



2580-2798 (e)
2588-6225 (p)

Inovtek Polbeng: Jurnal Inovasi Teknologi Politeknik Negeri Bengkalis
(Bengkalis State Polytechnic Technology Innovation Journal)

journal homepage: <https://jurnal.polbeng.ac.id/index.php/IP/index>

DESAIN KONTRUKSI KAPAL RISET POLBENG BERBAHAN DASAR PLASTIK HDPE

Jamal¹⁾, Budhi Santoso¹⁾, Siswandi B¹⁾, Romadhoni¹⁾, Muhammad Sidik Purwoko¹⁾, Jupri¹⁾, Juanda²⁾, Karmizi Saputra³⁾, Defi Imelda³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis, Indonesia 28734

²⁾Perusahaan Desain dan Pembangunan Kapal Fiberglass, CV. Fatih Bahari Engineering, Bengkalis, Indonesia 28734

³⁾Mahasiswa, Jurusan Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis, Indonesia 28734

Corresponding Author: jamal@polbeng.ac.id

Article Info

Abstract

Keywords:

Kapal Riset Polbeng, Konstruksi Kapal Plastik, Plastik HDPE

Article history:

Received: 31/10/24

Last revised: 26/11/24

Accepted: 26/11/24

Available online: 27/11/24

Published: 30/11/24

DOI:<https://10.35314/be6y5813>

Abstrak

Kapal Riset Polbeng merupakan kapal milik Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis yang dirancang dengan material plastik High-Density Polyethylene (HDPE). Material ini dipilih karena memiliki keunggulan seperti daya tahan tinggi terhadap korosi, kelenturan, serta kemampuan menyerap energi benturan. Penggunaan HDPE dalam konstruksi kapal tergolong inovasi baru, sehingga diperlukan perhitungan yang teliti dan desain konstruksi yang matang untuk memastikan kekuatan serta stabilitas kapal dalam berbagai kondisi operasional. Oleh karena itu, perancangan kapal ini mengacu pada peraturan yang diterbitkan oleh Det Norske Veritas (DNV) dan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) untuk memastikan kapal memenuhi standar keselamatan dan keandalan. Dalam proses perancangan, hasil perhitungan menunjukkan bahwa ketebalan lambung kapal yang dibutuhkan adalah 10 mm, dan seluruh bagian konstruksi lambung kapal menggunakan pelat dengan ketebalan yang sama. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan homogenitas struktur dan menyederhanakan proses fabrikasi. Sistem kekuatan memanjang kapal dirancang dengan dilengkapi center girder dan side girder yang ditempatkan pada bagian dasar kapal. Selain itu, perancangan struktur lambung juga mempertimbangkan distribusi gaya hidrostatik dan hidrodinamik saat kapal beroperasi. HDPE, sebagai material utama, memberikan keuntungan berupa perawatan yang lebih mudah dan biaya operasi yang lebih rendah dibandingkan material tradisional seperti baja atau aluminium. Namun, tantangan utama yang dihadapi adalah proses penyambungan material HDPE yang memerlukan teknik khusus seperti pengelasan termoplastik. Oleh karena itu, integrasi desain dan teknik fabrikasi yang sesuai menjadi elemen penting dalam pembangunan Kapal Riset Polbeng untuk memastikan efisiensi dan keberlanjutan operasional kapal ini di masa depan

Abstract

The Polbeng Research Vessel is owned by the Naval Architecture Department of Politeknik Negeri Bengkalis and is designed using High-Density Polyethylene (HDPE) plastic material. This material was chosen due to its superior properties, such as high resistance to corrosion, flexibility, and excellent energy absorption during impact. The use of HDPE in ship construction is considered a novel innovation, requiring meticulous calculations and a well-thought-out design to ensure the vessel's strength and stability under various operational conditions. To achieve this, the vessel's design adheres to regulations issued by Det Norske Veritas (DNV) and the Indonesian Classification Bureau (BKI) to ensure it meets safety and reliability standards. During the design process, calculations indicated that the required hull thickness is 10 mm, with all sections of the hull construction utilizing plates of the same thickness. This uniformity enhances structural homogeneity and simplifies the fabrication process. The longitudinal strength system of the vessel is designed with a combination of a center girder and side girders, which are placed at the base of the vessel. Furthermore, the hull structure design also takes into account the distribution of hydrostatic and hydrodynamic forces during operation. HDPE, as the primary material, offers several advantages, including easier maintenance and lower operational costs compared to traditional materials like steel or aluminum. However, a significant challenge lies in the

joining process of HDPE, which requires specialized techniques such as thermoplastic welding. Therefore, the integration of precise design and appropriate fabrication techniques is a critical component in the construction of the Polbeng Research Vessel. This approach ensures both the efficiency and sustainability of the vessel's operations, supporting its long-term use in various research activities.

