

Kajian Kekuatan *Pontoon Lift* Dengan Penambahan *Upper Deck* dan *Lower Deck* Menggunakan Metode SFBM

Alamsyah¹, Wira Setiawan², Mangapoi Edwin Harto Adrian Purba³
Program Studi Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan^{1,2,3},
alamsyah@lecturer.itk.ac.id

Article Info

Article history:

Submitted March 2021
Revised March 2022
Accepted April 2022
Published April 2022

Keyword:

poonton lift
finite element
bending stress.

ABSTRACT

This paper discusses the strength of the pontoon lift after adding the upper deck and lower deck which function as a supporting floor that becomes the footing for the workers when repairing the ship on the pontoon lift. The purpose of this study was to determine the value of the pontoon lift strength after adding a supporting floor by taking into account the construction safety factor. The method used is Shear Force Bending Moment (SFBM) with a numerical approach. The results showed that the right size for the lower deck on the pontoon lift is 7.082 m wide with a plate thickness of 8 mm and uses a cross-sectional profile measuring L 100x65x11. Meanwhile, the right upper deck size has a width of 1.46 m on the left and right sides, the plate thickness is 7 mm, and has a profile measuring L 180x90x10. In the pontoon lift construction for each operating scenario, the maximum stress was detected with the scenario containing the ship's load (σ) = 107.17 MPa at the bottom and (σ) = 214.56 MPa on the deck. While the maximum stress is detected in the scenario without a shipload, namely (σ) = 57.66 MPa on the bottom and (σ) = 115.45 MPa on the deck. The value of the safety factor for the pontoon lift after adding the upper and lower decks is relatively safe because it is at a minimum value of 1.29.

Kata Kunci:

Poonton lift
Elemen hingga
Tegangan lengkung

ABSTRAK

Paper ini membahas tentang kekuatan poonton lift setelah ditambahkan upper deck dan lower deck yang berfungsi sebagai lantai penunjang yang menjadi pijakan para worker ketika reparasi kapal dilakukan di atas poonton lift. Tujuan penelitian ini mengetahui nilai kekuatan poonton lift setelah dilakukan penambahan lantai penunjang dengan memperhatikan faktor safety konstruksi. Metode yang digunakan adalah Shear Force Bending Momen (SFBM) dengan pendekatan numerik. Hasil penelitian yang didapatkan bahwa untuk ukuran lower deck yang tepat pada poonton lift yakni lebar 7.082 m dengan ketebalan plat 8 mm dan menggunakan penampang profil berukuran L 100x65x11. Sedangkan untuk ukuran upper deck yang tepat memiliki lebar masing masing 1.46 m pada sisi kiri dan sisi kanan, ketebalan plat 7 mm, serta memiliki profil berukuran L 180x90x10. Pada konstruksi poonton lift untuk masing-masing skenario operasi dideteksi tegangan maksimum dengan skenario berisi muatan kapal (σ) = 107.17 MPa pada bottom dan (σ) = 214.56 MPa pada deck. Sedangkan tegangan maksimum dideteksi dengan skenario tanpa muatan kapal yakni (σ) = 57.66 MPa pada bottom dan (σ) = 115.45 MPa pada deck. Untuk nilai safety factor poonton lift setelah penambahan upper deck dan lower deck didapatkan relatif aman karena berada pada nilai minimum 1.29.

1. PENDAHULUAN

Menurut pasal 309 ayat (1) KUHD (Pemerintah RI n.d.), “kapal” merupakan alat berlayar, termasuk di dalamnya adalah mesin penyedot pasir, mesin pengeruk lumpur dan alat pengangkut terapung lainnya. Meskipun alat tersebut tidak memiliki alat penggerak sendiri, akan tetapi dapat dikategorikan sebagai “alat berlayar” karena dapat mengapung dan bergerak di atas perairan (Pranoto, 2020). Saat kapal beroperasi di lautan, maka lingkungan akan memberikan andil secara signifikan yang akan menguji kekuatan struktur kapal tersebut (Hidayat, 2017).

