Analisa Perbandingan Perhitungan Konstruksi Area *Midship* Kapal Aluminium *Crewboat* berdasarkan BKI *Rules* Dengan RINA *Rules*

Khoiruddin[1], Minto Basuki[2]
Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
e-mail: khoiruddin1999@gmail.com[1], mintobasuki@itats.ac.id[2]

ABSTRACT

Indonesia is a country rich in abundant natural resources, one of which is the oil content in the earth. Every year, the need for energy and industrial raw materials increases significantly. Related to these conditions, the author could estimate that investment opportunities in developing Indonesia's oil and gas industry are promising. Offshore oil and gas exploration and production activities require regular supply. Therefore, a company needs a means of transport to support these activities. The means that can be used is a ship (Crew boat). The selection of construction systems (transverse, longitudinal, and mixed) is essential in the ship-building process, and there are already regulations governing it, namely GL, ABS, BKI, RINA, NK, BV, and LR. Each country has its regulations. It is the same ship but has a construction calculation with different rules; the ship will produce different values even though the difference is not too far. Knowing the difference in calculations from each rule, the author analyzed the comparison of construction weight on the hull based on the BKI and RINA rules. The researcher used a method that could compare construction weight on the main hull of Aluminium supply vessels by calculating based on BKI and RINA rules. From the results of weight calculations, the researcher got the results using the BKI rule of 9,504 Tons, while RINA got 9,190 Tons. From these two results, the researcher concluded that the RINA rules produced a lighter construction weight than the BKI rules. The difference from comparing the weight of aluminium construction in the main hull space of the supply vessel using the BKI and RINA rules was 0.313 Tons.

Keywords: *Offshore vessel, Crewboat, Construction System, Ship classification.*

ABSTRAK

Indonesia merupakan suatu negara yang kaya akan potensi sumber daya alam yang melimpah, salah satunya yaitu kandungan minyak yang ada di dalam bumi. Setiap tahunnya kebutuhan akan energi dan bahan baku industri mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Terkait dengan kondisi tersebut, dapat diperkirakan peluang investasi dalam pengembangan industri sektor migas di Indonesia sangat menjanjikan. Kegiatan eksplorasi dan produksi minyak dan gas bumi di lepas pantai membutuhkan suplai berkala, maka dari itu dibutuhkan sarana transportasi untuk menunjang kegiatan tersebut dengan menggunakan sebuah kapal *(Crewboat).* Pemilihan sistem konstruksi (melintang, memanjang, campuran) menjadi hal penting dalam proses pembangunan kapal, dan sudah ada peraturan yang mengaturnya antara lain: GL, ABS, BKI, RINA, NK, BV, LR di negara yang berbeda mempunyai *rule* masing-masing. Kapal yang sama tetapi perhitungan kontruksi dengan *rule* yang berbeda akan menghasilkan nilai yang berbeda meskipun tidak terlalu jauh perbedaannya. Mengetahui adanya perbedaan perhitungan dari setiap *rule* tersebut, penulis melakukan analisa terhadap perbandingan berat konstruksi pada bagian lambung kapal berdasarkan *rule* BKI dan RINA. Dalam penelitian ini metode yang dilakukan untuk mendapatkan hasil perbandingan berat konstruksi pada bagian lambung *(main hull)* Aluminium kapal *supply vessel*, yaitu dengan melakukan perhitungan berdasarkan *rule* BKI dan RINA. Dari hasil perhitungan berat yang telah dilakukan didapatkan hasil perhitungan berat menggunakan *rule* BKI sebesar 9.504 Ton sedangkan RINA 9.190 Ton. Dari kedua hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa *rules* RINA menghasilkan berat konstruksi yang lebih ringan dibandingkan *rules* BKI Selisih dari perbandingan berat konstruksi Aluminium pada ruang lambung utama kapal *supply vessel* dengan menggunakan *rule* BKI dan RINA adalah 0,313 Ton.

Kata kunci: *Offshore vessel, Crewboat,* Sistem Konstruksi, Klasifikasi kapal.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan suatu negara yang kaya akan potensi sumber daya alam yang melimpah, salah satunya yaitu kandungan minyak yang ada di dalam bumi. Setiap tahunnya kebutuhan akan energi dan bahan baku industri mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Oleh karena itu, untuk mewujudkan keamanan dan kelancaran pemasokan energi di dalam negeri, maka diperlukan suatu langkah atau perancangan suatu sistem dalam rangka pemenuhan energi yang optimal. Terkait dengan kondisi tersebut, dapat diperkirakan peluang investasi dalam pengembangan industri sektor migas di Indonesia, baik di bidang industri inti maupun industri penunjang migas masih sangat menjanjikan. Secara geologi, Indonesia masih memiliki

ISSN 2775-5630

potensi ketersediaan hidrokarbon yang cukup melimpah. Diperkirakan sumber daya minyak dan gas yang mencapai 87,22 milliar barel dan 594,43 TSCF tersebar di Indonesia. Namun sangat disayangkan, kondisi yang terjadi saat ini justru menunjukkan terjadinya penurunan jumlah produksi dari tahun ke tahun. Keadaan tersebut menyebabkan Indonesia melakukan peningkatan ekspor terhadap minyak dalam rangka pemenuhan kebutuhan energi dalam negeri. (Putra, 2016)[1]. Kegiatan eksplorasi dan produksi minyak dan gas bumi di lepas pantai selalu membutuhkan suplai berkala. *Crewboat* atau biasa disebut kapal kru adalah kapal yang digunakan untuk mengangkut kru dan supply ke offshore *platform*, antara lain makanan, air bersih, bahan bakar, peralatan, atau material yang dibutuhkan *offshore platform*. Kinerja crew boat sangatlah penting baik dalam kecepatan dan ketepatan manuver. (Yandecantya,2015).[2]