1. PENDAHULUAN

Kapal Riset polbeng merupakan jenis kapal penelitian dan kapal latih yang akan di gunakan di Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis. Kapal ini dirancang dengan material dasar dari bahan plastik *High-Density Polyethylene* (HDPE). Material HDPE ini dikenal karena sifatnya yang kuat, ringan, dan tahan korosi [1]. HDPE adalah jenis polimer termoplastik yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi industri karena ketahanannya terhadap air, bahan kimia, dan suhu ekstrim. Beberapa keunggulan kapal plastik HDPE antara lain [1, 2, 3]: (i) Tahan Korosi: Tidak seperti kapal logam yang mudah berkarat, kapal HDPE tidak terpengaruh oleh air laut atau bahan kimia. (ii) Ringan: Bahan ini lebih ringan dibandingkan logam atau kayu, membuat kapal lebih mudah dikendalikan dan lebih hemat energi. (iii) Tahan Lama: HDPE memiliki umur pakai yang panjang, dengan daya tahan yang baik terhadap cuaca ekstrem, sinar UV, dan benturan fisik. (iv) Perawatan Rendah: Tidak memerlukan banyak perawatan dibandingkan kapal dari bahan lain, karena tidak ada risiko karat atau pembusukan. (v) Ramah Lingkungan: HDPE dapat didaur ulang, menjadikannya pilihan yang lebih berkelanjutan. Selain itu keunggulan plastic HDPE inmudah di bentuk dalam pembangunan sebuah kapal [4, 5].

Kapal HDPE adalah kapal yang terbuat dari material thermoplastic. Produksi kapal polietylene densitas tinggi memiliki dua metode utama, yaitu metode rotating molding dan metode pengelasan. Metode rotating molding merupakan metode pertama yang digunakan untuk memproduksi kapal polietylene. Penggunaan cetakan berbahan pelat baja yang nantinya akan dipanaskan dan diputar, hal tersebut bertujuan agar bijih plastik yang telah meleleh dapat menempel dipermukaan cetakan. Metode kedua adalah metode dengan pengelasan. Ada tiga jenis utama dari pengelasan HDPE, Butt Welding, Tack Welding dan Extrusion Welding [6]. Pengelasan plastik adalah salah satu metode penyambungan termoplastik yang paling umum digunakan dan merupakan yang terbaik dalam penyambungan plastik. Teknik dalam pengelasan ini adalah melelehkan logam dasar dengan batang pengelasan plastik, sehingga dapat mencair bersama ketika dingin. Dalam pengelasan plastik, pengelasan sambungan punggung (butt fusion welding) telah lama sangat populer untuk pengelasan industri plastik polietilena [7].

Kapal dari bahan HDPE banyak digunakan untuk keperluan transportasi, perikanan, patroli, pariwisata, serta operasi di lingkungan perairan yang menantang, seperti sungai, danau, dan laut lepas. Penggunaan kapal sebagai sarana transportasi air dan alat bantu dalam industri perikanan maupun pariwisata memegang peranan penting dalam perekonomian maritim. Pada umumnya, bahan baku pembuatan kapal tradisional menggunakan kayu, baja, atau aluminium. Namun, setiap bahan tersebut memiliki keterbatasan, terutama dalam hal ketahanan terhadap korosi, perawatan, dan biaya produksi yang cukup tinggi [8]. Hal ini mendorong inovasi dalam penggunaan material alternatif yang lebih efisien dan ekonomis, salah satunya adalah *High-Density Polyethylene* (HDPE).

HDPE merupakan bahan termoplastik yang dikenal dengan sifat mekaniknya yang unggul, seperti tahan benturan, korosi, dan bahan kimia, serta memiliki masa pakai yang lama. Bahan ini juga ringan, mudah dibentuk, dan memerlukan perawatan minimal, menjadikannya bahan yang ideal untuk konstruksi kapal. Seiring dengan meningkatnya tuntutan akan kapal yang lebih efisien dan ramah lingkungan, desain kapal berbahan HDPE semakin menarik perhatian para peneliti dan industri. Beberapa kajian telah menunjukkan bahwa kapal berbahan HDPE memiliki potensi yang sangat baik

