg (ø 6 mm)	Rp 12.218	("Harga Besi Beton Polos Tarik", 2021)

Sumber: Diolah Peneliti

4.3 Pengolahan Data

4.3.1 Karakteristik Lambung Kapal Patroli Bakamla RI

Tredup (2011) merumuskan tinggi dan panjang gelombang berbahaya dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Tinggi Gelombang} \geq LOA \times 30\%$$

$$\text{Panjang Gelombang} \geq \text{Tinggi Gelombang} \times 7$$

Anggara, et al. (2017) sebagaimana dikutip dalam Purwanto, et al. (2020) memperoleh data hasil penelitian berupa panjang gelombang terbesar yang mungkin terjadi di Laut Natuna, yakni 200,9 m. Apabila nilai ini dimasukkan ke dalam persamaan di atas, hasilnya adalah sebagai berikut:

$$\text{Panjang Gelombang} \geq \text{Tinggi Gelombang} \times 7$$

$$200,9 \text{ m} \geq \text{Tinggi Gelombang} \times 7$$

$$\text{Tinggi Gelombang} \geq \frac{200,9 \text{ m}}{7}$$

$$\geq 28,7 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Gelombang} \geq LOA \times 30\%$$

$$28,7 \text{ m} \geq LOA \times 30\%$$

$$LOA \geq \frac{28,7 \text{ m}}{30\%}$$

$$\geq 95,67 \text{ m}$$

95,67 m merupakan nilai batas LOA (Panjang Kapal Keseluruhan) minimum yang dapat memberikan keamanan pada pengoperasian kapal di wilayah Laut Natuna. Nilai ini dipenuhi baik oleh KN Tanjung Datu (110 m) maupun Tipe B7A1 (111,6 m).

4.3.2 Kemampuan Industri Galangan Kapal

Owner PT Carita Boat Indonesia, Budi Suchaeri menyatakan bahwa PT Carita Boat Indonesia siap dalam memproduksi Lambung Kapal Ferrocement. Kesiapan tersebut tidak hanya dilihat dari kemampuan dan pengalaman PT Carita Boat dalam memproduksi Lambung Kapal Ferrocement, tetapi juga berkaitan dengan tujuan PT Carita Boat Indonesia

yaitu agar Ferrocement dapat dipergunakan secara luas sebagai material Lambung Kapal (Komunikasi Pribadi, 2020).

Komandan Kodim 06/01 Pandeglang, Letnan Kolonel Kav Dedi Setiyadi menyatakan bahwa sampai dengan saat ini (5 bulan masa operasi), belum ditemukan kendala berarti dalam pengoperasian Kapal Ferrocement, dalam hal ini Kapal Merah Putih II. Inisiatif pembangunan Kapal Ferrocement tersebut muncul akibat banyaknya kapal milik nelayan setempat yang rusak atau hilang pasca-Tsunami 2018. Pemilihan Ferrocement sebagai material dilakukan atas rekomendasi Hery Faizal selaku Manajer Lapangan PT Carita Boat Indonesia yang memang berdomisili di wilayah Kodim 06/01 Pandeglang. Hasil pengujian ditambah masa operasi selama 5 bulan menunjukkan bahwa material Ferrocement lebih kuat daripada material yang selama ini digunakan pada kapal milik nelayan setempat yakni Kayu dan Fiber. Namun kendala justru datang dari para nelayan setempat yang belum memiliki kepercayaan pada penggunaan Ferrocement sebagai material lambung kapal sehingga mereka masih enggan menggunakan Kapal Ferrocement yang tersedia (Wawancara, 2021). Hal ini serupa dengan pernyataan Ditjen EBTKE Kementrian ESDM, Chrisnawan Anditya, S.T., M.T. perihal Kultur Konservatif di Industri Perkapalan (Webinar Marinesia UNHAS, 2021).

Hery Faizal selaku Manajer Lapangan PT Carita Boat Indonesia menyatakan bahwa Ferrocement merupakan Konstruksi Multikarya, artinya orang yang sama dapat terlibat di seluruh proses pembangunan Lambung Kapal. Hal ini dikarenakan proses pembangunan Lambung Kapal Ferrocement tidak memerlukan keahlian khusus sehingga dapat dikerjakan oleh pekerja galangan kapal pada umumnya. Keuntungannya adalah galangan kapal tidak memerlukan tambahan pekerja atau pekerja dengan keahlian khusus dalam membangun Lambung Kapal Ferrocement (Wawancara, 2021). Namun hal ini memberikan implikasi yakni apabila pada saat yang bersamaan sedang ada pesanan kapal dengan material

lain, pembangunan Lambung Kapal Ferrocement akan tertunda akibat ketidakterediaan tenaga kerja.

4.3.3 Pemenuhan Karakteristik (*Opsreq* dan *Techreq*) Lambung Kapal Patroli Bakamla RI

Owner PT Carita Boat Indonesia, Budi Suchaeri menyampaikan bahwa nilai Volume Mortar dapat diperoleh dengan perhitungan berikut (Komunikasi Pribadi, 2020):

$$\text{Volume Mortar} = \text{Area Lambung} \times \text{Ketebalan}$$

Dengan memasukkan nilai-nilai yang terdapat pada dimensi B7A1 (Ship Structure Committee, 1984), dapat diperoleh nilai Area Lambung:

$$\begin{aligned} \text{Area Lambung} &= \frac{\text{Volume Mortar}}{\text{Ketebalan}} \\ \text{Area Lambung} &= \frac{2.247,8 \text{ m}^3}{0,108 \text{ m}} \\ &= 20.812,96 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Nilai ini didasari atas asumsi bahwa lambung kapal berbentuk balok sempurna. Area Lambung yang sebenarnya akan memiliki nilai yang lebih kecil.