Dalam melayani pekerjaan reparasi kapal-kapal kecil PT. XYZ membangun dan mengembangkan prototipe berbentuk tabung yang diistilahkan sebagai *ship lift* berbahan aluminium yang berfungsi menyerupai *floating dock* dengan *Ton Lift Capacity* (TLC) ± 10 ton. Prototipe memiliki panjang 11 meter yang bersifat dapat dibongkar pasang (*portable*). Prototipe memiliki kendala operasional dimana TLC yang tidak memenuhi target dan stabilitas belum bisa diandalkan. Akan tetapi dalam perjalanannya telah dikembangkan pula dengan melakukan *redesign* meliputi *increasing* dimensi panjang 31 meter dan penambahan ukuran diameter lambung bawah 1.88 meter, serta ukuran diameter lambung atas 0.94 meter. Poonton Lift tersebut diklaim memiliki TLC ± 77 ton (Alamsyah dkk, 2020b). Penelitian lainnya dengan objek yang sama telah dikaji tentang umur kelelahan konstruksi *poonton lift* menggunakan metode elemen dimana diperkirakan konstruksi memiliki usia maksimal 10 tahun dengan material Aluminium 6061 (Alamsyah dkk, 2020a).

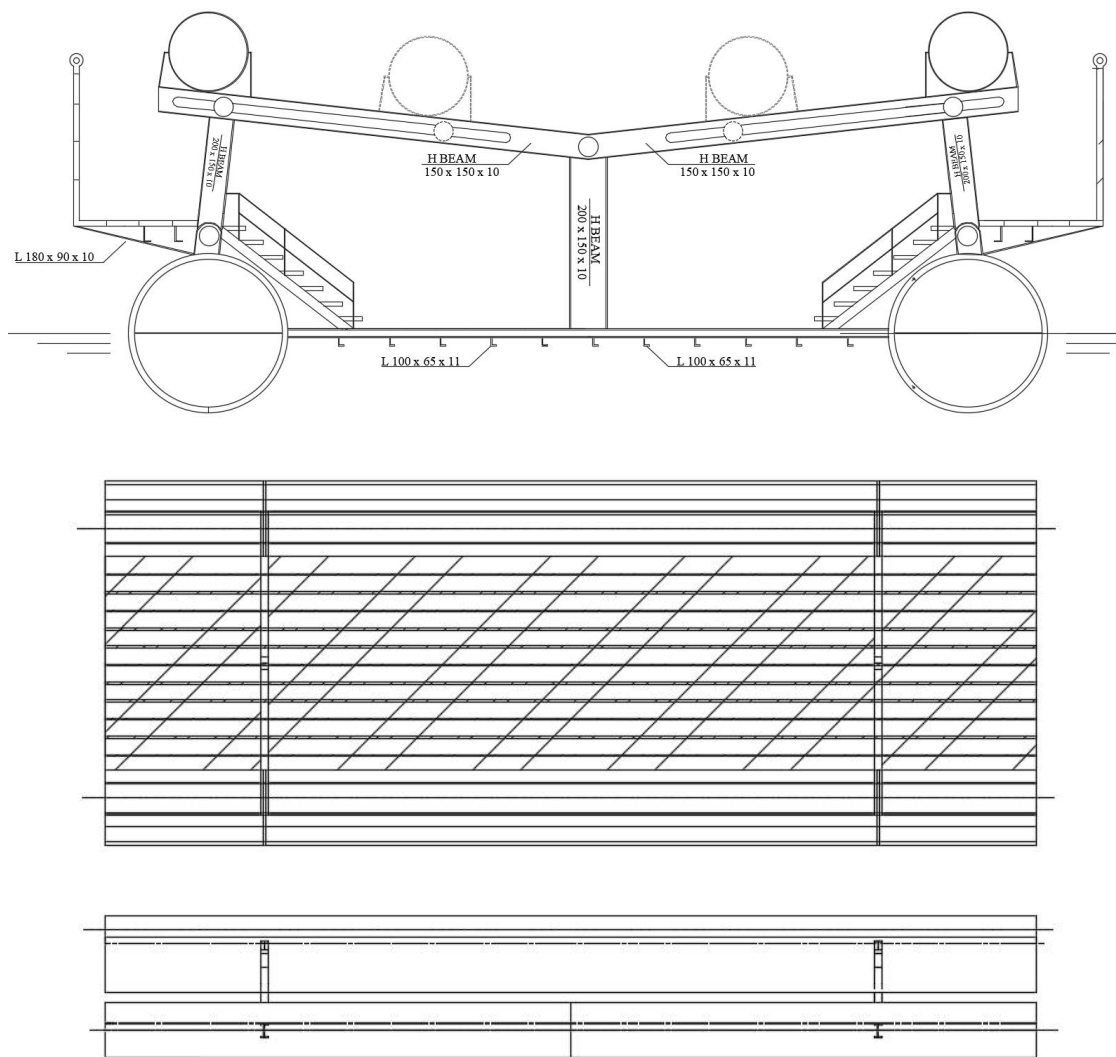
Penelitian ini membahas tentang desain *pontoon lift* yang telah dievaluasi dan dikembangkan guna mempunyai akseibilitas, dan kekuatan dengan menambahkan *upper deck* dan *lower deck* pada desain, meskipun berimplikasi langsung pada reduksi nilai TLC. *Upper deck* dan *lower deck* merupakan geladak tambahan yang menunjang proses operasi *poonton lift* dimana tempat pijakan para *worker* saat terjadinya reparasi kapal di atas *poonton lift*. Pada penelitian ini objek *pontoon lift* akan diteliti nilai tegangan maksimum konstruksi dengan melihat parameter *safety factor*. Parameter lainnya adalah aspek kekuatan struktur dimana hal tersebut mengacu pada daya tahan sebuah struktur dalam mengakomodir rencana beban konstruksi. Untuk kekuatan *poonton lift* bisa ditinjau dari kekuatan longitudinal struktur dengan melihat tegangan longitudinal maksimum yang dapat dialami oleh *pontoon lift*. Selain itu tegangan geser akan menjadi parameter lain yang sangat relevan (Y. Bai, 2003). Parameter lainnya adalah nilai momen inersia yang terkait dengan kecenderungan benda untuk tetap diam atau tetap bergerak yang disebut sebagai kelembaman. Sebagai informasi bahwa hukum kelembaman atau hukum inersia adalah sama dengan hukum pertama Newton (R. A. Serway, 2009). Kajian ilmu material dan responnya terhadap gaya, penting di bidang teknik seperti misalnya nilai tegangan (*stress*) yang didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya eksternal dengan luas penampang benda. Berdasarkan kajian-kajian tersebut penulis menganalisa tegangan maksimum pada *pontoon lift* dengan tambahan *upper deck* dan *lower deck* yang menggunakan metode *Shear Force Bending Moment* (SFBM).