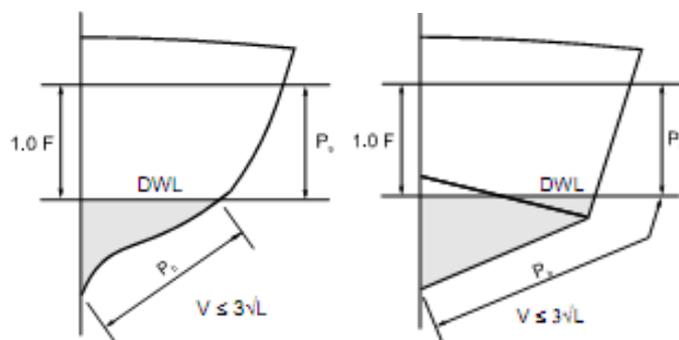
dalam hal efisiensi operasional, terutama dalam perikanan dan transportasi perairan. Kapal HDPE lebih ekonomis dalam hal biaya perawatan dan lebih tahan lama dibandingkan dengan kapal berbahan tradisional. Selain itu, sifat HDPE yang tahan terhadap paparan sinar *Ultra violet* (UV) dan suhu ekstrem menjadikannya pilihan yang tepat untuk kapal yang dioperasikan di perairan tropis maupun wilayah dengan kondisi cuaca yang keras. Namun, meskipun memiliki banyak keunggulan, penelitian tentang desain konstruksi kapal HDPE masih perlu dikembangkan lebih lanjut, terutama terkait dengan optimasi bentuk lambung, stabilitas, dan efisiensi hidrodinamis. Faktor-faktor seperti ketebalan material, sambungan antarbagian, serta metode fabrikasi juga harus diperhitungkan agar kapal yang dihasilkan tidak hanya kuat dan tahan lama, tetapi juga efisien secara operasional. Dengan latar belakang ini, penelitian tentang desain konstruksi kapal plastik HDPE memiliki urgensi yang tinggi dalam rangka memenuhi kebutuhan akan kapal yang lebih efisien, tahan lama, dan ramah lingkungan. Desain yang optimal tidak hanya akan meningkatkan performa kapal di perairan, tetapi juga menekan biaya operasional serta memberikan kontribusi signifikan dalam upaya pengurangan penggunaan material konvensional yang berdampak buruk pada lingkungan. Desain dan analisis struktur kapal merupakan salah satu bidang penelitian ilmiah yang selalu memiliki peran sangat penting dan terus berkembang secara aktif [9, 10]. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan struktur kapal yang lebih andal, guna meminimalkan risiko terjadinya kecelakaan akibat kegagalan struktur yang dapat membahayakan keselamatan pelayaran.

2. METODE

Beberapa dampak lingkungan dapat menyebabkan kerusakan tekuk akibat torsi pada struktur, ini salah satu penyebab utama kegagalan struktur kapal. Hal ini berpotensi mengancam keselamatan manusia, ekonomi, dan lingkungan. Hal ini pentingnya perhitungan konstruksi kapal agar memberikan keselamatan bagi kapal dan penumpang [11]. Pada penelitian ini *rule class* kapal yang digunakan yaitu Biro Klasifikasi Indonesia [12] dan *Det Norske Veritas* dan Turk Loydu [13, 14]. Dalam melakukan perhitungan kekuatan struktur kapal terdapat beberapa langkah yang dilakukan, adapun langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

2.1 Perhitungan Beban

Perhitungan beban untuk kapal kecil lebih kearah pada tekanan yang terjadi pada lambung kapal yaitu tekanan pada *shell bottom* dan tekanan pada *shell side* kapal [12]. Tekanan shell bottom terletak di bawah garis air sedangkan tekanan shell side terletak di atas garis air, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 1**.



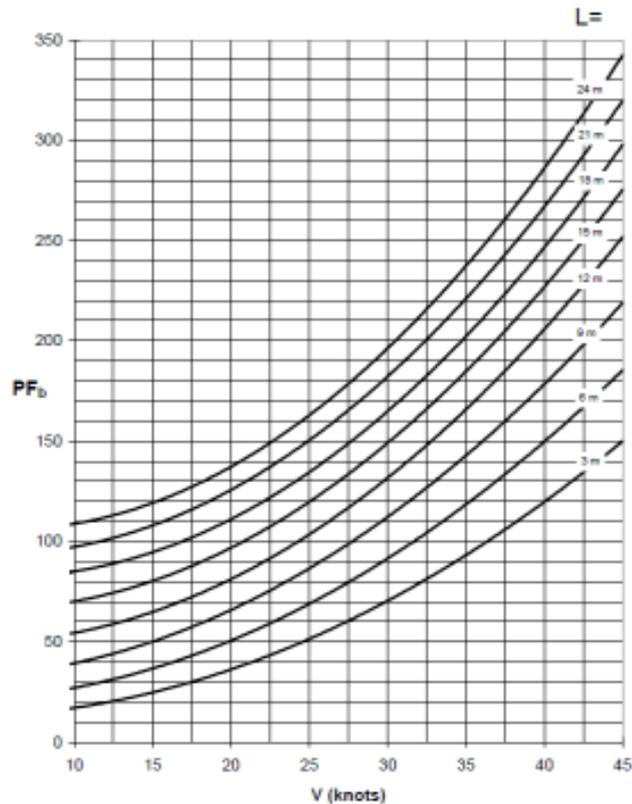
Gambar 1. Ilustrasi Pembebanan pada badan kapal