Dalam proses pembangunan sebuah kapal dengan jenis *crewboat*, perlu diperhatikan mengenai perihal kenyamanan dan kemudahan pengoperasian kapal. Hal tersebut lah yang mana nantinya menjadi bahan pertimbangan dalam mendesain *crewboat* tersebut. Area operasi kapal jenis ini biasanya berada pada daerah pengecoran minyak dengan regulasi *safety* yang sangat ketat, sehingga dituntut sebisanya kapal tersebut menekan angka terjadinya kecelakaan akibat kesulitan manuver atau pengoperasian kapal. Tahun 2004 kapal jenis *Platform Supply Vessel* yang didesain oleh *vik sandvik* menerima penghargaan sebagai *ship of the year*. Dengan desain kapal tipe *Supply Vessel* yang berbeda dengan tren desain kapal sejenisnya. Kapal yang dimaksud adalah kapal dengan seri desain VS 493 *(Viking Avant, Viking Lady, Viking Queen)* yang dioperasikan oleh perusahaan pelayaran *Eidesvik* dengan ruang mesin, ruang akomodasi dan ruang kemudi *(wheelhouse)* dibelakang kapal, maka kapal hanya memerlukan satu fokus kontrol manuver sehingga membutuhkan lebih sedikit peralatan kontrol seperti desain pada umumnya. Dengan demikian kapal dapat mereduksi kemungkinan resiko kecelakaan akibat kesalahan manusia dan akibat kesalahan sistem kontrol. Mengenai perihal desain ruang akomodasi dibelakang, maka kenyamanan kru dapat meningkat karena berkurangnya pergerakan vertikal akibat dari *pitching* kapal. (Kustiawan, 2016)[3].

Selain penataan dan pengelolaan ruangan yang baik, kekuatan konstruksi kapal juga merupakan salah satu aspek teknis yang turut mempengaruhi tingkat keamanan kapal disaat berlayar baik kondisi laut yang tenang maupun bergelombang. Masalah utama dalam konstruksi kapal ialah membuat suatu yang kokoh dan kuat dengan berat konstruksi yang seringan mungkin. Konstruksi yang kuat dan kokoh merupakan suatu konstruksi yang tidak mudah patah dan tidak dapat berubah bentuk saat menerima beban. Kapal akan mengalami berbagai beban antara lain beban internal yang disebabkan oleh pembebanan yang ada dikapal dan beban external seperti gelombang laut serta posisi kapal terhadap gelombang itu sendiri dan angin (Wulandari, 2020) [4]. Setiap pembangunan kapal baru *(New building)* tentunya harus ada rekomendasi standar *(rules)* dari pihak pemilik kapal *(Ship Owner)*. Dalam dunia perkapalan sendiri ada banyak biro klasifikasi yang tentunya memiliki *rules* yang berbeda-beda dalam mengatur sebuah masalah dalam proses pembuatan kapal, yaitu mengenai faktor keselamatan kapal, sistem perlengkapan kapal, sistem propulsi kapal, perhitungan berat konstruksi kapal, perhitungan stabilitas kapal, dan juga mengenai reparasi kapal. Di Indonesia sendiri memiliki biro klasifikasi yang bernama Biro Klasifikasi Indonesia atau yang dikenal dengan BKI. Sedangkan dari luar negara Indonesia ada banyak biro klasifikasi lainnya seperti ABS, RINA, BV, NK, GL, LR, KR dan masih banyak lagi biro klasifikasi dari luar negara Indonesia lainnya. (Hakim, 2022).[5][6]

Perhitungan konstruksi kapal pada umumnya akan menghasilkan modulus penampang *midship* dengan nilai diatas dari batas minimal. Kelebihan nilai ini berdasar peraturan memang diperbolehkan selama tidak dibawah batas minimal. Namun dari segi ekonomis kelebihan tersebut tidak baik, karena konstruksi lebih besar dan menyebabkan peningkatan berat serta membutuhkan biaya yang lebih besar. Padahal selama masih ada jarak antara nilai perhitungan modulus penampang *midship* dengan batas minimal, masih terdapat kemungkinan untuk menghemat pengeluaran. Salah satu cara untuk mengurangi perbedaan modulus penampang *midship* dengan batas minimal yaitu dengan mengganti profil-profil pembujur ke ukuran yang lebih kecil. Namun cara ini bermasalah jika modulus penampang profil tersebut dibawah batas minimum. Karena ada batasan ini, cara yang bisa digunakan untuk memenuhi kedua batas minimal tersebut yaitu dengan melakukan variasi ukuran pada profil yang telah dipilih berdasar batas minimal. (Rachman, 2018)[7]

Dengan adanya berbagai macam pilihan profil yang dipakai pada kapal atas persyaratan dari berbagai *rules* maka, terdapat perbedaan juga dalam jumlah berat pada kapal. Oleh karenanya agar kapal mendapatkan per*for*ma yang optimal selain dari kekuatan kapal, juga perlu dilakukan perhitunngan berat konstruksi.

