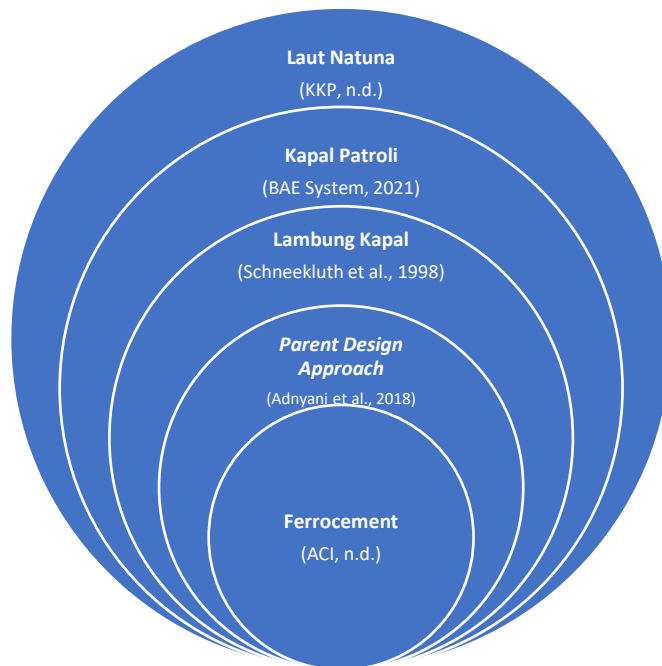


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 LANDASAN TEORI



**Gambar 2.1 Skema Landasan Teori dan Keterkaitan Antartopik**

Sumber: Diolah Peneliti

##### 2.1.1 Laut Natuna

Laut Natuna merupakan wilayah perairan dengan pulau-pulau kecil yang membentang di antara Pulau Sumatera dan Semenanjung Malaya dengan Pulau Kalimantan. Luas wilayahnya mencapai 264.198,37 Km<sup>2</sup> dengan wilayah daratan 2.001,30 Km<sup>2</sup> dan wilayah perairan 262.197,07Km<sup>2</sup> (KKP, n.d.). Nama Natuna berasal dari dua frasa dalam Bahasa Cina yakni Nan dan Toa. Nan berarti pulau dan Toa berarti besar, merujuk pada sebuah pulau seluas 2.009 Km<sup>2</sup> yang namanya menjadi dasar penamaan wilayah perairan di sekelilingnya. Nama tersebut diberikan oleh I Tsing, seorang pendeta Cina yang melakukan perjalanan ke Kerajaan Sriwijaya pada tahun 671 M ("Asal Usul Nama Natuna", 2021).

Natuna merupakan bagian dari Kerajaan Sriwijaya yang kemudian jatuh ke dalam hegemoni Kerajaan Majapahit. Setelah Kerajaan Majapahit runtuh, wilayah Natuna berada di bawah pengaruh Kesultanan Melayu (Malaka) sampai keruntuhannya pada 1511 M kemudian diambil alih oleh Kesultanan Johor. Setelah kedatangan bangsa Belanda ke Kepulauan Nusantara, Natuna berada di bawah pengaruh Pemerintah Hindia Belanda. Sejak Indonesia merdeka pada 17 Agustus 1945, wilayah Natuna termasuk ke dalam wilayah Provinsi Sumatera Tengah yang merupakan cikal bakal Provinsi Riau saat ini. Pada tanggal 24 September 2002 terjadi pemekaran wilayah Provinsi Riau dengan terbentuknya Provinsi Kepulauan Riau. Maka Natuna secara otomatis masuk ke dalam wilayah provinsi tersebut dan statusnya naik menjadi Kabupaten (“Asal Usul Nama Natuna”, 2021).

Wilayah Natuna terkenal dengan penghasil Minyak Bumi dan Gas Alam. Cadangan Minyak Bumi Natuna diperkirakan mencapai 14.386.470 Barel sedangkan cadangan Gas Bumi mencapai 112.356.680 Barel (“Profil Kabupaten Natuna Provinsi Kepulauan Riau”, 2021). Potensi ikan pelagis Natuna mencapai 327.976 ton/tahun. Pada tahun 2014, tingkat pemanfaatan ikan pelagis baru mencapai 99.037 atau 37.8% dari total jumlah tangkapan yang dibolehkan. Selebihnya yaitu sebesar 163.343,8 ton/tahun (62.25%) belum dimanfaatkan. Selain jenis ikan pelagis, ikan demersal juga memiliki peluang produksi yang tidak kalah besar. Potensi ikan demersal di Kabupaten Natuna mencapai 159.700 ton/tahun dengan tingkat pemanfaatan pada tahun 2014 baru sebesar 40.491 ton (25.4% dari potensi lestari). Berarti masih ada sekitar 119.209 ton/tahun (74.6%) ikan demersal yang belum dimanfaatkan di wilayah Natuna (KKP, n.d.).