2.1.1 Tekanan pada *Shell Bottom*

Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia [12] tentang kapal penumpang dibawah 24 meter mengatur tentang tekanan pada *shell bottom* (P_{dBm}), sesuai formula pada Persamaan (1) dan (2). Dimana L pada persamaan tersebut adalah panjang konstruksi kapal

$$P_{dBm} = 2,7 L + 3,29 \quad [kN/m^2] \quad \text{untuk } \geq 0,4 L : \textit{Fore} \quad (1)$$

$$P_{dBm} = 2,16 L + 2,63 \quad [kN/m^2] \quad \text{untuk } < 0,4 L : \textit{aft} \quad (2)$$



Gambar 2. Grafik *pressure factor for bottom* (PF_b) [5, 6]

Dalam peraturan *Det Norske Veritas* [13] dan *Turk loydu* [14] tentang aturan sementara pada *Polyethylene Crafts* ditetapkan *pressure factor for bottom* (PF_b) sebagai besaran tekanan yang terjadi pada *shell bottom*. Untuk menentukan besarnya tekanan yang terjadi dapat dilihat menggunakan grafik pada Gambar 1. Dari grafik Gambar 1 tersebut dapat digunakan untuk menetapkan tekanan yang terjadi pada lambung kapal dengan cara interpolasi. Berdasarkan 2 perbedaan beban pada bottom tersebut diambil nilai terbesar sebagai konsekuensi kekuatan kapal yang lebih maksimal.

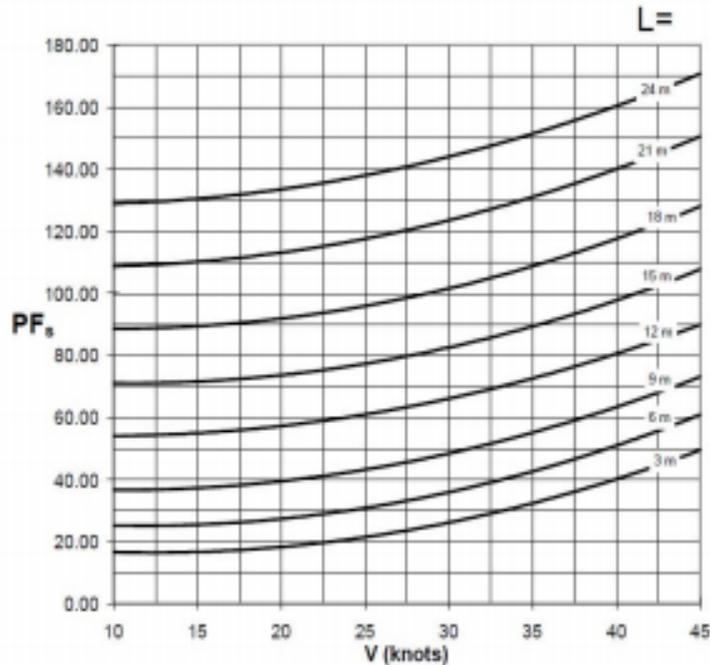
2.1.2 Tekanan pada *Shell Side*

Biro Klasifikasi Indonesia [2, 12] mengatur tentang tekanan pada *shell side* (P_{dSM}). Besarnya tekanan yang terjadi pada lambung kapal dapat dihitung menggunakan formula pada Persamaan (3) dan (4).

$$P_{dSM} = 1,88 L + 1,76 \quad [kN/m^2] \quad \text{untuk } \geq 0,4 L : \textit{Fore} \quad (3)$$

$$P_{dSM} = 1,5 L + 1,41 \quad [kN/m^2] \quad \text{untuk } < 0,4 L : \textit{aft} \quad (4)$$

Dalam peraturan *Det Norske Veritas* dan *Turk Loydu* [13, 14] juga ditetapkan *pressure factor for side* (PF_s) sesuai dengan **Gambar 3**. Untuk mendapatkan besar atau kecilnya tekanan *pressure factor for side* (PF_s) di pengaruhi oleh kecepatan kapal dan panjang kapal yang didesain.