ISSN 2775-5630

Dengan begitu dibuatnya kajian oleh penulis dengan judul *"Analisa Perbandingan Perhitungan Konstruksi Area Midship Kapal Aluminium Crewboat Berdasarkan Bki Rules dengan Rina Rules".* Selain bertujuan untuk pengoptimalan pemilihan profil yang dipakai kapal berdasarkan standar dari dua *class* yang berbeda, juga bisa dihitungkan berapa total berat kapal dari konstuksi tersebut. Dalam penerapannya penulis mengambil studi kasus pada kapal aluminium *crewboat* dengan spesifikasi secara berurutan panjang kapal, lebar kapal, tinggi kapal, sarat kapal, jumlah penumpang, kecepatan kapal sebagai berikut: LOA= 40.30m; B= 7,60m; H= 3.65; T=1.90m; *Offshore Personel* = 80 *seats; Crew*= 12 *Persons.* Kapal aluminium *crewboat* ini merupakan hasil kontrak kerja sama antara konsorsium PT Sillo Maritime Perdana Tbk, PT Pelyaran Ekalya Purnamasari (PNEP), dan Petronas Carigali Ketapang II Ltd. Dengan penyedia fasilitas pembangunan bangunan baru di PT Orela Shipyard, dimana perusahan ini merupakan salah satu afiliasi PNEP dalam bidang usaha desain, pembangunan, perbaikan, dan pemeliharaan kapal. Oleh karena itu kerja saat ini merupakan bentuk komitmen perusahaan guna dalam peningkatan pencapaian tingkat komponen dalam negeri serta menunjang target minyak sebesar 1 juta bopd dan 12 Bscfd gas perhari pada taun 2030.

TINJAUAN PUSTAKA

Aluminium *Crewboat*

Pembangunan kapal *Crewboat* pada awalnya karena adanya perusahaan pengeboran minyak yang membutuhkan sarana transportasi untuk menyuplai semua kebutuhan kegiatan *offshore.* Dengan kebutuhan itu maka perusahaan mengadakan tender bagi perusahaan pelayaran dan perkapalan yang memenuhi kualifikasinya. Setelah memenangkan tender harus mampu membangun kapal sesuai kriteria yang diinginkan oleh pihak *owner*, kriteria atau spesifikasinya secara umum antara lain: kapasitas kargo, kecepatan kapal, area kargo minimum, kapasitas bahan bakar, minimum kapasitas genset, kapasitas penumpang, kapasitas air tawar, minimum tingkat kebisingan (dibawah 85 dB), minimum *engine power*, konfigurasi ruang akomodasi serta maksimum tinggi kapal. Persyaratan tersebut yang akan dimana nantinya menjadi dasar pembuatan kapal yang diminta oleh pihak pertama *(owner)* dan akan dibangun oleh pihak ke dua yaitu perusahaan pelayaran atau perkapalan di galangannya. Bahan pembuatan kapal *crewboat* rata-rata banyak yang dibangun dengan menggunakan material *high tensile steel* atau aluminium, dikarenakan jenis kapal ini diperuntukkan sebagai sarana transportasi penumpang *(crew)* dengan cepat dari pelabuhan ke tempat pengeboran minyak *(offshore).* Jadi bagi pihak perancang kapal sebisa mungkin merancang kapal ini dengan bobot yang seringan mungkin agar kecepatan kapal maksimal.

Sistem Konstruksi Kapal

Di dalam sebuah bangunan khususnya pada bagian dalam kapal terdapat sebuah sistem konstruksi yang mempunyai peran fatal dalam sebuah bangunan kapal, dimana peranan struktural atau sistem konstruksi ini berfungsi agar kapal mempertahankan bentuk dan juga mengapung dilautan. Selain itu dengan perancanaan konstruksi yang baik, kapal tidak hanya dapat mengapung tetapi juga dapat menampung penumpang baik secara umum juga personel professional seperti *crew offshore* beserta muatan kargo. Pada setiap kapal terdapat dua jenis konstruksi atau kerangka kapal utama yaitu sistem konstruksi secara melintang *(Transverse framing system)* dan system konstruksi memanjang *(Longitudinal framing system).* Selain konstruksi tersebut, ada juga kapal yang menggunakan gabungan dari kedua system tersebut yang familiar dengan sebutan system konstruksi kombinasi *(Combination/mixed framing system).* Seorang *engineering* sebelum membangun sebuah kapal pada awalnya harus menentukan kapal yang dibuat akan memakai sistem konstruksi secara melintang, memanjang atau kombinasi. Akan tetapi berdasarkan pengalaman selama ini biasanya pada bagian-bagian tertentu seperti pada area sekat kamar mesin ke belakang dan sekat tubrukan ke depan menggunakan *transverse framing system*, sedangkan pada bagian *deck cargo* atau area *parallel middle body* menggunakan *longitudinal framing system* atau *combination framing system.* Hal ini sudah dipertimbangkan oleh pihak perancang kapal *(engineering team)* berdasarkan Panjang kapal, fungsi dan karakteristik kapal, serta masih banyak pertimbangan yang lain.

Biro Klasifikasi atau *Rules*

Setiap pembangunan kapal baru *(New building)* tentunya harus ada rekomendasi standar *(rules)* dari pihak pemilik kapal *(Ship Owner).* Dalam dunia perkapalan sendiri ada banyak biro klasifikasi yang tentunya memiliki *rules* yang berbeda-beda dalam mengatur sebuah masalah dalam proses pembuatan kapal, yaitu mengenai faktor keselamatan kapal, sistem perlengkapan kapal, sistem propulsi kapal, perhitungan berat konstruksi kapal, perhitungan stabilitas kapal, dan juga mengenai reparasi kapal. Di Indonesia sendiri

memiliki biro klasifikasi yang bernama Biro Klasifikasi Indonesia atau yang dikenal dengan BKI. Sedangkan dari luar negara Indonesia ada banyak biro klasifikasi lainnya seperti ABS, RINA, BV, NK, GL, LR, KR dan masih banyak lagi biro klasifikasi dari luar negara Indonesia lainnya. (Hakim, 2022). namun dalam penelitian ini penulis hanya membandingkan 2 *rule* yaitu Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dan *Registro Italiano Navale* (RINA).