Dengan besarnya potensi Sumber Daya Alam di wilayah Natuna ditambah posisi geografis yang menyebabkan wilayah Natuna menjadi jalur pelayaran internasional, beberapa Tindak Kriminal di Laut kerap terjadi di sini. Menurut Bakamla RI, Praktik Penangkapan Ikan dengan cara ilegal (*Illegal Fishing*) memiliki frekuensi kejadian paling tinggi dengan 58 kasus. Disusul Penyelundupan Narkoba dengan 43 kasus, Penyelundupan Barang

(38), Penyelundupan Hewan (29) dan Bom Ikan (27), *Human Trafficking* (26), Penyelundupan Miras (24), *Illegal Logging* (15), Illegal BBM (13), Perompakan (12), *Illegal Mining* (10), Tanpa Izin/Dokumen (9), Kerusakan Ekosistem (7), Pelanggaran Wilayah (6), dan Penyelundupan Barang Muatan Kapal Tenggelam (BMKT) dengan 1 kasus (“Bakamla Ungkap Laut Natuna Paling Rawan Illegal Fishing”, 2020). Kondisi ini diperparah dengan adanya Pelanggaran Batas Wilayah atau Pelanggaran Kedaulatan belakangan ini yaitu klaim Republik Rakyat Cina (RRC) atas seluruh wilayah Laut Cina Selatan yang ditandai dengan Sembilan garis putus-putus (*Nine Dash Line*) yang berpotongan dengan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) NKRI pada beberapa bagian. Klaim itu didasari atas bukti-bukti historis (versi RRC) yang menunjukkan bahwa Laut Cina Selatan merupakan wilayah perairan yang berada di bawah hegemoni Cina. Padahal klaim historis tidak pernah mendapat pengakuan dalam UNCLOS 1982 (Kemenlu RI, 2020). Begitu pula dengan klaim Cina atas pulau-pulau buatan seperti Spratly dan Paracel jelas dinyatakan dalam Artikel 60 UNCLOS bahwa pulau buatan, instalasi dan bangunan tidak mempunyai status pulau. Dalam hal ini juga dijelaskan bahwa pulau buatan, instalasi dan bangunan tidak mempunyai status pulau sehingga tidak mempunyai laut teritorialnya sendiri, dan kehadirannya juga tidak dapat mempengaruhi penetapan batas laut teritorial, ZEE atau landas kontinen (Marsetio, 2018). Berdasarkan bukti-bukti tersebut, klaim RRC atas Laut Cina Selatan dengan penetapan *Nine Dash Line* merupakan klaim yang mengada-ada dan tidak berdasar, serta dapat dikategorikan sebagai Pelanggaran Batas Wilayah atau Pelanggaran kedaulatan.



**Gambar 2.2 Peta Wilayah Laut Natuna**

Sumber: ("Penggunaan Nama Laut Natuna Utara Sah Secara Hukum Nasional dan Internasional", 2019)

### 2.1.2 Kapal Patroli

Kapal Patroli adalah kapal yang sangat serbaguna, dirancang untuk melakukan peran pengawasan wilayah Zona Ekonomi Eksklusif, termasuk penyediaan keamanan maritim di wilayah pesisir dan efektivitas penanganan bencana alam (BAE System, 2021). 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 perundang-

undangan 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.

Namun Bakamla RI memiliki suatu kendala dalam hal armada Kapal Patroli. Bakamla RI baru memiliki 10 buah Kapal Besar dan 20 buah Kapal Kecil ("Bakamla Akui Kekurangan Kapal Untuk Jaga Laut Indonesia", 2020) yang harus menjaga seluruh wilayah perairan NKRI yang luasnya mencapai 5,8