Gambar 3. Grafik *pressure factor for side* (PF_s) [5, 6]

2.2 Penetapan Jarak gading (a)

Jarak gading tidak memiliki aturan yang baku batas maksimum dan batas minimumnya tetapi aturan BKI [12] merekomendasikan dengan rumus pada Persamaan (5).

$$a = (350 + L) \text{ [mm]} \quad (5)$$

Dimana: a adalah jarak gading, dan L adalah panjang konstruksi kapal.

2.3 Tebal *Shell Bottom* (t_y)

Tebal *shell bottom* pada konstruksi kapal berbahan dasar plastik HDPE tidak diatur di dalam BKI akan tetapi terdapat pada *rule class DNV*. Perhitungan konstruksi dalam *rule class DNV* tersebut memiliki formula Persamaan (6) [15, 16].

$$T_y = k.s \sqrt{\frac{PF}{L}} (14 + 3,6 L) \text{ [mm]} \quad (6)$$

Dimana: k adalah 0.72 untuk material HDPE, dan s adalah *stiffener spacing* [m]

2.4 Tebal *Shell Side* (t_y)

Tebal *shell side* memiliki rumus yang sama dengan rumus mencari tebal *shell bottom*, namun pembebanan yang terjadi berbeda sehingga hasil yang didapatkan dapat berbeda.

2.5 Tebal *Inner Bottom* (t_i)

Tebal inner bottom yaitu 80% dari tebal pelat shell bottom, berikut ini formula yang diberikan oleh DNV Class (DNV, 2010) [13], sesuai Persamaan (7). Dimana t_y merupakan tebal *shell side*.

$$t_i = 0,8 t_y \quad [\text{mm}] \quad (7)$$

2.6 Tebal Sekat

Tebal sekat tidak diatur dalam peraturan *DNV*. Dalam desain ini tebal sekat di desain sama dengan tebal *shell bottom* (t_y) pada Persamaan (6).

2.7 Ukuran Gading

Tebal gading pada peraturan *DNV* diatur sama dengan tebal *shell bottom* namun lebar dari gadingnya tidak dijelaskan sehingga dalam perencanaan kapal ini ukuran gading utama

2.8 Ukuran Beam

Ukuran beam sama dengan ukuran gading

2.9 Ukuran Girder

Pada kapal ini ukuran deck girder dan bottom girder didesain sama ukurannya dengan ukuran gading utama

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

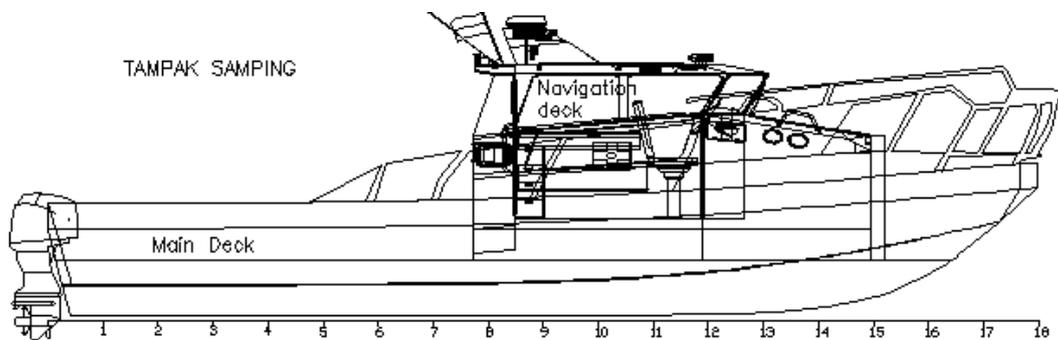
Perhitungan kekuatan struktur kapal harus memiliki standar batas minimum yang biasanya terdapat pada *rule class* kapal atau peraturan lainnya tentang keselamatan kapal. Perhitungan kekuatan struktur dan desain struktur tidak dapat dipisahkan, karena pekerjaan tersebut harus dilakukan bersamaan. Desain bentuk struktur yang ideal harus sesuai dengan karakteristik bahan, dengan demikian model kapal mudah dibentuk dan mudah dalam melakukan perhitungan kekuatan strukturnya