2. METODE

Beberapa tahapan dalam penelitian ini diantaranya membuat model *upper deck* dan *lower deck* yang dipasang pada *poonton lift* dalam bentuk 2D menggunakan *AutoCad*. Selanjutnya dilakukan perhitungan beban operasi *poonton lift* menggunakan metode SFBM pendekatan numerik. Tahap akhir perhitungan *safety factor* dengan membandingkan tegangan konstruksi yang terjadi dan tegangan luluh material *poonton lift*. Berikut ditunjukkan data sekunder yang menjadi objek penelitian yang menjadi lanjutan penelitian terdahulu ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Ukuran utama daftar pontoon lift

| Ukuran Utama | |
|--------------------------------|-------------|
| Panjang (L) | 31.00 meter |
| Tinggi (H) | 4.73 meter |
| Lebar (B) | 12.13 meter |
| Sarat | 0.94 meter |
| Cb | 0.2 |
| Diameter tabung bawah (Dtb) | 1.74 meter |
| Diameter tabung atas (Dta) | 0.92 meter |
| Jarak antar tabung bawah (Bld) | 7.08 meter |

Gambar 1. GA *pontoon lift*

Gambar 1 dan Tabel 1 menunjukkan data *pontoon lift* yang akan dianalisa menggunakan metode SFBM. Akan dilakukan perhitungan beban konstruksi *pontoon lift* dengan dan tanpa muatan. Dari analisa beban tersebut akan ditemukan gaya lintang (*shear force*) dan momen lentur maximum (*bending moment*) yang terjadi pada konstruksi *pontoon lift*. Tegangan lentur konstruksi akan diperoleh dari perbandingan nilai momen lentur maximum (M) dengan modulus tampang konstruksi (W). Tahap selanjutnya akan ditentukan faktor keamanan (*Safety factor*) konstruksi *pontoon lift* dengan membandingkan nilai tegangan lentur (σ_L) dan tegangan luluh material (σ_Y).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Beban Pontoon Lift