juta km<sup>2</sup> dengan garis pantai sepanjang 95.181 km (Pregiwati, 2019, Siaran Pers Nomor: SP204/SJ.04/VIII/2019). Dari total 10 buah Kapal Besar yang dimiliki Bakamla RI, hanya 4 kapal yang beroperasi di Zona Maritim Barat termasuk Laut Natuna. Selebihnya terbagi pada Zona Maritim Tengah (3 buah) dan Zona Maritim Timur (3 buah) (Gunawan, 2020). Sementara itu tidak sembarang kapal dapat melakukan operasi patrol di Laut Natuna. Kapal tersebut harus memiliki ukuran besar ( $\geq 80$  m) sehingga memiliki resistansi terhadap gelombang-gelombang tinggi ( $> 5$  m) yang lazim terdapat di perairan Natuna. Di samping itu, kapal juga harus memiliki resistansi terhadap benturan dengan kapal-kapal pelaku pelanggaran hukum yang biasanya menabrakkan diri terhadap Kapal Patroli yang melintas (Mamahit, 2020). Oleh karena itu, persoalan yang harus diselesaikan adalah bagaimana menemukan konstruksi kapal yang dapat diproduksi dalam waktu relatif singkat dengan biaya produksi yang lebih rendah sehingga dapat segera memenuhi armada Kapal Patroli Bakamla RI pada Operasi Patroli di Laut Natuna.



**Gambar 2.3 KN Tanjung Datu, Kapal Patroli Bakamla RI di Laut Natuna**

Sumber: Chandra (2021)

### 2.1.3 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. Sebagaimana kapal patroli pada umumnya, Kapal Patroli Bakamla RI khususnya yang beroperasi di Laut Natuna menggunakan bentuk Lambung Kapal Kombinasi, yaitu Bentuk-V di bagian haluan hingga ke bagian tengah dan Bentuk-U di bagian tengah hingga ke bagian buritan. Hal ini bertujuan menggabungkan keunggulan dari kedua bentuk tersebut. Bentuk-V memiliki keunggulan dalam hal kecepatan karena karakteristik *seakeepingnya* (Bashir et al., 2011) sedangkan Bentuk-U memiliki keunggulan dalam hal ketahanan atau stabilitas kapal (Novita et al., 2007).



**Gambar 2.4 Lambung KN Tanjung Datu**

Sumber: Palindo Marine (2018)

Dalam penentuan bentuk Lambung Kapal, ada dua hal yang perlu menjadi bahan pertimbangan yaitu Karakteristik Lingkungan dan Karakteristik Ancaman. Karakteristik Lingkungan berkaitan dengan daerah

kapal tersebut dioperasikan, dikarenakan setiap Daerah Operasi Maritim (DOM) memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Karakteristik Lingkungan utama setiap DOM adalah tinggi dan panjang gelombang lautnya. Keduanya memiliki keterkaitan dengan ukuran Lambung Kapal yang aman dioperasikan di dalamnya. Tredup (2011) merumuskan tinggi dan panjang gelombang berbahaya dengan persamaan sebagai berikut:

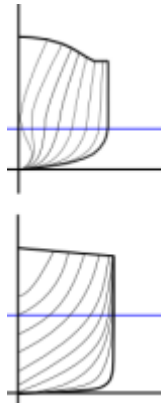
$$\text{Tinggi Gelombang} \geq LOA \times 30\%$$

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

$$LOA = \text{Panjang Kapal Keseluruhan}$$

Gelombang akan memiliki Energi Potensial yang mampu merobohkan kapal apabila ketinggiannya mencapai 30% dari Panjang Kapal Keseluruhan (Tredup, 2011 sebagaimana dikutip dalam Purwanto, 2020). Laut Natuna merupakan salah satu daerah yang memiliki Karakteristik Lingkungan ekstrem dengan tinggi gelombang lautnya yang dapat mencapai 5,5 m dengan panjang gelombang mencapai 200 m, terutama pada penghujung dan awal tahun (Anggara, et al., 2017 sebagaimana dikutip dalam Purwanto, et al., 2020). Kondisi ini berbahaya bagi kapal-kapal yang memiliki panjang di bawah 80 m untuk melakukan operasi patroli secara rutin.

Sementara itu Karakteristik Ancaman berkaitan dengan bentuk ancaman yang terdapat di dalamnya. Dua ancaman utama yang terdapat di Laut Natuna adalah Penangkapan Ikan Ilegal (*Illegal Fishing*) dan Pelanggaran Batas Wilayah. Keduanya memiliki persamaan dalam hal perilaku *ramming* oleh para pelakunya, yaitu menabrakkan badan kapal dengan sengaja. Hal ini dapat dilakukan oleh kapal-kapal berukuran besar dengan struktur lambung kokoh. Struktur lambung semacam ini umumnya dimiliki oleh kapal-kapal pemecah es (*Ice Breaker*) agar tetap stabil saat mengalami benturan dengan bongkahan-bongkahan es berukuran besar.