Registro Italiano Navale (RINA)

Pada tahun 1861 di Genoa awal mula didirikan sebuah rules classification yang disebut dengan nama RINA *(Registro Italiano Navale)*, oleh *"della Associazione Mutua Assicurazione Marittima" (Mutual Marine Asosiasi Asuransi)* oleh para manager kapal dan pemilik kapal (Pemegang saham kapal) dengan tujuan sebagai perlindungan terhadap risiko kerugian dan atau kerusakan pada kapal dalam proses pembuatan hingga berlayarnya kapal, sebagai bentuk pemenuhan kebutuhan operator maritim italia, seperti yang sudah terjadi pada negara Inggris dan Perancis. Sejak berdirinya *Registro Italiano Navale* yang menjadi dukungan terhadap pembangunan ekonomi di daerah operasional khususnya pada bidang kemaritiman dan sudah lebih dari 140 tahun kemudian, pengaruh serta peranan RINA tidak berubah, akan tetapi telah dikembangkan dan diperluas guna memenuhi kebutuhan ekonomi internasional yang terus berkembang. Sebagai salah satu anggota pendiri IACS *(International Association of Classification Societies)* RINA secara aktif berpartisipasi dalam hal penelitian, teknis dan pembuatan aturan kelompok dalam konteks kelembagaan baik secara nasional maupun internasional. RINA menyediakan dan menawarkan pengendalian *(Survey maintenance)*, penilaian, sertifikasi dan jasa penelitian sesuai dengan aturan nasional dan internasional yang berkaitan dengan komponen – komponen sebagai berikut: bahan material pembuatan, teknologi, desain serta melakukan kegiatan maupun tugas yang diberikan oleh pemerintah maupun otoritas lainnya.

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)

Pada tanggal 1 Juli 1964 adalah awal berdirinya Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dan satu-satunya badan klasifikasi nasional yang ditugaskan oleh pemerintah Republik Indonesia sebagai badan yang mengatur standarisasi kapal niaga berbendera Indonesia. Penugasan ini kemudian dikukuhkan dalam keputusan menteri perhubungan laut No. Th. 1/17/2 tanggal 26 September 1964 tentang peraturan pelaksanaan kewajiban kapal-kapal berbendera Indonesia untuk memiliki sertifikat klasifikasi kapal yang dikeluarkan oleh BKI. Kegiatan penggolongan kapal berdasarkan konstruksi lambung, mesin dan listrik kapal dengan tujuan memberikan salah satu penilaian atas laik laut kapal tersebut berlayar merupakan bentuk dari kegiatan klasifikasi.

Pemerintah mengeluarkan Peraturan Pemerintah Nomor 1 Tahun 1977 tentang Pengalihan Bentuk Perusahaan Negara Biro Klasifikasi Indonesia menjadi Perusahaan Perseroan (Persero). Hal ini menjadikan titik awal menuju badan klasifikasi modern karena tujuan, tugas, dan lapangan usaha BKI tidak lagi hanya terbatas pada bidang klasifikasi kapal tetapi juga mencakup bidang non klasifikasi. Dengan demikian perusahaan bisa lebih terstruktur, kompleks, dan spesifik dalam mengembangkan, meningkatkan, dan memajukan semua bidang usaha maritim baik dibidang perkapalan maupun pelayaran. Sebagai Badan Klasifikasi yang independen dan mengatur diri sendiri, BKI tidak memiliki kepentingan terhadap aspek komersial terkait dengan desain kapal, pembangunan kapal, kepemilikan kapal, operasional kapal, manajemen kapal, perawatan/perbaikan kapal, asuransi atau persewaan. BKI didirikan untuk menghemat devisa Negara bagi layanan inspeksi kapal-kapal nasional dan mendukung kemandirian dunia industri maritim Indonesia. Melalui dukungan kerjasama dengan Germansicher Lloyd, German, BKI saat ini telah menjadi sebuah badan klasifikasi nasional yang besar. Hingga saat ini, selain kegiatan usaha klasifikasi, BKI juga mengembangkan kegiatannya di bidang jasa Konsultansi dan Supervisi. Berkantor pusat di Jakarta, BKI memiliki jaringan kantor cabang di pelabuhan besar seluruh Indonesia dan Singapura. Selain itu BKI juga memiliki kerjasama dengan Badan Klasifikasi Asing, baik dalam bentuk *Mutual Representative* maupun *Dual Class*.

METODE

Pada tahap awal ini dilakukan identifikasi permasalahan yang ada untuk memperoleh rumusan masalah beserta tujuan dari permasalah yang ada. Studi literatur dilakukan yaitu dengan mengumpulkan beberapa referensi dari penelitian terdahulu, jurnal serta internet guna mendapatkan dasar teori yang akan digunakan untuk menyelesaikan skripsi kali ini. Pada tahap pengumpulan data ini dilakukan pengumpulan beberapa data diantaranya: *Lines plan, drawing general arrangement*, dan juga 2 *rules* perhitungan konstruksi dari