Untuk mengetahui beban pada *pontoon lift* dapat didekati dengan rules tentang konstruksi Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Vol. II (BKI, 2017) sebagai berikut :

$$p_D = p_0 \frac{20 \cdot T}{(10 + z - T) H} c_D \quad (1)$$

$$p_D = p_0 \frac{20 \cdot T}{(10 + z - T) H} c_D \quad (2)$$

$$p_0 = 2,1 \cdot (C_B + 0,7) \cdot c_0 \cdot C_L \cdot f \quad (3)$$

dimana

T = sarat kapal (m)

$C_D = 1,0$

$$P_o = 2,1(C_b+07) C_o \times C_L \times f \quad (4)$$

$$C_o = L/25+4,1(\text{untuk } L<90\text{m}) \quad (5)$$

L = panjang kapal (m)

$$C_l = 1/(2-L/90) (\text{untuk } L<90\text{m}) \quad (6)$$

$= 1,00$

$f = 1,0$

$z = H$ (tinggi kapal)

sehingga didapatkan nilai beban yang terjadi pada *lower deck* adalah sebagai berikut

- Area $0 \leq x/L < 0.2$ [A] = 29.95 kN/m²
- Area $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M] = 29.11 kN/m²
- Area $0.7 \leq x/L < 1.0$ [F] = 37.75 kN/m²

sehingga didapatkan nilai beban yang terjadi pada tabung bawah adalah sebagai berikut

- Area $0 \leq x/L < 0.2$ [A] = 32.59 kN/m²
- Area $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M] = 65.06 kN/m²
- Area $0.7 \leq x/L < 1.0$ [F] = 65.06 kN/m²

Nilai beban tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan ukuran komponen konstruksi pada *lower deck* dan *upper deck*, serta *bottom*. Ukuran konstruksi yang ditentukan berupa ketebalan pelat dan modulus pembujur yang terdapat pada masing-masing *deck*.

$$t = 1,1 \cdot a \sqrt{(p \times k)} + t_k \quad (7)$$

$$t_b = 1,9 \cdot n f \cdot a \sqrt{(p \times t)} + t_k \quad (8)$$

Sehingga didapatkan nilai ketebalan pelat masing-masing konstruksi yakni:

- a. Tebal pelat untuk konstruksi *lower deck* yakni $t = 8$ mm
- b. Tebal pelat untuk konstruksi *upper deck* yakni $t = 7$ mm
- c. Tebal pelat untuk konstruksi *bottom* yakni $t = 7$ mm

Selanjutnya menentukan nilai modulus pembujur untuk masing-masing konstruksi menggunakan persamaan berikut:

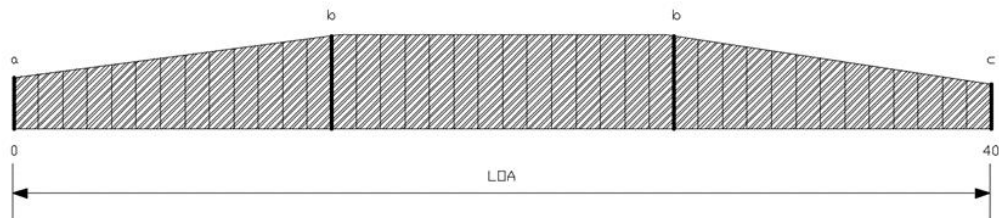
$$W = \left(\frac{83,3}{\sigma_{pr}} \right) m \cdot a \cdot l^2 \cdot P \quad (9)$$

$$W = c \cdot m \cdot a \cdot P \cdot l^2 \cdot k \quad (10)$$

Sehingga didapatkan nilai modulus pembujur sebesar 91.43 cm³ untuk *upper deck* dan 248 cm³ untuk *lower deck*.

3.2. Perhitungan Distribusi Berat Pontoon Lift

Untuk menyerederhanakan perhitungan distribusi berat *pontoon lift* maka dilakukan pendekatan metode Owen Hughes (O. Hughes & F.K. Jeom, 2010) lalu membagi panjang *pontoon lift* menjadi 41 station termasuk station nol (0) yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.

Gambar 2. Kurva distribusi gaya berat secara memanjang *pontoon lift*

Gambar 2 menunjukkan kurva distribusi berat *pontoon lift* dalam bentuk trapesium berdasarkan pendekatan rumusan Owen Hughes. Untuk membentuk kurva tersebut maka perlu ditentukan nilai C_b , nilai *Light Weight Ton* (LWT), *Length over all* (LOA) dan nilai k agar menemukan nilai ordinat a , b , dan c sebagai *station* bantu seperti ditunjukkan Tabel 2 berikut.