**Gambar 2.5 Struktur Penampang Lambung Kapal Biasa (atas) dan Lambung Kapal Pemecah Es (bawah)**

Sumber: Dolny (2018)

Bentuk ini diadopsi pula oleh kapal *Coast Guard* RRC maupun kapal Milisi Maritim (*Maritime Militia*) Vietnam. Hal ini menjadi suatu bentuk ancaman baru bagi kapal Bakamla RI yang beroperasi di Laut Natuna, mengingat kedua negara tersebut sering mengoperasikan kapal-kapal patrolinya hingga kawasan Laut Natuna. Apabila dibandingkan, kapal patroli Bakamla RI belum menggunakan struktur lambung kokoh sebagaimana kapal *Coast Guard* RRC maupun kapal Milisi Maritim Vietnam sehingga dapat berisiko saat terjadi benturan (*ramming*).



**Gambar 2.6 Perbedaan Struktur Lambung Kapal Patroli Bakamla RI (kiri) dan Kapal Patroli *Coast Guard* RRC (kanan)**

Sumber: Adjie (2017) dan chinadaily (2021)

Selain kapal *Coast Guard* RRC dan kapal Milisi Maritim Vietnam, kapal *Coast Guard* Filipina juga sudah menggunakan struktur lambung kokoh. Hal ini dapat terlihat pada kapal berjenis *Multi Role Response Vessel* (MRRV) sepanjang 94 m yang dipesan dari Galangan Kapal Shimonoseki milik Mitsubishi Shipbuilding Co. Ltd., Jepang, yang direncanakan akan mulai beroperasi pada bulan Maret tahun 2022 (Noriega, 2021). Sebagaimana Indonesia, Filipina juga merupakan negara yang terdampak oleh asertivitas Cina dalam mengklaim *Nine Dash Line* di Laut Cina Selatan sehingga dapat disimpulkan bahwa pemilihan struktur lambung ini oleh *Coast Guard* Filipina dilakukan berdasarkan ancaman yang sama.



**Gambar 2.7 Lambung Kapal *Coast Guard* Filipina**

Sumber: Noriega (2021)

Perbedaan berikutnya antara Lambung Kapal Patroli Bakamla RI dengan Lambung Kapal *Coast Guard* RRC adalah bahwa Lambung Kapal Patroli Bakamla RI belum dilengkapi *Bulbous Bow* di bagian haluan. *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). Trim pada kapal diakibatkan oleh gelombang yang ditimbulkan saat kapal melaju di permukaan air akibat adanya kontak antara Lambung Kapal pada bagian haluan dengan permukaan air. Semakin tinggi kelajuan kapal, gelombang yang ditimbulkan akan semakin panjang. Keberadaan *Bulbous Bow* akan mengurangi panjang gelombang yang dihasilkan sehingga mengurangi trim pada Lambung Kapal.



**Gambar 2.8 Perbedaan Bentuk Haluan Lambung Kapal Patroli Bakamla RI (atas) dan Kapal *Coast Guard* RRC (bawah)**

Sumber: Adjie (2017) dan chinadaily (2021)

#### **2.1.4 Parent Design Approach**

Parent design approach merupakan salah satu metode dalam mendesain kapal dengan cara melakukan perbandingan terhadap satu atau beberapa buah kapal yang dijadikan sebagai kapal pembanding, yaitu kapal yang memiliki karakteristik yang sama dengan kapal yang akan dirancang. Keuntungan dalam metode ini adalah dapat mendesain kapal lebih cepat karena sudah ada acuan kapal sehingga hanya perlu melakukan modifikasi seperlunya (Adnyani, et al., 2018). Metode ini juga memiliki kerugian yaitu

manakala tidak ditemukan kapal dengan karakteristik yang sama dengan kapal yang akan dirancang, akan diperlukan adanya penyesuaian lebih lanjut atau penggunaan lebih dari satu buah kapal pembanding.