Tabel berikut ini memuat perhitungan biaya pembangunan Lambung Kapal Ferrocement berdasarkan data harga material yang digunakan:

Tabel 4.3 Biaya Pembangunan Lambung Kapal Ferrocement

Material	Komposisi	Jumlah	Biaya
Mortar	Pasir Hitam Cor, Semen, dan Air (1,4:1:0,5)	2.247,8 m ³	<i>rincian di bawah</i>
	Pasir Hitam Cor	775,1 m ³	Rp 170.522.000
	Semen	1.085,14 m ³	Rp 2.916.313.750
Penguat	<i>Wire Mesh</i>	20.812,96 m ²	Rp 686.827.680
	<i>Reinforced Steel</i>	1.381.824 kg	Rp 16.883.125.632
Total			Rp 20.656.789.062

Sumber: Diolah Peneliti

Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh biaya total yang diperlukan dalam pengadaan material untuk pembangunan Lambung Kapal Ferrocement ukuran 111,6 m adalah Rp 20.656.789.062. Nilai ini lebih rendah daripada biaya yang diperlukan dalam pengadaan material untuk pembangunan Lambung KN Tanjung Datu yakni Rp 35.402.500.000.

Berdasarkan data spesifikasi Kapal Ferrocement Tipe B7A1 (Ship Structure Committee, 1984), diperoleh bahwa:

<i>Displacement</i>	: 10.940 Ton
Rasio Berat Mati dan <i>Displacement</i>	: 0,53

Berat Mati (*Dead Weight*) dapat dihitung dengan:

$$\begin{aligned} \text{Berat Mati} &= 0,53 \times \text{Displacement} \\ \text{Berat Mati} &= 0,53 \times 10.940 \text{ Ton} \\ &= 5.798,2 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Berat Mati adalah selisih antara *Displacement* dengan Berat Kosong Kapal (*Light Weight*). Oleh karena itu Berat Kosong Kapal dapat dihitung dengan:

$$\begin{aligned} \text{Berat Mati} &= \text{Displacement} - \text{Berat Kosong} \\ \text{Berat Kosong} &= \text{Displacement} - \text{Berat Mati} \\ \text{Berat Kosong} &= 10.940 \text{ Ton} - 5.798,2 \text{ Ton} \\ &= 5.141,8 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Nilai Berat Kosong Kapal Ferrocement Tipe B7A1 adalah 5.141,8 Ton atau sama dengan 5.141.800 kg. Berdasarkan hasil ini dapat dihitung massa jenis (Densitas) material Ferrocement yang digunakan yakni:

$$\begin{aligned} \text{Densitas Material} &= \frac{\text{Berat Kosong Kapal}}{\text{Volume Mortar}} \\ \text{Densitas Material} &= \frac{5.141.800 \text{ kg}}{2.247,8 \text{ m}^3} \\ &= 2.287,48 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Nilai Densitas Material Ferrocement yang diperoleh, yakni 2.287,48 kg/m³ menunjukkan bahwa material ini memiliki nilai Densitas yang lebih rendah daripada material yang digunakan pada pembangunan Lambung KN Tanjung Datu yakni Plat Baja Grade A (7.800 kg/m³), bahkan juga lebih rendah daripada material Aluminium (2.700 kg/m³).

Dalam perhitungan kekuatan material, terlebih dahulu dilakukan penetapan *Ramming Area*. Penetapan tinggi (dimensi vertikal) dilakukan berdasarkan *Draught* Lambung Kapal, dikarenakan *Draught* Lambung Kapal merupakan tinggi Lambung Kapal yang terendam air sehingga dapat berakibat fatal bila mengalami kerusakan (akibat benturan). Sementara itu penetapan Panjang (dimensi horizontal) dilakukan berdasarkan panjang rata-rata deformasi yang dialami kapal dengan ukuran sebanding yang mengalami tabrakan pada rentang waktu 2003-2021 (KNKT, 2009; KNKT, 2017; dan KNKT, 2018) yang disajikan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.4 Panjang Deformasi Kapal Sebanding pada 2003-2021

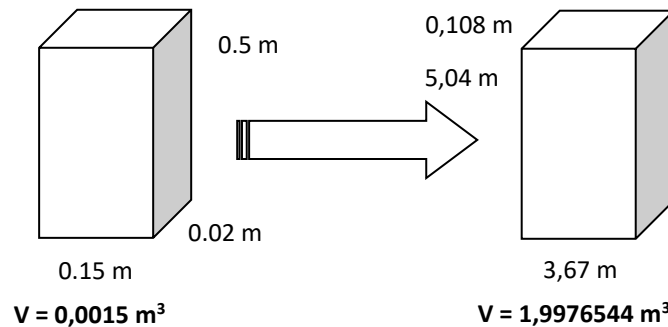
Tahun Kejadian	Nama Kapal	LOA	Panjang Deformasi
2009	KM. Tanto Niaga	116,38 m	3 m
2017	Maestro Diamond	177,85 m	4 m
2018	Golden Way 3310	96,56 m	4 m
Rata-rata			3,67 m

Sumber: KNKT, 2009; KNKT, 2017; dan KNKT 2018

Maka *Ramming Area* pada Konsep Desain yang diperoleh diasumsikan memiliki ukuran 5,04 m x 3,67 m x 0,108 m dengan 0,108 m merupakan Ketebalan Material Lambung Kapal.