BKI *rules* dan RINA *rules*. Setelah pengumpulan data kemudian dilakukan perhitungan konstruksi berdasarkan 2 *rules* yaitu Biro Klasifikasi Indonesia dan *Registro Italiano Navale* dengan menghitung konstruksi dari lambung kapal sekaligus menghitung kekuatan memanjang kapal berdasarkan *rules* dengan bantuan *software marspeed.* Selanjutnya dilakukan perhitungan total berat yang di dapatkan setelah melakukan perhitungan konstruksi, jadi semua komponen konstruksi dihitung berapa beratnya mulai dari *profile* yang menempel pada *deck*, *bottom, side*, serta *web frame*, *bulkhead* dan komponen yang lain sehingga dapat dibandingkan total berat konstruksi antara BKI *rules* dengan RINA *rules*. Pada tahap akhir, yang dimana dilakukan penarikan kesimpulan dari proses yang telah dilakukan secara keseluruhan akan diketahui mana *rules* yang lebih berat serta mana *rules* yang lebih ringan berdasarkan dari hasil perhitungan total *berat* yang telah dilakukan sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses perhitungan konstruksi kapal *(midship section)* membutuhkan beberapa data seperti: ukuran utama kapal, lines plan, dan gambar rencana umum. Setelah semua data terkumpul baru bisa dilakukan proses perhitungan konstruksi mulai dari penentuan material faktor, *design load,* hingga perhitungan modulus *profile*, sehingga diperoleh nilai minimal kebutuhan modulus yang dibutuhkan. Perihal kekuatan kapal bisa dilakukan atau dihitung melalui rumus perbandingan antara nilai σ_{bl} tegangan yang terjadi pada kapal dengan nilai σ_p tegangan pada material, syaratnya nilai tegangan σ_{bl} tidak boleh melebihi nilai tegangan σ_p. Formula ini berdasarkan aturan class yang dipakai yaitu BKI *rules* dengan RINA *rules.* Setelah proses perhitungan konstruksi *profile* dan *longitudinal strength* selesai, kemudian dilakukan perhitungan berat konstruksi kapal tersebut dan dikomparasikan antara berat kapal berdasarkan BKI *rules* dengan berat kapal hasil perhitungan RINA *rules.* Sehingga dapat diketahui aturan mana yang memiliki berat yang lebih ringan.

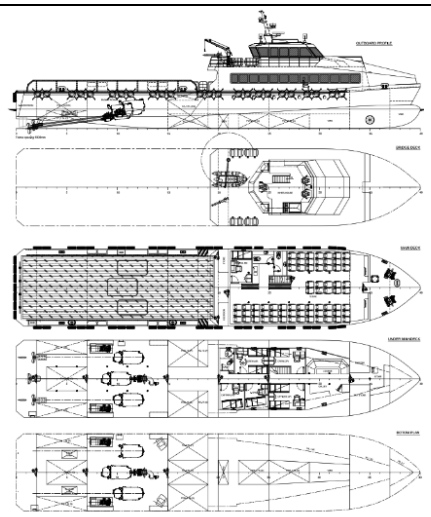
A. *Principal Dimension & General Arrangement*

Objek dari penelitian ini dilakukan pada kapal aluminium *crewboat* dengan ukuran utama kapal sebagai berikut:

Tabel 1. *PRINCIPAL DIMENSION*

Scantling length (L)	39,98 m
length (L)	40,00 m
Breadth (B)	7,60 m
Breadth on LWL (Bw)	6,99 m
Depth (D)	3,65 m
Draught (T)	1,90 m
Displacement (Δ)	266,72 ton
Coefficient block (C_B)	0,46
Service speed (V)	25,00 knots
Frame spacing	1,00 m

(a)



(b)

Gambar 1. a) Ukuran utama kapal, b) General Arrangement

Keterangan diatas merupakan data ukuran utama kapal dan gambar rencana umum. Data ini menjadi kunci untuk memulai proses perhitungan konstruksi kapal.

Perhitungan Konstruksi dan Perancangan *Profile*

Perhitungan konstruksi dan perancangan *profile* yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan aturan RINA *rules* dan BKI *rules*. Jenis konstruksi yang digunakan pada kapal ini menggunakan sistem konstruksi campuran. Untuk mengetahui berapa ukuran *profile* yang digunakan pada kapal, harus diketahui terlebih dahulu berapa nilai modulus minimal dari formula yang ada pada *rules*. Setelah batas minimal nilai modulus

yang harus dipenuhi diketahui, maka pemilihan atau perancangan ukuran *profile* didapatkan dengan acuan pada tabel katalog ukuran *profile* yang tersedia pada vendor. Untuk memperoleh nilai modulus yang dibutuhkan terdapat beberapa perhitungan yang harus dilakukan, diantaranya:

1) Material faktor K untuk bahan *aluminium alloy*
2) Perhitungan Beban Lokal
3) Perhitungan Beban pada Geladak
4) Perhitungan Tekanan pada Struktur Tanki
5) Perhitungan Tekanan pada Sekat *Subdivisi*
6) Kekuatan memanjang (*Longitudinal Stregth*)
7) Perhitungan Tebal Pelat

Setelah melakukan tahapan perhitungan konstruksi diatas dengan acuan *rules* yang berlaku, maka terakhir melakukan perhitungan modulus profil dan *primary supporting member* dengan formula dan acuan berdasarkan *rules* section 3 *Structures.*

a) *Ordinary Stiffener*

Berikut ini modulus minimal dari tiap komponen konstruksi kapal.

Registro Italiano Navale (RINA)

Bottom Long. Stiff.	
Frame	20
X/L	0,500
Z-req	34,422
At-req	3,213
Profile	63.5x63.5x6 T
Z-Actual	44,08
At-Actual	7,62

Side Long. Stiff.	
Frame	20
X/L	0,500
Z-req	17,906
At-req	1,086
Profile	50.8x50.8x4.5 T
Z-Actual	23,72
At-Actual	4,57

Deck Long. Stiff	
Frame	20
X/L	0,500
Z-req	1,591
At-req	0,114
Profile	40x40x4 T
Z-Actual	11,670
At-Actual	3,040

Bulkhead Stiff	
Frame	20
X/L	0,500
Z-req	20,204
At-req	1,047
Profile	63.5x63.5x6 T
Z-Actual	44,800
At-Actual	7,620

Gambar 2. Ordinary Stiffener RINA Rules

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)

Bottom Long. Stiff.	
Frame	20
X/L	0,500
Z-req	32,848
At-req	3,066
Profile	76.2x6+50.8x6 T
Z-Actual	48,920
At-Actual	7,620