3.1 Ukuran Utama Kapal

Spesifikasi dan ukuran utama kapal sudah ditentukan sebelumnya. Data utama tersebut menentukan aturan *rule class* yang akan digunakan. Sesuai data utama kapal pada tabel 1.1 terlihat bahwa kapal tersebut termasuk kapal kecil yaitu dibawah 24 m sehingga *rule class* kapal yang digunakan harus untuk perhitungan struktur kapal kecil dibawah 24 m. Penentuan jarak gading adalah 500 mm sesuai dengan gambar Rencana Umum tampak pada samping.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal Riset Berbahan Plastik HDPE
KAPAL RISET POLBENG

Panjang LOA	9 meter
LWL	7,96 meter
Lebar B	2,2 meter
Tinggi H	1,2 meter
Daya Mesin	80 HP
Vs	20 knot



Gambar 4. Gambar Rencana Umum Kapal Riset Polbeng tampak samping

3.2 Hasil Perhitungan Konstruksi

Desain ukuran konstruksi kapal riset Polbeng sesuai dengan Tabel 2. Hasil ini sesuai dengan hitungan peraturan DNV dan BKI. Besarnya dimensi ukuran konstruksi kapal erat kaitannya dengan perhitungan beban kapal. Dimana untuk mendapatkan beban kapal ini dipengaruhi oleh kecepatan kapal dan panjang kapal.

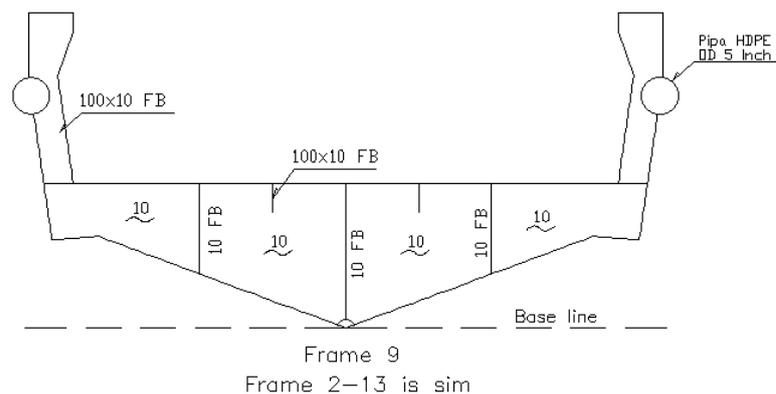
Tabel 2. Hasil Perhitungan Konstruksi Kapal

No	Keterangan	Posisi / letak	Hasil	Rule Class
1	Perhitungan Beban			
-	Shell Bottom (PdBM)	> 0,4 L : Fore	27,59 [kN/m ²]	BKI, 2021
-	Shell Bottom (PdBM)	< 0,4 L : aft	22,07 [kN/m ²]	BKI, 2021
-	pressure factor for bottom (PF)	Shell bottom	65 [kN/m ²]	BKI, 2021
-	Shell side (PdSM)	> 0,4 L : Fore	18,68 [kN/m ²]	BKI, 2021
-	Shell side (PdSM)	< 0,4 L : aft	14,91 [kN/m ²]	BKI, 2021
-	Pressure factor for bottom (PF)	Shell Side	40 [kN/m ²]	DNV & Turk Loydu

No	Keterangan	Posisi / letak	Hasil	Rule Class
2	Perhitungan Kontruksi			
-	Frame spacing	all	500 [mm]	BKI, 2021
-	Tebal shellbottom (ty)	bottom	10 [mm]	DNV & Turk Loydu
-	Tebal shellside (ty)	side	10 [mm]	DNV & Turk Loydu
-	Tebal inner bottom (ti)	all	10 [mm]	DNV & Turk Loydu
-	Tebal deck plate	all	10 [mm]	DNV & Turk Loydu
-	Tebal sekat	all	10 [mm]	DNV & Turk Loydu
-	Tebal Girder	all	10x100 [mm]	DNV & Turk Loydu
-	Tebal frame	all	10x100[mm]	DNV & Turk Loydu
-	Tebal Beam	all	10x100 [mm]	DNV & Turk Loydu