Rismawan, et al. (2014) melakukan Uji Kekuatan terhadap sampel Ferrocement yang memiliki komposisi sama dengan struktur Lambung Kapal B7A1, dengan ukuran sampel 50 cm x 15 cm x 2 cm. Hasil dari Uji Hasil yang diperoleh adalah sampel tersebut mampu menahan gaya sebesar 2.532 N. Pada penelitian ini dibuat perbandingan antara sampel yang digunakan pada Uji Kekuatan oleh Rismawan, et al. (2014) dengan

Ramming Area pada kapal yang diasumsikan berukuran 5,04 m x 3,67 m x 0,108 m sebagai berikut:



Gambar 4.12 Ilustrasi Perbandingan Sampel Pada Uji Kekuatan (kiri) dengan Asumsi *Ramming Area* pada Kapal (kanan)

Sumber: Diolah Peneliti

Berdasarkan SNI 4431 (BNSP, 2011) diperoleh rumus yang menunjukkan hubungan antara Gaya Maksimum dengan Volume Bidang yang ditunjukkan dengan rumus di bawah ini:

$$\sigma = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2}$$

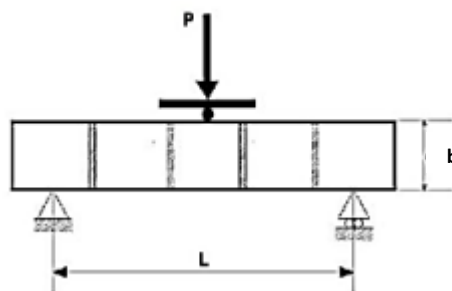
σ , = *Kuat Lentur Benda Uji*

P = *Gaya Maksimum*

L = *Panjang Bentang Benda Uji*

b = *Lebar Penampang Lintang (horizontal)*

h = *Lebar Penampang Lintang (vertikal)*



Gambar 4.13 Ilustrasi Penampang Benda Uji

Sumber: BSNI (2021)

Berdasarkan rumus tersebut dapat diketahui bahwa Gaya Maksimum memiliki hubungan kongruen (sebanding) dengan Volume Bidang. Rasio antara Volume *Ramming Area* dengan Volume Sampel Uji Kekuatan adalah:

$$\begin{aligned} Rasio &= \frac{1,9976544 \text{ m}^3}{0,0015 \text{ m}^3} \\ &\sim 1.331,77 \end{aligned}$$

Gaya Maksimum yang dapat diterima oleh *Ramming Area* adalah:

$$\begin{aligned} \text{Gaya Maksimum} &= 1.331,77 \times 2.532 \text{ N} \\ &= 3.372.041,64 \text{ N} \end{aligned}$$

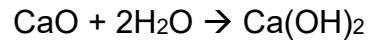
Apabila kapal diasumsikan mengalami benturan dengan kapal lain yang memiliki massa 4.000 Ton (4.000.000 kg) yang bergerak dengan akselerasi 0,5 knot/s (0,257 m/s²), Gaya yang diderita lambung kapal adalah:

$$\begin{aligned} \text{Gaya} &= 4.000.000 \text{ kg} \times 0,257 \text{ m/s}^2 \\ &= 1.028.000 \text{ N} \end{aligned}$$

Nilai Gaya ini lebih rendah daripada Gaya Maksimum yang dapat diterima oleh *Ramming Area* pada lambung kapal. Dengan asumsi ini, lambung kapal diprediksi mampu menahan benturan dengan kapal lain yang bermassa 4.000 Ton.

Ferrocement adalah material komposit yang terdiri dari mortar semen diperkuat oleh sejumlah lapisan kawat logam berjarak dekat (American Concrete Institute, n.d.). Mortar semen sendiri merupakan *large particle composite* yaitu material komposit yang disusun oleh penguat berupa partikel yaitu agregat (pasir) sedangkan campuran antara semen dan air merupakan matriksnya (Dantes & Apriyanto, 2017). Oleh karena itu dapat dinyatakan bahwa Ferrocement merupakan material komposit semen yang diperkuat secara komposit.