Pada penelitian ini yang dijadikan pembanding adalah KN Tanjung Datu yang secara rutin beroperasi di Laut Natuna. Namun tidak ditemukan satupun Kapal Ferrocement yang memiliki bentuk persis KN Tanjung Datu. Kapal Ferrocement yang ditemukan adalah Tipe B7A1 yang dibangun oleh Angkatan Laut Amerika Serikat pada masa Perang Dunia II (Ship Structure Committee, 1984). Kapal ini sejatinya adalah Kapal Barang (*Bulk Carrier*) namun memiliki Panjang Keseluruhan (LOA) mendekati KN Tanjung Datu yaitu 111,6 meter. Sementara itu Panjang Keseluruhan KN Tanjung Datu adalah 110 meter. Hal ini menyebabkan diperlukannya kapal pembanding lain sebagai acuan. Untuk itu digunakan Kapal *Coast Guard* Cina yang bernama Haixun 06. Seiring peningkatan asertivitas Cina di Laut Natuna, kapal ini dapat menjadi ancaman bagi kapal-kapal Bakamla yang beroperasi di Laut Natuna. Di samping itu bentuk lambung kapal ini yang lebih halus dan melengkung lebih mudah dibangun dengan material Ferrocement daripada lambung KN Tanjung Datu yang bersudut di bagian geladak. Maka dalam penelitian ini digunakan tiga buah kapal pembanding yakni KN Tanjung Datu sebagai acuan ukuran utama (LOA), Kapal *Coast Guard* Cina sebagai acuan bentuk, dan Kapal Tipe B7A1 sebagai acuan Kapal Ferrocement.

### **2.1.5 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.).



**Gambar 2.9 Konstruksi Ferrocement**

Sumber: Lalaj et al. (2015, p. 11-23)

Jaring Kawat (yang dikenal dengan *Chicken Wire* atau *Poultry Netting*) ditemukan di Inggris tahun 1844 oleh seorang Pandai Besi bernama Charles Barnard yang terinspirasi dari proses penenunan benang menjadi kain (Ward, 2006). Jaring Kawat ini pertama kali difungsikan sebagai pengemas barang yang diangkut dengan kapal. Tahun 1849 seorang Tukang Kebun asal Prancis bernama Joseph Monier membuat kombinasi antara Jaring Kawat dengan Semen (Morgan, 1998 sebagaimana dikutip dalam Sasiekalaa, 2012). Ia mendapati bahwa pot bunga yang terbuat dari Tanah Liat atau Semen mudah hancur sehingga terlintas ide untuk melapisi Semen dengan Jaring Kawat agar diperoleh struktur yang lebih kuat. Sementara itu Joseph Louis Lambot yang juga seorang Tukang Kebun merupakan orang pertama yang mengolah Ferrocement menjadi sebuah Perahu berkapasitas satu orang, tahun 1848 (“Joseph Lambot”, 2006). Campuran ini ia beri nama ‘Ferciment’ (Sasiekalaa, 2012). Sayangnya ia baru menyampaikan paten atas penemuannya pada tahun 1852 (Paul, B. K. dan Pama, R.P., 1978) sehingga Joseph Monier lebih dikenal sebagai penemu konstruksi Ferrocement.



**Gambar 2.10 Perahu ciptaan Joseph Louis Lambot**

Sumber: ("Joseph Lambot", 2006)

Tahun 1860-an Tongkang berbahan dasar Ferrocement dibuat untuk digunakan di sungai-sungai Eropa ("Concrete Ship", n.d.). Tahun 1896 seorang Insinyur asal Italia bernama Carlo Gabellini membuat Kapal berukuran kecil berbahan Ferrocement yang bernama Liguria (Eberhardt, 1995). Pada tanggal 2 Agustus 1917 seorang Norwegia bernama Nicolay Knudtzon Fougner berhasil meluncurkan Kapal Ferrocement yang mampu melintasi lautan luas untuk pertamakalinya. Kapal berbaling-baling dengan Panjang 26 m dan berat 400 ton ini bernama Namsenfjord (Fougner, 1922). Pada era Perang Dunia II, Jerman sebagai negara ekspansif mengalami kelangkaan besi dan baja karena berfokus pada produksi mesin-mesin perang seperti Tank dan Kapal Selam (*U-Boat*) sehingga untuk memenuhi kebutuhan Kapal Barang Jerman mulai menggunakan material Ferrocement. 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. Uniknya, 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 (D&W). Perusahaan ini sudah memfokuskan pada pengembangan material Ferrocement sebagai bahan bangunan sejak 1880-an (Russo & Currà, 2018). Setelah perang berakhir,

kapal ini tetap dioperasikan sebagai Kapal Logistik (*Barge*) hingga pada tahun 1988, setelah 45 tahun beroperasi, kapal ini menjadi salah satu koleksi Museum Maritim Rostock, Jerman, dan tetap terapung sampai sekarang (“Denkmale der Hansestadt Rostock”, 2007).