3.3 Desain Konstruksi Kapal HDPE

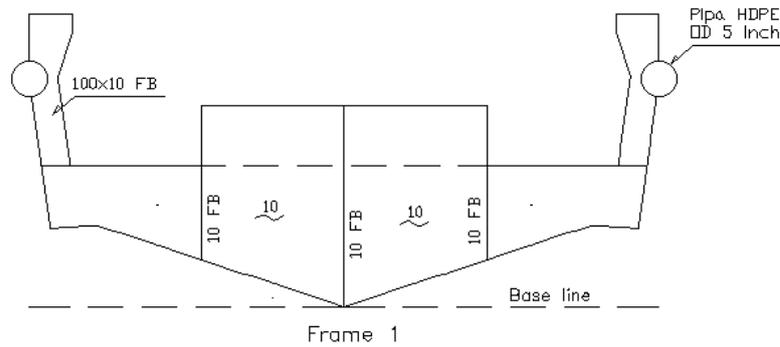
Desain kontruksi melintang dibedakan menjadi 3 yaitu untuk kontruksi bagian buritan dan *midship*, kontruksi haluan, dan kontruksi sekat-sekat. Berikut ini merupakan bentuk-bentuk kontruksi melintang kapal Riset berbahan dasar HDPE. Gambar 5 dan Gambar 6 merupakan desain gading-gading pada bagian buritan pada kapal riset Polbeng, dimana Gambar 5 merupakan desain gading kontruksi pada bagian buritan dan *midship* yang memiliki bentuk dan ukuran yang mirip dari *frame 2* sampai dengan *frame 13*. Namun sedikit berbeda pada *frame 0* dan *frame 1*, dimana pada *frame* ini di buat tangka bahan bakar sehingga memiliki kontruksi bagian *floor* yang kedap, seperti di tunjukkan pada Gambar 6.



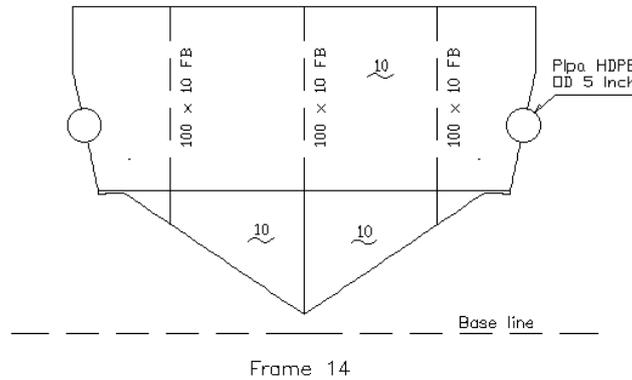
Gambar 5. Kontruksi pada Frame 9

Kontruksi sekat kedap terdapat pada *frame 14* sedikit berbeda bentuknya dengan desain gading-gading di bagian buritan, dimana pada kontruksi ini *side girder* paling luar tidak menembus ke *frame* ini. Sekat kedap ini juga di lengkapi dengan *stiffener* yang di pasang sejajar dengan *center girder* dan *side girder*, dengan ukuran flat bar 100 x 10 FB, seperti terlihat pada Gambar 7. Selanjutnya kontruksi haluan semuanya di buat sekat, namun tidak termasuk sekat kedap yang terlihat pada *frame 14*. Gambar kontruksi haluan untuk *frame 15-18* di buat mirip, terlihat pada Gambar 8. Kontruksi haluan

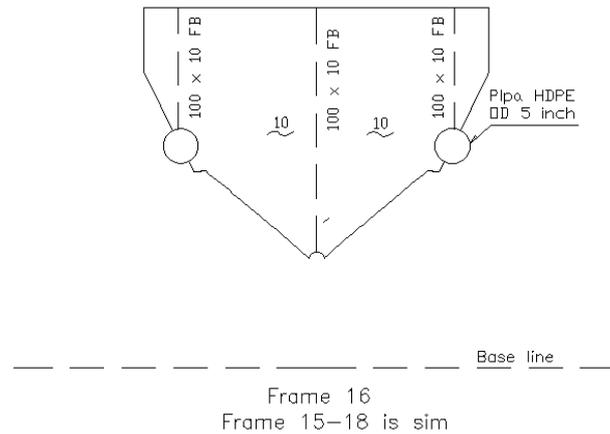
ini di perkuat dengan tujuan untuk menjaga kekuatan terhadap benturan gelombang pada saat kapal berjalan.