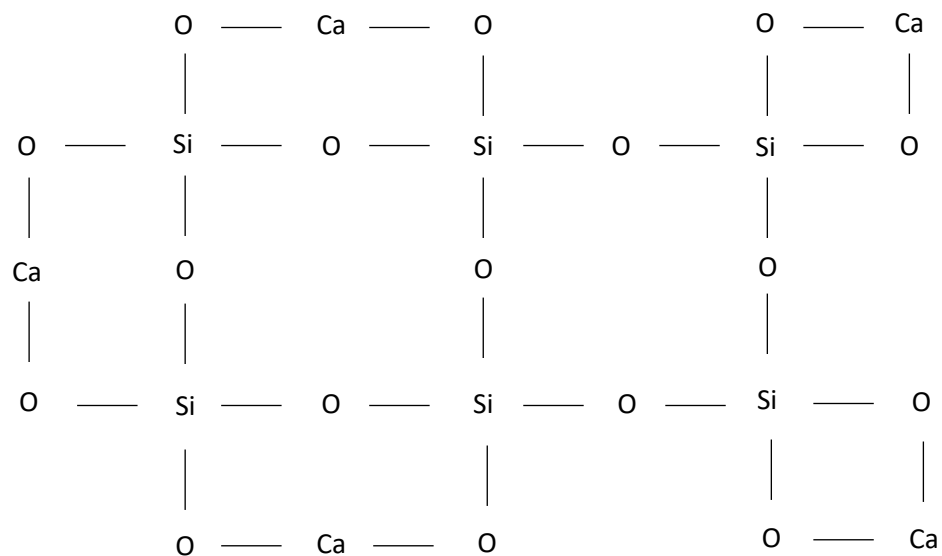
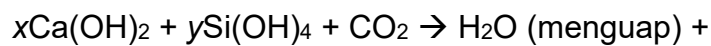
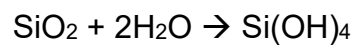
Kandungan utama dari sebuah semen adalah Kalsium Oksida (CaO). Pada Semen Portland, kandungan CaOnya berkisar antara 61-67% ("Portland cement", n.d.). Apabila bubuk semen dicampur dengan sejumlah air, akan terjadi reaksi sebagai berikut:



Ca(OH)_2 yang terkena udara bebas akan bereaksi dehidrasi dengan CO_2 menjadi:

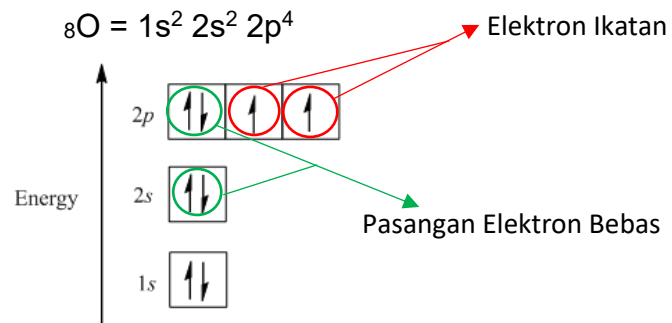


CaCO_3 (s) merupakan Batu Kapur yang bersifat getas (*brittle*). Namun apabila semen terlebih dahulu dicampur dengan agregat (pasir) yang mengandung Silika (SiO_2 (s)), reaksi dehidrasi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Polimer

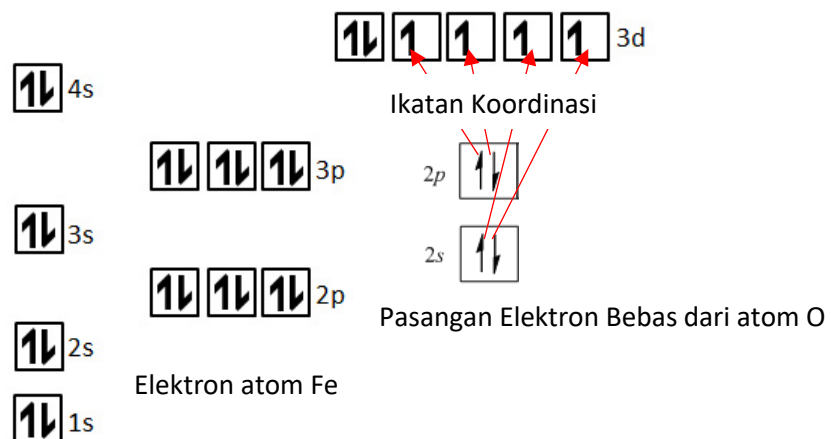
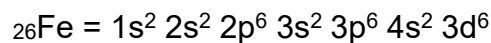
Berdasarkan hasil reaksi di atas, diketahui bahwa keberadaan Silika menyebabkan tidak terbentuknya Batu Kapur (CaCO_3) melainkan polimer yang tersusun dari atom Kalsium (Ca) dan Silikon (Si) sebagai pusatnya serta atom Oksigen (O) sebagai jembatannya, yang melindungi struktur dari deformasi misalnya karena panas (api). Struktur ini merupakan Beton yang memiliki kekuatan lebih besar dari Batu Kapur. Di samping itu, Oksigen memiliki struktur elektron sebagai berikut:



Gambar 4.14 Struktur Elektron Atom Oksigen

Sumber: ("We have solutions for your book!", n.d.)

Elektron Ikatan berfungsi dalam pembentukan ikatan dengan atom lain yaitu Kalsium (Ca) dan Silikon (Si) sementara itu Pasangan Elektron Bebas berfungsi dalam pembentukan ikatan koordinasi dengan atom logam, dalam hal ini Besi (Fe) yang memiliki struktur elektron sebagai berikut:

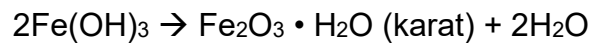
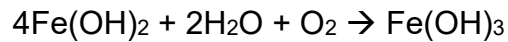
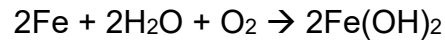


Gambar 4.15 Skema Pembentukan Ikatan Koordinasi antara atom Fe dengan atom O

Sumber: ("How many electrons does an iron atom have in its 3d subshell?", n.d. dan "We have solutions for your book!", n.d.) dengan Pengolahan oleh Peneliti

Apabila ditinjau dari sisi Besi (Fe) diketahui bahwa Besi merupakan salah satu unsur logam yang dapat mengalami reaksi korosi apabila

mengalami kontak dengan Air dan Oksigen. Reaksi korosi yang dialami Besi terjadi dalam beberapa tahap yaitu:



Sebetulnya karat semacam ini juga terbentuk pada logam lain, misalnya Aluminium (membentuk Al_2O_3). Namun karat pada Besi akan mengelupas (Petrucci, 1985) sehingga permukaan Besi akan semakin terkikis dan lambat laun menjadi semakin rapuh. Salah satu cara untuk mencegah korosi pada besi adalah dengan pelapisan menggunakan cat atau logam lain yang lebih sulit mengalami korosi (misalnya Tembaga). Keberadaan mortar pada material Ferrocement dapat berfungsi sebagai pelapis yang mencegah Besi pada penguat mengalami kontak dengan Air dan Oksigen. Meskipun masih ada sejumlah kecil air yang meresap, mortar akan mencegah lapisan karat pada Besi mengalami pengelupasan.

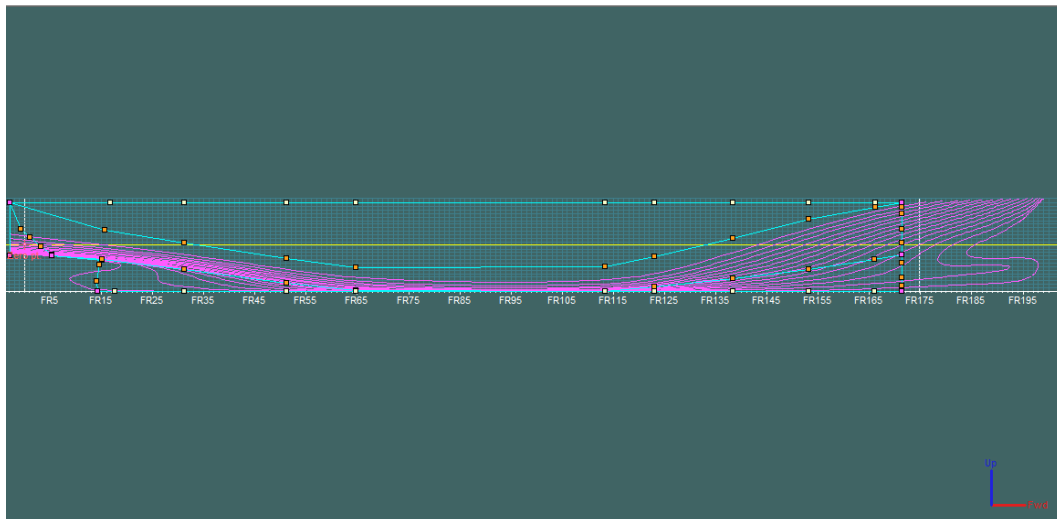


Gambar 4.16 Struktur Lambung Kapal Ferrocement Tampak Atas (kiri) dan Tampak Samping Luar (kanan)

Sumber: Dokumentasi Pribadi

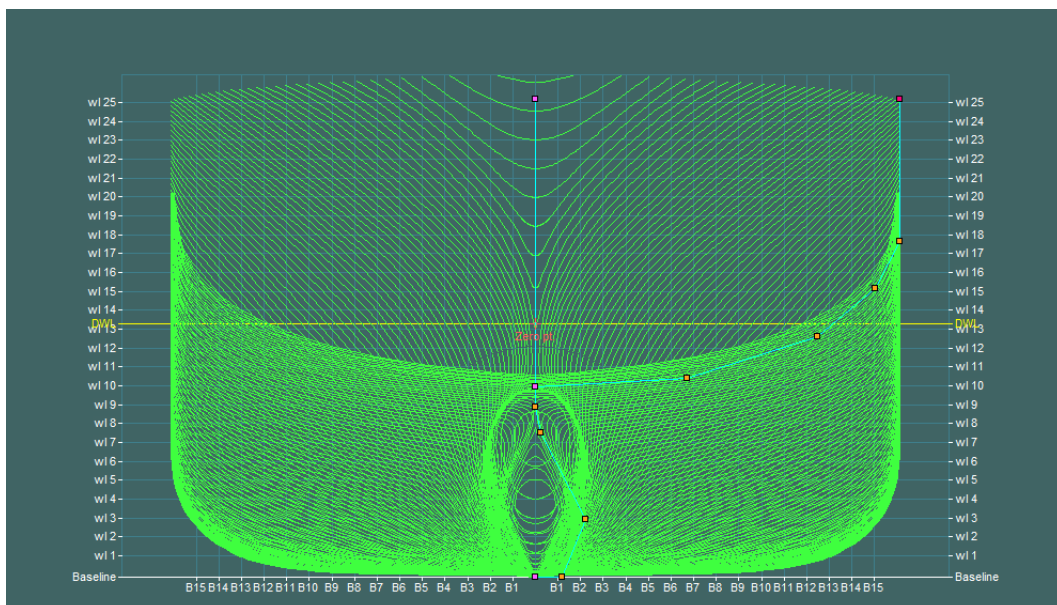
4.4 Interpretasi Data

Dengan optimalisasi menggunakan Program Maxsurf Modeler, dihasilkan Konsep Desain Lambung Kapal Patroli sebagaimana ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