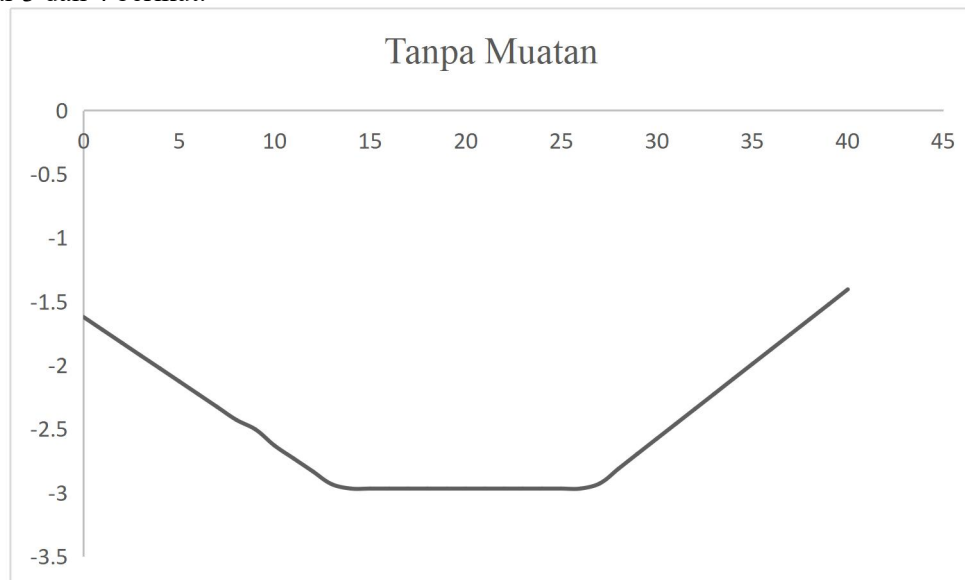
Tabel 2. penentuan nilai k untuk ordinat kurva distribusi berat bangunan apung

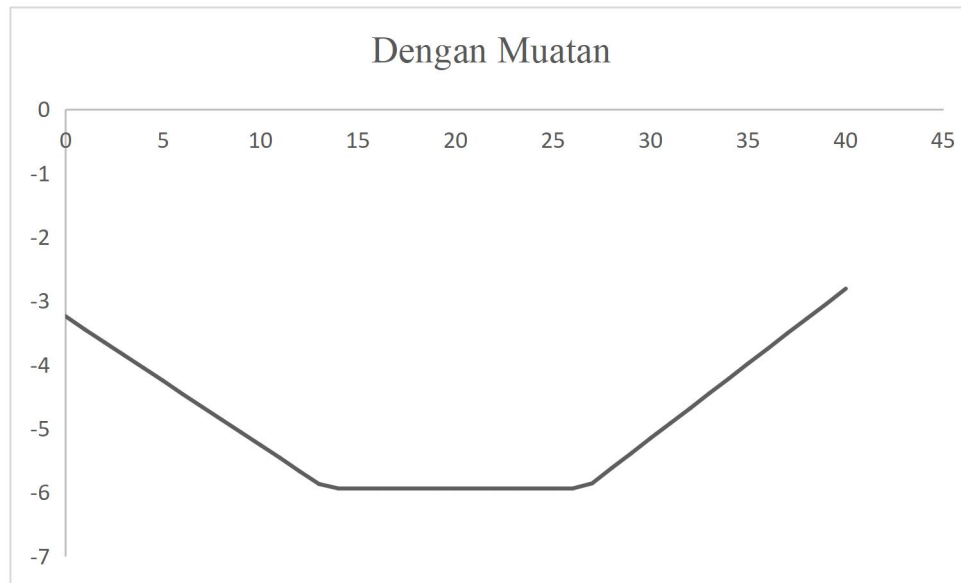
| Ordinat k | a | b | c |
|--------------------------|-------|-------|-------|
| $C_b < 0.6$ | 0.653 | 1.195 | 0.566 |
| $0.6 \leq C_b \leq 0.75$ | 0.68 | 1.185 | 0.58 |
| $C_b > 0.75$ | 0.706 | 1.175 | 0.596 |