Tahun 1975 sebuah Grup Riset bernama Institute of Ecotechnics (IE) membuat Kapal Ferrocement bernama Heraclitus di kota Oakland, California untuk keperluan penelitian di laut. Kapal sepanjang 25 m ini dibuat dari bahan Ferrocement karena Ferrocement dipandang sebagai material yang murah, kuat, dan padat karya (“Building The Ship”, 2017). Heraclitus telah berlayar sejauh 270.000 NM (1 NM = 1,852 km) selama kurun waktu 40 tahun, sampai kapal ini masuk Galangan Roses Shipyard di kota Girona, Spanyol untuk menjalani reparasi pada beberapa bagian lambungnya (“REBUILD OF THE RESEARCH VESSEL ‘HERACLITUS’”, 2018). Rencananya tahun 2020 kapal ini siap berlayar lagi (Aman, 2019) namun terkendala Pandemi Covid-19.



**Gambar 2.11 Kapal M/V Capella (atas) dan Interiornya (bawah)**

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

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). Penyebab utamanya adalah pemusatan penggunaan Ferrocement untuk bahan bangunan sehingga penggunaan untuk bahan baku kapal perlahan menurun. Di samping itu Ferrocement adalah konstruksi yang padat karya sehingga diperlukan banyak pekerja khususnya pekerja konstruksi untuk membuatnya. Hal ini kurang cocok di Eropa tetapi sangat cocok di Indonesia. Tercatat ada 8,3 juta Pekerja

Konstruksi di Indonesia (Gunawan, 2020). Kelemahan lainnya adalah Ferrocement kurang resisten terhadap benturan benda runcing, walaupun Ferrocement tetap memiliki keunggulan terhadap material lain dalam hal biaya konstruksi (biaya material + biaya pekerja), resistansi terhadap api, dan kemudahan dalam reparasi (Whang, 1972).



**Gambar 2.12 Kapal Heraclitus**

Sumber: Aman (2019)

Di Indonesia, Kapal Ferrocement belum dikembangkan secara intensif. Sampai dengan saat ini baru ada satu Perusahaan Galangan Kapal yang sedang merintis dalam mengembangkan konstruksi kapal berbahan Ferrocement yaitu PT Carita Boat Indonesia yang berlokasi di Pantai Pagedongan, Desa Sukajadi, Kecamatan Carita, Kabupaten Pandeglang, Banten. Hingga saat ini perusahaan tersebut sudah memproduksi dua buah Kapal Patroli Cepat (KPC) berbahan Ferrocement ukuran 10 m pesanan Kodim 0601/Pandeglang yang diberi nama Kapal Merah Putih I dan II.



**Gambar 2.13 Kapal Merah Putih I (atas) dan II (bawah) buatan PT Carita Boat Indonesia**

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Selain oleh PT Carita Boat Indonesia, material Ferrocement ini juga sedang dikembangkan PT Wahana Indra Sentosa (WISe) di bawah pimpinan Dr. Taufik Dwicahyono. *Owner* PT Carita Boat Indonesia, Budi Suchaeri mengatakan bahwa PT WISe ini sejatinya masih merupakan cabang perusahaan PT Carita Boat Indonesia. Bedanya adalah PT WISe lebih fokus pada penggunaan material Ferrocement untuk *Buoy System* (Komunikasi Pribadi, 2020). *Buoy System* yang dinamai Fecabs ini akan difungsikan sebagai pengaman statis di wilayah perbatasan laut (Maritimnews, 2022).

## 2.2 Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Nama, Judul, dan Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	<p><b>Peneliti:</b> Benjamin Whang (1972)</p> <p><b>Judul:</b> Comparison Study of Aluminium, Ferrocement, and Fiber Reinforced Plastic for Small Craft in Korea.</p> <p><b>Metode:</b> Metode Penelitian Campuran (<i>mixed method</i>), pengamatan secara holistic dengan membandingkan sifat fisik dan beberapa parameter lainnya antara Aluminium, Ferrocement, dan Fiber Reinforced Plastic.</p>	<p>Ferrocement memiliki keunggulan dalam hal harga material, biaya pekerja, resistansi terhadap api, dan kemudahan dalam reparasi, serta memiliki kelemahan dalam hal resistansi terhadap benturan (<i>impact</i>) dan tekanan (<i>fatigue</i>).</p>	<p>Menggunakan parameter kebutuhan biaya dan beberapa sifat fisik pada aplikasi Ferrocement sebagai material kapal.</p>	<p>Hanya memfokuskan pada kapal berukuran kecil (12 meter). Tidak mengukur lama pembuatan.</p>