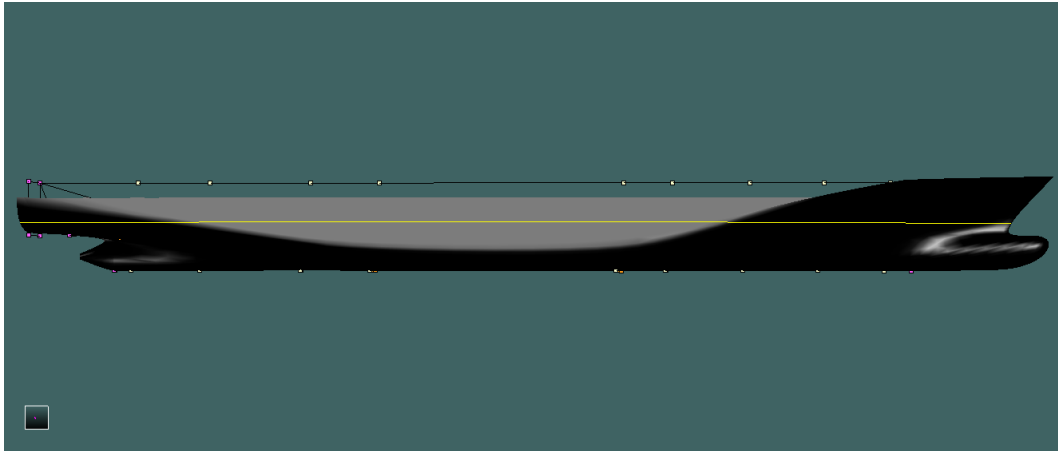
Gambar 4.17 Profile View

Sumber: Diolah Peneliti



Gambar 4.18 Body Plan View

Sumber: Diolah Peneliti



Gambar 4.19 Perspective View

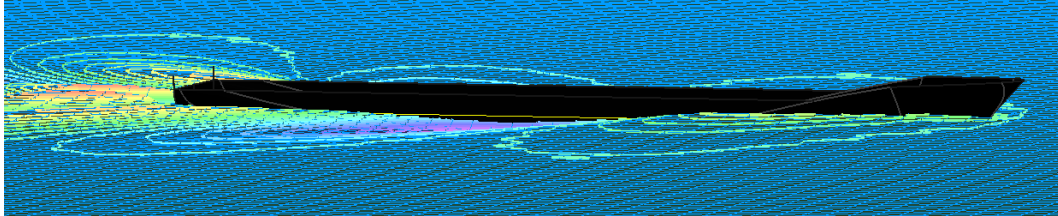
Sumber: Diolah Peneliti

Konsep Desain yang diperoleh memiliki dimensi sebagai berikut:

Panjang Keseluruhan (LOA)	: 110,25 m
Lebar (B)	: 14,52 m
Tinggi (H)	: 10,6 m
<i>Draught</i> (T)	: 5,04 m
Ketebalan	: 0,108 m (10,8 cm)
<i>Displacement</i>	: 4.711 Ton
Area Lambung	: 2.755,34 m ²

Gambar dan Dimensi di atas dihasilkan dengan memasukkan data-data yang telah diperoleh, khususnya data mengenai *Opsreq* dan *Techreq*, kemudian diolah menggunakan program Maxsurf Modeler. Pada bagian Haluan dari Konsep Desain ini telah dilengkapi dengan *Bulbous Bow*. *Bulbous Bow* adalah suatu bentuk konstruksi haluan yang berbentuk bulat telur yang ditempatkan pada linggi haluan bagian depan (Romadhoni, 2017). Tujuan dari pemasangan *Bulbous Bow* adalah mengurangi trim kapal (kemiringan kapal dalam posisi membujur) akibat aliran fluida yang menekan *Bulb* di bagian haluan kapal (Harvard, 1992 sebagaimana dikutip dalam Romadhoni, 2017). Dampak dari adanya *Bulbous Bow* tersebut

ditunjukkan dengan simulasi menggunakan program Maxsurf Resistance sebagaimana tampak pada gambar di bawah ini:

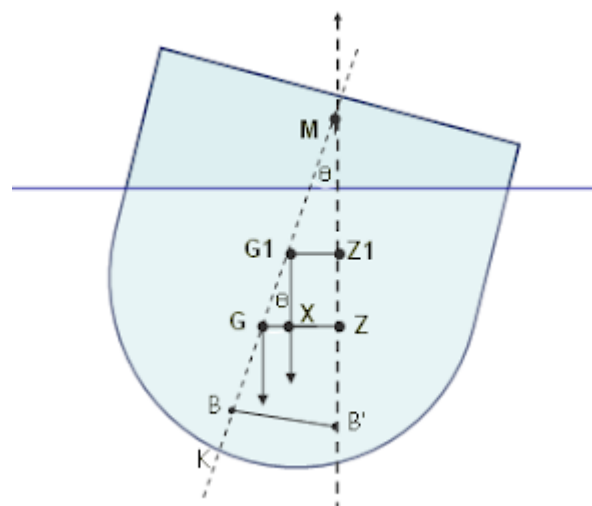


Gambar 4.20 Simulasi Pergerakan Kapal pada Kecepatan 23 knot

Sumber: Diolah Peneliti

Berdasarkan simulasi tersebut diketahui bahwa panjang gelombang yang dihasilkan saat kapal bergerak dengan kecepatan 23 knot tidak melebihi sepertiga dari Panjang Keseluruhan Kapal (LOA). Dengan demikian kapal dapat dinyatakan aman untuk dioperasikan (USNA, n.d.).