Side Long. Stiff.	
Frame	20
X/L	0,500
Z-req	15,330
At-req	1,076
Profile	63.5x63.5x6 T
Z-Actual	44,800
At-Actual	7,620

Deck Long. Stiff	
Frame	20
X/L	0,500
Z-req	11,367
At-req	0,798
Profile	50,8x50,8x6 T
Z-Actual	26,250
At-Actual	6,100

Bulkhead Stiff	
Frame	20
X/L	0,500
Z-req	28,192
At-req	0,958
Profile	63.5x63.5x6 T
Z-Actual	44,800
At-Actual	7,620

Gambar 1. Ordinary Stiffener BKI Rules

b) *Primary Supporting Members*

Registro Italiano Navale (RINA)

Bottom Transv.	
Frame	20
X/L	0,500
Z-req	510,740
At-req	16,552
Profile	250x8+100x10 T
Z-Actual	530,750
At-Actual	30,000

Side Transv.	
Frame	20
X/L	0,500
Z-req	121,633
At-req	3,903
Profile	200x6+80x8 T
Z-Actual	260,560
At-Actual	18,400

Deck Transv.	
Frame	20
X/L	0,500
Z-req	173,394
At-req	6,743
Profile	150x6+100x8 T
Z-Actual	197,380
At-Actual	17,000

Center Girder	
Frame	20
X/L	0,500
Z-req	561,439
At-req	5,675
Profile	500x10+100x10 T
Z-Actual	1908
At-Actual	60

Deck Girder	
Frame	20
X/L	0,500
Z-req	325,115
At-req	5,057
Profile	250x6+100x10 T
Z-Actual	467,190
At-Actual	25,000

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)

Bottom Transv.	
Frame	20
X/L	0,500
Z-req	423,670
At-req	11,956
Profile	280x8+100x10 T
Z-Actual	624,940
At-Actual	32,400

Side Transv.	
Frame	20
X/L	0,500
Z-req	181,143
At-req	5,296
Profile	200x6+80x8 T
Z-Actual	260,560
At-Actual	18,400

Deck Transv.	
Frame	20
X/L	0,500
Z-req	231,071
At-req	6,912
Profile	200x6+80x8 T
Z-Actual	260,560
At-Actual	18,400

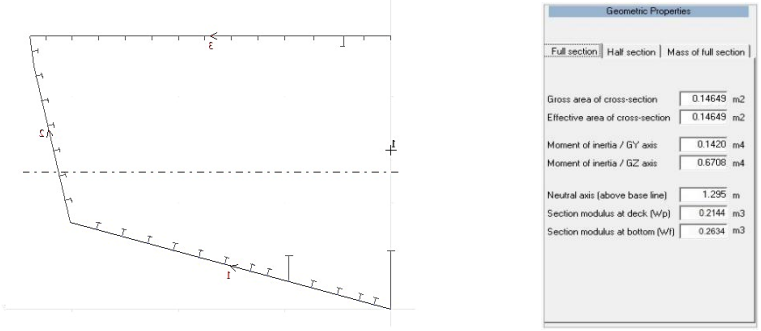
Center Girder	
Frame	20
X/L	0,500
Z-req	621,746
At-req	15,941
Profile	16 PL+100x16 FB
Z-Actual	1326,10
At-Actual	77,60

Deck Center Girder	
Frame	20
X/L	0,500
Z-req	191,420
At-req	7,444
Profile	250x6+100x10 T
Z-Actual	467,190
At-Actual	25,000

Gambar 3. Primary Supporting Member BKI

Perhitungan *Longitudinal Strength*

Untuk perhitungan kekuatan kapal secara keseluruhan (memanjang dan melintang) menggunakan *longitudinal strength*. Dalam hal ini untuk mengetahui kekuatan kapal dilakukan analisa *longitudinal strength* dan menggunakan *software marspeed* untuk mengatahui nilai total modulus *bottom* dan *deck* sehinnga didapatkan hasil:



Gambar 6. *Section modulus bottom and deck*

Maksud dari gambar diatas yaitu proses analisa modulus secara otomatis menggunakan *software marspeed.* Dimana pada keterangan diatas nilai modulus *section* pada geladak sebesar 0,2634 m^3 dan pada alas kapal sebesar 0,2144 m^3. Nilai modulus ini kemudian menjadi faktor pembagi nilai momen lentur akibat beban air tenang, beban akibat gelombang, dan beban benturan yang terjadi pada kapal. Sebelum melakukan pembagian, harus kita hitung dahulu nilai total *bending moment* dengan formula yang terdapat pada *rules.*

$$M_{blH} = M_{blS} = 0{,}55 \,.\, \Delta \,.\, L \,.\, (C_B + 0{,}7).(1 + \ a_{CG})$$

Sehingga didapatkan nilai M_{blH} = 12199 kN.m (untuk RINA *rules*) dan M_{blH} = 12635,14 kN.m (untuk BKI *rules*). Setelah diketahui nilai total modulus *deck & bottom* dan nilai total *bending moment*, maka formula *longitudinal strength* dapat dihitung.

$$\sigma_{bl} = \frac{M_{bl}}{W_b} \,.\, 10^{-3}$$

Sehingga dioperoleh hasil yang bisa dilihat pada tabel yang sudah dirangkum

BKI *Rules*					
Area	W	M_{blH}	σbl	σp	*Longidunial Strength*
	m3	kN.m	N/mm2	N/mm2	σbl < σp
Bottom	0,2144	12635,14	58,933	80,5	*memenuhi*
Deck	0,2634	12635,14	47,969	80,5	*memenuhi*

RINA *Rules*					
Area	W	M_{blH}	σbl	σp	*Longidunial Strength*
	m3	kN.m	N/mm2	N/mm2	σbl < σp
Bottom	0,2144	12199	56,90	80,5	*memenuhi*
Deck	0,2634	12199	46,31	80,5	*memenuhi*

Gambar 7. Longitudinal strength

Hasil perhitungan longitudinal strength dapat terpenuhi apabila hasil σbl tidak boleh melebihi σp, dimana nilai σp dihitung dari rumus 70 / K (alluminium alloy 6061) dan diperoleh nilai tegangan 80,5 N/mm^2. Jadi *profile* yang digunakan masih memenuhi perhitungan kekuatan kapal.