2	<p><b>Peneliti:</b> Abdullah, Katsuki Takiguchi, Koshiro Nishimura, Shingo Hori (2003)</p> <p><b>Judul:</b> Behavior of Ferrocement Subjected to Missile Impact.</p> <p><b>Metode:</b> Metode Kuantitatif dengan membandingkan ketebalan Ferrocement dan jumlah lapisan Jaring Kawat terhadap tumbukan Proyektil (Uji Balistik).</p>	<p>Ferrocement dengan Jaring Kawat sebanyak 8 lapis dan ketebalan 12 cm mampu menahan tumbukan Proyektil dengan kecepatan 228 m/s.</p>	<p>Menggunakan parameter sifat fisik Ferrocement.</p>	<p>Hanya memfokuskan pada uji fisik dan tidak membahas aplikasi penggunaannya.</p>
3	<p><b>Peneliti:</b> Aziz Ibrahim Abdulla, Hadeel Reiadh Khatab (2014)</p> <p><b>Judul:</b></p>	<p>Ferrocement dengan Jaring Kawat sebanyak dua lapis dan ketebalan 5 cm mampu menyerap energi benturan sebesar 29,82 kJ.</p>	<p>Menggunakan parameter sifat fisik Ferrocement.</p>	<p>Hanya memfokuskan pada uji fisik dan tidak membahas aplikasi penggunaannya.</p>

4	<p>Behavior of Multilayer Composite Ferrocement Slabs with Intermediate Rubberized Cement Mortar Layer.</p> <p><b>Metode:</b> Metode Kuantitatif dengan membandingkan ketebalan Ferrocement dan jumlah lapisan Jaring Kawat terhadap tumbukan beban (<i>Uji Impact</i>).</p> <p><b>Peneliti:</b> Rismawan, Berlian Arswendo A., Sarjito Joko Sisworo (2014)</p> <p><b>Judul:</b> Analisa Kekuatan Lentur Bahan Ferrocement Berpenguat Kawat Anyam Sebagai Bahan Dasar <i>Modular Floating Pontoon</i>.</p>	<p>Ferrocement dengan Jaring Kawat ukuran 0,25 inci sebanyak 1 lapis memiliki kekuatan lentur terbesar, melebihi Ferrocement dengan Kawat Anyam ukuran 0,5 inci sebanyak 3 lapis.</p>	<p>Menggunakan parameter sifat fisik Ferrocement.</p>	<p>Fokus pada aplikasi Ferrocement dalam pembuatan bangunan apung atau benda statis, tidak pada benda dinamis seperti kapal.</p>
---	--	---	---	--

5	<p><b>Metode:</b> Metode Kuantitatif dengan membandingkan jumlah lapisan Kawat Anyam dan ukuran bukaan 0,25 inci dan 0,5 inci terhadap Kuat Lentur Ferrocement.</p> <p><b>Peneliti:</b> Afaf H. Abdallah, Abeer M. Erfan, Taha A. El-Sayed, dan Ragab M. Abd El-Naby (2019)</p> <p><b>Judul:</b> Experimental and Analytical Analysis of Lightweight Ferrocement Composite Slabs.</p> <p><b>Metode:</b> Metode Kuantitatif dengan membandingkan Ferrocement</p>	<p>Pertambahan lapisan Kawat Anyam berbanding lurus dengan penambahan kekuatan Ferrocement terhadap gaya tekan. Kawat Anyam dengan posisi menyilang memiliki kekuatan yang lebih besar dibandingkan Kawat Anyam dengan posisi sejajar. Pada penelitian ini juga dilakukan</p>	<p>Menggunakan parameter sifat fisik Ferrocement.</p>	<p>Hanya memfokuskan pada uji fisik dan tidak membahas aplikasi penggunaannya.</p>
---	---	---	---	--

6	<p>dengan perbedaan posisi Kawat Anyam, yaitu <i>Welded</i> (sejajar) dan <i>Expanded</i> (menyilang), serta perbedaan jumlah lapisan Kawat Anyam terhadap gaya tekan maksimum.</p> <p><b>Peneliti:</b> Balraj E. Karpe, Darshan G. Gaidhankar, Mrudula S. Kulkarni (2020)</p> <p><b>Judul:</b> Ferrocement Panels under High Velocity Impact by Incorporating Waste Foundry Sand.</p> <p><b>Metode:</b> Metode Kuantitatif dengan membandingkan ketebalan</p>	<p>pembandingan antara Hasil Mekanik melalui Uji Laboratorium dengan Uji Analitik (Uji Simulasi) menggunakan <i>software</i> ANSYS dengan hasil yang sama.</p> <p>Ferrocement dengan Jaring Kawat sebanyak 5 lapis dan ketebalan 2,5 cm mampu menahan tekanan sebesar 317 MPa.</p>	<p>Menggunakan parameter sifat fisik Ferrocement.</p>	<p>Hanya memfokuskan pada uji fisik dan tidak membahas aplikasi penggunaannya.</p>
---	--	--	---	--