Tabel 2 menunjukkan nilai k yang ditentukan berdasarkan nilai C_b . Pada praktiknya untuk membentuk kurva seperti pada Gambar xx ordinat a , b , dan c ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$a, b, c = \frac{LWT}{LOA} \times k \quad (11)$$

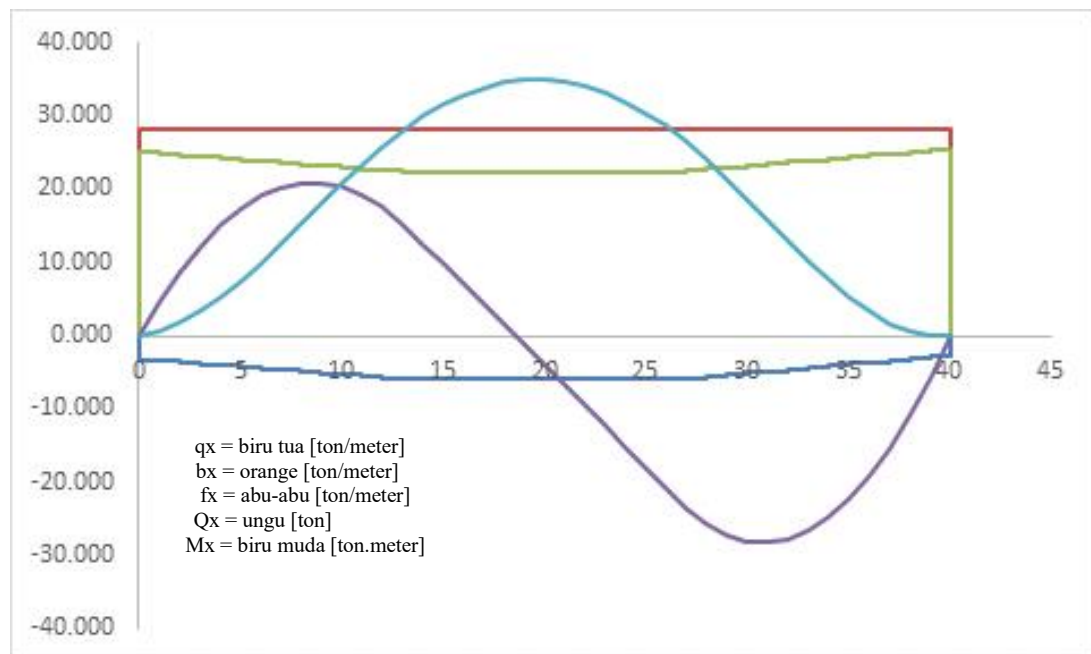
Dimana nilai k yang digunakan berdasarkan Tabel 2. Sehingga didapatkan ordinat-ordinat distribusi berat *pontoon lift* saat membawa muatan dan tidak membawa muatan yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4 berikut.

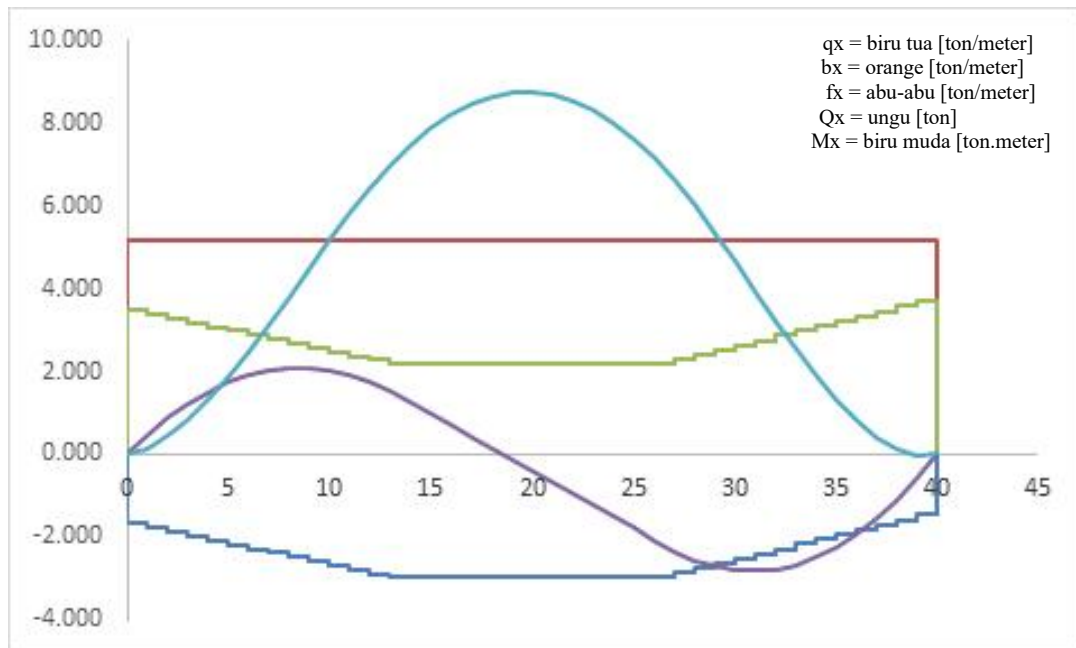
Gambar 3. Kurva distribusi gaya berat *pontoon lift* tanpa muatan