Perhitungan dan Perbandingan berat konstruksi

Estimasi perbandingan berat konstruksi dan kebutuhan material area *main hull* dilakukan berdasarkan dari perhitungan profil RINA *rules* dan BKI *rules*. Dengan perhitungan berat, dapat disimpulkan *rules* mana yang memiliki berat konstruksi yang lebih ringan dan yang lebih berat. Oleh karena itu, metode MTO *(material take off)* yang digunakan dengan mendata setiap profil yang terpasang pada setiap *frame section, longitudinal section*, dan *bulkhead section, deck plan*, pada gambar *approval*. Sebagai catatan perhitungan berat kapal hanya dilakukan pada area *midship* kapal mulai dari *frame* 15 hingga *frame* 25 sehingga didapatkan hasil perbandingan berat konstruksi sebagai berikut:

		MATERIAL LIST			Date 30/01/2024		
					Doc No. : -		
		PD-HULL CONSTRUCTION			Issued By : Khoiruddin		
Project :	ALUMINIUM CREW BOAT 40M	Reff:	PD-A-10-005		Revision : 0		
No. Proj :	L149	ASSEMBLY DRAWING			Page : 1	Block : HULL	
Registro Italiano Navale (RINA)							
No.	**Type**	**Dimension**	**Qty**	**Satuan**	**Weight /Pcs(kg)**	**Useful Weight (kg)**	**Remark**
1	Profile Aluminium	FB50x5	3	pcs	4,05	9,77	1 Pcs= 6000 mm
2	Profile Aluminium	FB60x8	3	pcs	7,78	17,76	1 Pcs= 6000 mm
3	Profile Aluminium	FB65x8	4	pcs	8,42	25,71	1 Pcs= 6000 mm
4	Profile Aluminium	FB80x6	3	pcs	7,78	21,93	1 Pcs= 6000 mm
5	Profile Aluminium	FB80x8	9	pcs	10,37	87,83	1 Pcs= 6000 mm
6	Profile Aluminium	FB100x8	14	pcs	12,96	169,94	1 Pcs= 6000 mm
7	Profile Aluminium	FB100x10	8	pcs	16,20	121,01	1 Pcs= 6000 mm
8	Profile Aluminium	FB100x16	2	pcs	25,92	43,20	1 Pcs= 6000 mm
9	Profile Aluminium	T40x40x4	20	pcs	4,92	94,39	1 Pcs= 6000 mm
10	Profile Aluminium	T 50,8x50,8x4,5	65	pcs	7,41	477,36	1 Pcs= 6000 mm
11	Profile Aluminium	63.5x63.5x6 T	116	pcs	12,34	1431,80	1 Pcs= 6000 mm
12	Profile Aluminium	76.2x76.2x6 T	2	pcs	14,81	17,13	1 Pcs= 6000 mm
13	Profile Aluminium	H 120x80x6/8	1	pcs	30,84	8,47	1 Pcs= 6000 mm
14	Profile Aluminium	Ø 114 X 6 mm PILAR	2	pcs	38,25	38,47	1 Pcs= 6000 mm
15	Plate Aluminium	6000x2000x4 mm	5	pcs	129,60	540,00	
16	Plate Aluminium	6000x2000x5 mm	21	pcs	162,00	3333,09	
17	Plate Aluminium	6000x2000x6 mm	3	pcs	194,40	566,07	
18	Plate Aluminium	6000x2000x8 mm	8	pcs	259,20	2006,86	
19	Plate Aluminium	6000x2000x16 mm	1	pcs	518,40	179,44	
TOTAL (KG)						**9190,23**	
TOTAL (TON)						**9,19**	

Gambar 8 *Weight calculation of* RINA

		MATERIAL LIST			Date 30/01/2024		
					Doc No. : -		
		PD-HULL CONSTRUCTION			Issued By : Khoiruddin		
Project :	ALUMINIUM CREW BOAT 40M	Reff:	PD-A-10-005		Revision : 0		
No. Proj :	L149	ASSEMBLY DRAWING			Page : 1	Block : HULL	
Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)							
No.	**Type**	**Dimension**	**Qty**	**Satuan**	**Weight /Pcs(kg)**	**Useful Weight (kg)**	**Remark**
1	Profile Aluminium	FB50x5	3	pcs	4,05	9,77	1 Pcs= 6000 mm
2	Profile Aluminium	FB60x8	3	pcs	7,78	17,76	1 Pcs= 6000 mm
3	Profile Aluminium	FB65x8	4	pcs	8,42	25,71	1 Pcs= 6000 mm
4	Profile Aluminium	FB80x6	3	pcs	7,78	21,93	1 Pcs= 6000 mm
5	Profile Aluminium	FB80x8	9	pcs	10,37	87,83	1 Pcs= 6000 mm
6	Profile Aluminium	FB100x8	14	pcs	12,96	169,94	1 Pcs= 6000 mm
7	Profile Aluminium	FB100x10	8	pcs	16,20	121,01	1 Pcs= 6000 mm
8	Profile Aluminium	FB100x16	2	pcs	25,92	43,20	1 Pcs= 6000 mm
10	Profile Aluminium	50.8x50,8x6 T	40	pcs	9,29	371,69	1 Pcs= 6000 mm
11	Profile Aluminium	63.5x63.5x6 T	117	pcs	12,34	1439,12	1 Pcs= 6000 mm
12	Profile Aluminium	76.2x76.2x6 T	2	pcs	14,81	17,13	1 Pcs= 6000 mm
12	Profile Aluminium	76,2x50,8x6 T	44	pcs	11,76	506,00	1 Pcs= 6000 mm
13	Profile Aluminium	H 120x80x6/8	1	pcs	30,84	8,47	1 Pcs= 6000 mm
14	Profile Aluminium	Ø 114 X 6 mm PILAR	2	pcs	38,25	38,47	1 Pcs= 6000 mm
15	Plate Aluminium	6000x2000x4 mm	5	pcs	129,60	540,00	
16	Plate Aluminium	6000x2000x5 mm	21	pcs	162,00	3333,09	
17	Plate Aluminium	6000x2000x6 mm	3	pcs	194,40	566,07	
18	Plate Aluminium	6000x2000x8 mm	8	pcs	259,20	2006,86	
19	Plate Aluminium	6000x2000x16 mm	1	pcs	518,40	179,44	
TOTAL (KG)						**9503,50**	
TOTAL (TON)						**9,50**	