Adapun pengujian kestabilan lambung kapal terhadap gelombang laut dilakukan dengan Formula Atwood sebagaimana ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.21 Parameter Formula Atwood

Sumber: ("Static Stability Curve", 2013)

Selanjutnya pengujian dilakukan menggunakan program Maxsurf Stability dengan memasukkan model Lambung Kapal yang telah dibuat dan ukuran gelombang saat kondisi ekstrim di Laut Natuna yakni tinggi gelombang 5,5 m dan panjang gelombang 200 m. Maka diperoleh nilai sebagai berikut:

GM (jarak titik G-titik M) : 66,543 m

BM (jarak titik B-titik M) : 69,755 m

Trim : 1,65°

Trim merupakan sudut kemiringan kapal secara membujur (Matafi, et al., 2015). Untuk menghitung sudut oleng kapal digunakan turunan Formula Atwood (Molland, 2008) yakni:

$$\begin{aligned} \text{Sudut Oleng} &= \tan^{-1} \sqrt{\frac{2GM}{BM}} \\ \text{Sudut Oleng} &= \tan^{-1} \sqrt{\frac{2 \times 66,543 \text{ m}}{69,755 \text{ m}}} \\ &\approx 54^\circ \end{aligned}$$

Periode Oleng dapat pula diketahui dengan menggunakan persamaan yang ditetapkan oleh *International Maritime Organization* (IMO, 2002 sebagaimana dikutip dalam Sianturi, et al., 2013) yakni:

$$\begin{aligned} \text{Periode Oleng} &= \frac{2CB}{\sqrt{GM}} \\ \text{dengan } C &= 0,373 + 0,023 \frac{B}{T} - 0,043 \frac{LOA}{100} \end{aligned}$$

Persamaan ini menghasilkan nilai Periode Oleng sebesar 1,39 detik. Artinya setelah mengalami oleng hingga maksimum 54°, setelah 1,39 detik kemudian Lambung Kapal akan kembali ke posisi semula.

4.5 Pembahasan

Di bawah ini adalah tabel yang memuat hasil verifikasi antara Konsep Desain yang dihasilkan dengan kebutuhan operasional Bakamla RI dalam melakukan patrol di Laut Natuna:

Tabel 4.5 Hasil Verifikasi Konsep Desain Lambung Kapal Patroli

Parameter	Hasil	Keterangan
Panjang Keseluruhan (LOA)	110,25 m	Memenuhi <i>Opsreq</i> untuk beroperasi di Laut Natuna.
Struktur	Memiliki kemampuan <i>ramming</i> dan dilengkapi dengan <i>Bulbous Bow</i> di bagian Haluan.	Mampu menghadapi ancaman dari Kapal Asing, baik Kapal Ikan maupun Kapal <i>Coast Guard</i> yang memasuki wilayah NKRI di Laut Natuna.
Waktu	1 Bulan (estimasi)	Siap dioperasikan dalam waktu singkat.
Biaya Pengadaan Material	Rp 20.656.789.062	Lebih rendah 40% dari biaya pengadaan material Lambung Kapal Patroli Bakamla RI semula.
Kekuatan	3.372.041,64 N	Diasumsikan mampu menahan benturan dengan kapal yang memiliki bobot 4.000 Ton.
Kestabilan	Sudut Trim 1,65° Sudut Pitch 53° Periode Oleng 1,39 detik	Trim Kapal relatif rendah. Kapal tidak mengalami <i>Capsized</i> (Sudut Pitch mencapai 90°) dan dapat kembali ke posisi semula

		dalam waktu relatif singkat.
--	--	------------------------------

Sumber: Diolah Peneliti

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh isu terkini mengenai wilayah Laut Natuna yaitu maraknya pelanggaran batas wilayah yang dilakukan oleh Kapal Asing, baik Kapal Penangkap Ikan maupun Kapal *Coast Guard*. Badan Keamanan Laut (Bakamla) RI merupakan lembaga pemerintah yang berwenang untuk melaksanakan penegakan hukum di wilayah perairan dan wilayah yurisdiksi, khususnya dalam melaksanakan patroli keamanan dan keselamatan di wilayah perairan dan wilayah yurisdiksi Indonesia. Namun dalam menjalankan kewenangannya tersebut Bakamla RI justru menghadapi permasalahan yang menyebabkan belum maksimalnya patroli keamanan di Laut Natuna. Permasalahan tersebut bermula dari kurangnya armada Kapal Patroli Bakamla RI yang beroperasi di Laut Natuna yang diturunkan dari dua faktor yaitu keterbatasan anggaran Bakamla RI dan persoalan industri baja nasional.

Adapun karakteristik (*Opsreq* dan *Techreq*) Kapal Patroli Bakamla RI, dalam hal ini yang beroperasi di Laut Natuna, dapat dibagi dua, yakni Karakteristik Lingkungan dan Karakteristik Ancaman. Karakteristik Lingkungan merupakan kondisi perairan yang menjadi tempat dilaksanakannya Operasi Patroli. Hal ini berkaitan dengan Karakteristik Ombak Laut yang berpengaruh terhadap tingkat keamanan kapal dalam melaksanakan Operasi Patroli. Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai Panjang Keseluruhan Kapal (LOA) minimum yang aman dioperasikan di Laut Natuna adalah 95,67 m. Hal ini telah dipenuhi oleh KN Tanjung Datu yang memiliki Panjang Keseluruhan 110 m. Kapal ini merupakan Kapal Patroli Bakamla RI yang beroperasi di Laut Natuna.