7	<p>Ferrocement dan jumlah lapisan Jaring Kawat terhadap tumbukan Proyektil (Uji Balistik) menggunakan Uji Analitik (Uji Simulasi) <i>software</i> ANSYS.</p> <p><b>Peneliti:</b> Hemalatha, K. Tamil Selvan (2020)</p> <p><b>Judul:</b> Impact Behaviour of Ferrocement Slabs with High Strength Mortar.</p> <p><b>Metode:</b> Metode Kuantitatif dengan membandingkan jumlah lapisan Jaring Kawat, Diameter Kawat, dan Ukuran Bukaannya terhadap tumbukan beban (Uji <i>Impact</i>).</p>	<p>Ferrocement dengan Jaring Kawat sebanyak 4 lapis dengan 2 lapis memiliki diameter 2,5 mm dan ukuran bukaan 6 cm serta 2 lapis lainnya memiliki diameter 3 mm dan ukuran bukaan 3 cm mampu menyerap energi benturan sebesar 952,3 Nm.</p>	<p>Menggunakan parameter sifat fisik Ferrocement.</p>	<p>Hanya memfokuskan pada uji fisik dan tidak membahas aplikasi penggunaannya.</p>
---	---	---	---	--

8	<p><b>Peneliti:</b> Nada Mahdi Fawzi A. Jalawi (2020)</p> <p><b>Judul:</b> Quality Control of Production Lightweight Ferrocement Plate Using Sustainable Materials.</p> <p><b>Metode:</b> Metode Kuantitatif dengan membandingkan lama waktu pengeringan mortar terhadap kekuatan tekan (Uji Tekan).</p>	<p>Pertambahan waktu pengeringan dari 28 hari menjadi 90 hari menambah kekuatan tekan Ferrocement sebanyak 2-3 MPa.</p>	<p>Menggunakan parameter sifat fisik Ferrocement.</p>	<p>Hanya memfokuskan pada uji fisik dan tidak membahas aplikasi penggunaannya.</p>
9	<p><b>Penulis:</b> Sameer S Patil, Darshan G. Gaidhankar, Mrudula S. Kulkarni (2020)</p> <p><b>Judul:</b></p>	<p>Ferrocement dengan Jaring Kawat sebanyak 5 lapis dan ketebalan 3 cm mampu menahan tegangan sebesar 24,86 MPa.</p>	<p>Menggunakan parameter sifat fisik Ferrocement.</p>	<p>Hanya memfokuskan pada uji fisik dan tidak membahas aplikasi penggunaannya.</p>

10	<p>Ferrocement Panels Under Flexure By Partial Replacement of Cement With Marble Powder.</p> <p><b>Metode:</b> Metode Kuantitatif dengan membandingkan ketebalan Ferrocement dan jumlah lapisan Jaring Kawat terhadap kekuatan lentur (Uji <i>Flexure</i>) menggunakan Uji Analitik (Uji Simulasi) <i>software</i> ANSYS.</p> <p><b>Peneliti:</b> Yousry B. Shaheen, Fatma M. Eid, Manar A. Sayer Dayer (2020)</p> <p><b>Judul:</b> Developing of Light Weight Ferrocement Composite Plates.</p>	<p>Pertambahan lapisan Kawat Anyam berbanding lurus dengan penambahan Kapasitas Beban Maksimum Ferrocement. Kawat Anyam dengan posisi menyilang memiliki kekuatan yang lebih</p>	<p>Menggunakan parameter sifat fisik Ferrocement.</p>	<p>Hanya memfokuskan pada uji fisik dan tidak membahas aplikasi penggunaanya.</p>
----	--	--	---	---

	<p><b>Metode:</b> Metode Kuantitatif dengan membandingkan Kapasitas Beban Maksimum (Uji Lentur) Ferrocement dengan perbedaan posisi dan jumlah lapisan Kawat Anyam, serta dengan penambahan Batang Baja.</p>	<p>besar dibandingkan Kawat Anyam dengan posisi sejajar. Penambahan Batang Baja pada Kawat Anyam menambah kekuatan Ferrocement secara signifikan.</p>		
--	--	---	--	--

### 2.3 Kerangka Berpikir