Gambar 9 *Weight calculation of* BKI

KESIMPULAN

Berdasarkan penyusunan/perhitungan konstruksi miship section pada kapal aluminium crewboat yang sudah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: Berdasarkan analisa dan perhitungan yang telah dilakukan menggunakan BKI *rules* dan RINA *rules*, maka didapatkan hasil perhitungan konstruksi kapal *Crewboat* Aluminium *Vessel* 40 m dengan hasil yang berbeda. Perbedaan hasil perhitungan konstruksi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu koefisien-koefisien dan panjang *span* antar *stiffener* maupun *web*, dimana kedua faktor tersebut dapat mempengaruhi hasil dari nilai modulus antara kedua *rules* tersebut. Kemudian nilai dari batas maksimal tegangan material aluminium *alloy* 6061 untuk *profile* masih memenuhi dari segi kekuatannya dengan nilai 80,5 N/mm^2. Nilai tersebut masih melebihi dari nilai batas minimal tegangan yang dibutuhkan, untuk BKI *rules*: 58,933 N/mm^2 (*for bottom*); 47,969 N/mm^2 (*deck*). Untuk RINA *rules* sendiri: 56,90 N/mm^2 (*for bottom*); 46,31 N/mm^2 (*for deck*). Ukuran *profile* dapat berbeda antar *rules* disebabkan oleh perbedaan besar kecilnya nilai modulus yang diperoleh dari perhitungan. Oleh karena itu perbedaan ukuran *profile* dapat menghasilkan berat konstruksi yang berbeda pula. Dari hasil perhitungan berat yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil perhitungan berat berdasarkan BKI *rules area midship* sebesar 9.504 ton dan berdasarkan RINA *rules area midship* sebesar 9.190 ton. Dari kedua hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa RINA *rules* menghasilkan berat konstruksi yang lebih ringan dibandingkan BKI *rules*. Selisih dari perbandingan berat konstruksi kapal *Crewboat* Aluminium *Vessel* 40m dengan berdasarkan BKI *rules* dan RINA *rules* adalah 0,313 ton.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Putra Freesky M., A., (2016). *Analisa Teknis dan Ekonomis Pembangunan Industri Manufaktur Bangunan Lepas Pantai di Jawa Timur.* FTK-Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

[2] Yandecantya Ndaru, (2015), *Modifikasi Sistem Kelistrikan Kapal Offshore Crewboat Akibat Perubahan Penggerak Bow Thruster Dari Motor Hidrolik Pto Engine Menjadi Penggerak Motor Elektrik*, ITS Surabaya.

[3] Kustiawan Aris, (2016). *Analisis Teknis Dan Ekonomis Pengaruh Pemindahan Ruang Penumpang Dari Depan Kebagian Belakang Terhadap Stabilitas Kapal*. Institut Teknologi Adhitama Surabaya.

[4] Indra, D., K., dan Sofi'I, M., (2008). *Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid I*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.

[5] Hakim Fauzan A, (2022). *Analisia Perbandingan Berat Konstruksi Kapal Crewboat Aluminium Vessel 40m Berdasarkan BV Rules dan RINA Rules.* Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Surabaya.

[6] Sulaiman, M. R., Basuki, M., & Pranatal, E. (2018, September). PERBANDINGAN PENGGUNAAN ANGLE BAR DAN FLAT BAR PADA HARBOUR TUGS 3200HP DI PT BATAMEC SHIPYARD MENGGUNAKAN RUMUS EMPHIRIS DENGAN STANDART ABS. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (pp. 27-34).

[7] Rachman Aditya, (2018). *Perancangan Aplikasi Perhitungan dan Optimisasi Konstruksi Profil pada Midship Kapal Berdasar Rule Biro Klasifikasi Indonesia.* Jurnal Teknik ITS Vol. 7, No.1. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

[8] RINA. (2015). *Rules for the Classification of Workboats*. *January*, 1–304.

[9] Yolanda Randy A.P., (2022). *Peranan PT. Biro Klasifikasi Indonesia (Persero) Sebagai Badan Klasifikasi Milik Perusahaan Negara Indonesia.* Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Indonesia (STEIN). Jakarta.

[10] Amalia, I., W., Alamsyah., dan Nova, A., D., (2020), *Analisis Pengaruh Jarak Gading Terhadap Kekuatan Memanjang Kapal Ferry Ro-Ro 5000 Gt.* Jurnal Teknologi Terpadu. 8 Vol. 2. Institut Teknologi Kalimantan

[11] Biro Klasifikasi Indonesia. (2022). *Rules for the Classification of High-Speed Craft*.