Sementara itu Karakteristik Ancaman merupakan kondisi ancaman yang mungkin ditemui. Karakteristik Ancaman didasari atas karakteristik Kapal Asing yang memasuki wilayah NKRI di Laut Natuna, baik Kapal Ikan maupun Kapal *Coast Guard*. Kedua kapal ini rata-rata memiliki spesifikasi

serupa, di antaranya kemampuan *ramming* dan *Bulbous Bow*. Keberadaan Kapal Asing di wilayah NKRI dapat meningkatkan ketegangan situasi khususnya saat terdeteksi oleh Kapal Patroli yang sedang bertugas. Kapal Asing ini kerap kali menabrakkan diri ke Kapal Patroli yang melintas. Dengan kemampuan *ramming*, kapal dapat tetap stabil saat mengalami benturan. *Bulbous Bow* merupakan tonjolan membulat di bagian bawah Haluan yang berfungsi meningkatkan kestabilan gerakan kapal dan mencegah kapal mengalami trim kapal.

Ferrocement merupakan material komposit yang terdiri atas mortar yang diperkuat dengan rangka logam. Material ini dapat menjadi material alternatif pengganti Baja dalam pembangunan Lambung Kapal. Kelebihan penggunaan Ferrocement dalam pembangunan Lambung Kapal adalah dapat dikerjakan dalam waktu singkat dengan biaya rendah dan memiliki kekuatan dalam meredam benturan. Sebagai material alternatif pengganti Baja, Ferrocement juga mengungguli Aluminium dan Fiber yang telah lebih dulu digunakan pada industri galangan kapal. Hal ini dikarenakan produksi Aluminium di Indonesia tidak lebih baik daripada Baja. Asosiasi Produsen Aluminium Ekstrusi serta Aluminium Plate, Sheet & Foil (APRALEX, Sh&F) mencatat industri tengah dan hilir membutuhkan 800.000 ton aluminium dengan berbagai bentuk, sedangkan PT Indonesia Asahan Aluminium (Inalum) maksimal hanya mampu memproduksi sekitar 265.000 ton per tahun (Rini, 2019). Bahkan, RI masih mengimpor logam aluminium sebanyak 748.000 ton setiap tahunnya (Umah, 2021). Fiber merupakan material yang mudah terbakar, sebagaimana yang terjadi pada KRI Klewang di tahun 2012 yang dibangun dengan material *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (Maskur, 2021). Di samping itu material Fiber berisiko tinggi bila digunakan untuk membangun kapal dengan LOA di atas 40 m (Faizal, 2021). Saat ini baru terdapat satu-satunya galangan kapal di Indonesia yang fokus pada penggunaan material Ferrocement dalam membangun kapal yakni PT Carita Boat Indonesia. PT Carita Boat

Indonesia telah memiliki kemampuan melakukan pembangunan Kapal Ferrocement dalam hal penyediaan bahan baku dan tenaga kerja.

Dengan menghimpun data-data yang terkumpul baik melalui wawancara, studi pustaka, maupun observasi lapangan, kemudian melakukan perhitungan serta optimalisasi dengan Program Maxsurf Modeler dan Maxsurf Resistance, diperoleh Konsep Desain Lambung Kapal Patroli yang memenuhi karakteristik Kapal Patroli Bakamla RI yang beroperasi di Laut Natuna. Konsep Desain Lambung Kapal ini berukuran Panjang Keseluruhan (LOA) 110,25 m disertai struktur yang memungkinkannya memiliki kemampuan *ramming* dengan *Bulbous Bow* di bagian Haluan. Simulasi pergerakan kapal menunjukkan bahwa Lambung Kapal ini aman dioperasikan. Lambung Kapal ini dapat diselesaikan dengan estimasi waktu 1 Bulan sehingga dapat memenuhi kebutuhan armada Kapal Patroli Bakamla RI dalam waktu singkat dan dengan biaya pengadaan material sebesar Rp 20.656.789.062. Secara keseluruhan pembangunan Kapal Patroli Bakamla RI 110 m memerlukan biaya Rp 208.267.000.000. Apabila diasumsikan bahwa pembangunan lambung kapal tersebut menggunakan material Ferrocement (tanpa mengubah fitur lainnya), maka dapat diasumsikan bahwa pembangunan kapal secara keseluruhan memerlukan biaya sebagai berikut:

$$\frac{Rp\ 208.267.000.000}{Rp\ 35.402.500.000} \times Rp\ 20.656.790.000$$

$$= Rp\ 121.520.448.600$$

Nilai ini lebih rendah daripada nilai Anggaran Belanja Barang Bakamla RI Periode 2020 yaitu Rp 199.402.823.000 (lihat Gambar 1.4.). Kemudian dengan asumsi perhitungan kekuatan material, Konsep Desain Lambung Kapal ini dapat menahan benturan dengan kapal lain yang berbobot 4.000 Ton. Pengujian kestabilan dengan Program Maxsurf Stability menghasilkan Sudut Trim sebesar 1,65°, Sudut Pitch sebesar 53°, dan Periode Oling sebesar 1,39 detik sehingga dapat dinyatakan bahwa pada keadaan dasar Lambung Kapal aman dioperasikan di Laut Natuna.



**Gambar 4.22 Perbandingan Konsep Desain Lambung Kapal (atas)
dengan Lambung Kapal *China Coast Guard* (bawah)**

Sumber: Diolah Peneliti dan Chandra (2021)