Gambar 6. Frame 1, tangki bahan bakar



Gambar 7. Sekat pada frame 14



Gambar 8. Gading utama pada frame 15-17 adalah mirip

4. KESIMPULAN

Telah dilakukan desain Kontruksi dan kekuatan kapal baik secara memanjang maupun secara melintang. Desain yang dirancang sudah sesuai dengan ketentuan *Det Norske Veritas* (DNV, 2010) tentang aturan sementara untuk jenis kapal *Polyethylene Crafts*. Hasil perhitungan didapatkan ukuran ketebalan lambung kapal masing-masing adalah 10 mm dan semua konstruksi lambung kapal juga menggunakan ketebalan pelat 10 mm. Kontruksi melintang kapal di bagi menjadi 3 bentuk yaitu

kontruksi bagian buritan, kontruksi sekat dan kontruksi haluan yang lebih diperkuat. Selanjutnya untuk kekuatan memanjang kapal di desain dengan dipasang *center girder* dan *2 side girder* yang di rancang pada bagian dasar kapal sepanjang kapal dari buritan hingga haluan

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang telah mendanai pembangunan Kapal Riset Polbeng dan penelitian ini melalui Dana Padanan Matching Fund 2024. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada CV. Fatih Bahari Engineering atas kerjasamanya dengan Politeknik Negeri Bengkalis dalam proses pembangunan Kapal Riset Polbeng.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BoatIndonesia, "Menciptakan Kapal Boat Seluruhnya dari Plastik High Density Polyethylene," 26 02 2014. [Online]. [Diakses 21 10 2024].
- [2] Jamal dan E. Haryanto, "Evaluasi Desain Kapal Pompong Berbahan Plastik High Density Polyethylene Secara Teknis Dan Regulasi," *Inovtek*, Vol. %1 dari %2Vol 6, No 1 (2016), 2016.
- [3] Sulaiman dan S. F. Khristyson, "Analisa Sambungan Groove Pada Pengelasan HDPE Sebagai Material Alternatif Konstruksi Kapal kayu Nelayan," *Inovtek Polbeng*, vol. 12, no. 1, 2022.
- [4] J. Jamal dan E. Haryanto, "Penetapan Bentuk Kapal Nelayan Berbahan Dasar Plastik High Density Polyethylene Diperairan Selat Malaka," *INOVTEK POLBENG*, vol. 7, no. 2, pp. 203-209, 2017.
- [5] Firmanda, Topan, Anggara, Sony dan M. R. Hariadi, "HDPE as a New Alternative Material for Small Boat Strength," *Proceeding iCAST-ES*, pp. 473-477, 2022.
- [6] I. P. A. Wibawa, R. A. I. Wijaya, K. Abdullah, K. D. Wulandari, S. Sumardiono, E. W. R. Widodo dan A. Gafur, "ANALYSIS OF TENSILE AND FLEXURAL STRENGTH OF HDPE MATERIAL JOINTS IN SHIP CONSTRUCTION," *Journal of Applied Engineering Science*, vol. 21, no. 2, 2023.
- [7] M. Iqbal dan W. D. Aryawan, "Desain Kapal Ikan Hibrida berbahan Dasar High Density Polyethylene Sebagai penunjang Potensi laut Provinsi kepulauan Riau," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 8, no. 2, 2019.
- [8] Jamal dan E. Haryanto, "Design Analysis of High Density Polyethylene Plastic in Fisherman Ship Structure," *Advanced Science Letters*, vol. 24, no. 12, pp. 9678-9682, 2018.
- [9] A. G. Pradana, A. F. Zakk, I. P. Mulyatno dan A. Firdaus, "Analisa Respon Struktur Kapal Oil Tanker 6500 DWT Akibat," *JURNAL TEKNIK PERKAPALAN*, vol. 10, no. 4, pp. 11-21, 2022.
- [10] J. Vasta, "essons learned from full scale," *Transactions of SNAME*, vol. 66, p. 165, 2010.
- [11] J. K. Paik, A. K. Thayamballi, P. Pedersen dan Y. I. Park, "Ultimate strength of ship hulls," *Ocean Engineerin*, vol. 28, no. 8, p. 1097-1133, 2001.
- [12] BKI, "Rules For Classification And Construction," dalam *Part 3 Special Ships*, Jakarta, Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), Consolidated Edition 2021.
- [13] DNV, "Standard For Certification Craft," Det Norske Verites, Norway, 2010.
- [14] T. Loydu, "Tentative Rule for Polyethylene Craft," Turk Loydu, Istanbul, 2014.
- [15] M. Hilman, I. P. Sindhu dan E. Pudji, "Analisa Kekuatan Boat Berbahan Dasar Plastik High Density Polyethylene Dengan Rute Penyebrangan Dermaga Pantai Kartini-Pulau panjang Jepara," *Seminar Master PPNS*, Vol. %1 dari %221-33, 2018.
- [16] M. Kadhafi, "Studi Karakteristik Stabilitas dan Konstruksi Kapal Berbahan High Density Polyethylene (HDPE)," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 2, pp. 315-323, 2021.