Gambar 4. Kurva distribusi gaya berat *pontoon lift* dengan muatan

3.3. Perhitungan Gaya Lintang dan Momen Lengkung Pontoon Lift

Setelah mendapatkan distribusi berat (qx) *pontoon lift* saat sedang membawa muatan dan tidak memuat, maka selanjutnya dilakukan perhitungan gaya lintang dan momen lengkung *pontoon lift* menggunakan perhitungan numerik *Shear Force Bending Moment* (SFBM). Perhitungan gaya lintang dan momen lengkung diasumsikan berada diperairan tenang sesuai perencanaan operasi dimana *pontoon lift* ini di skenariokan beroperasi pada perairan sungai. Untuk mendapatkan nilai gaya lintang dan momen lengkung maksimum maka perlu dilakukan perhitungan gaya angkat *pontoon lift* baik saat membawa muatan maupun tidak membawa muatan. Perhitungan gaya angkat (*bouyancy*) (bx) ditentukan berdasarkan ketinggian sarat masing-masing skenario operasi. Untuk ketinggian sarat saat tidak membawa muatan yakni $T = 0.28$ meter menghasilkan $bx = 5.16$ ton/meter setiap station dan ketinggian sarat saat membawa muatan $T = 0.94$ meter menghasilkan $bx = 28$ ton/meter setiap station. Berikut adalah gambar kurva *bouyancy* (bx), superposisi (fx), gaya lintang (Qx), dan momen lengkung (Mx) untuk masing-masing skenario yang ditunjukkan pada Gambar 5 dan 6.

Gambar 5. Kurva Qx dan Mx *pontoon lift* dengan muatan

Gambar 6. Kurva Qx dan Mx *pontoon lift* tanpa muatan

Gambar 5 dan 6 menunjukkan kurva gaya lintang dan momen lengkung untuk setiap section pada poonton lift. Skenario operasi tanpa muatan pada poonton lift menghasilkan nilai momen lengkung maximum (M_x) = 436.30 ton.meter dan gaya lintang maximum (Q_x) = 14 ton. Sedangkan untuk skenario operasi dengan muatan pada poonton lift menghasilkan nilai momen lengkung maximum (M_x) = 873.5 ton.meter dan gaya lintang maximum (Q_x) = 28.23 ton.

3.4. Perhitungan Modulus Penampang Global Pontoon Lift

Langkah selanjutnya adalah menghitung modulus penampang pontoon lift dengan menggunakan sistem tabulasi dimana akan dihitung modulus penampang per individu konstruksi-konstruksi penyusunnya dan pada akhirnya akan dijumlahkan. Berikut adalah sistem tabulasi dalam perhitungan modulus penampang global yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan modulus penampang global

| No | Nama bagian | Jumlah [n] | Lebar (cm) [b] | Tinggi (cm) [h] | Sudut Terhadap Bid. Horizontal (derajat) [a] | Luas Total (cm ²) [A _T] | Titik berat thd Base (cm) [Z] | Momen Luas (cm ³) [A _T * z] | Momen Inersia (cm ⁴) [A _T * z ²] | M.Inersia Individu | | |
|----|--------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|---|--|--|---|--|------------------------------|--------------------------------|---|
| | | | | | | | | | | $I_x \cos^2 a$ | $I_y \sin^2 a$ | I_o |
| | | | | | | | | | | $I_x = \frac{1}{12} b x h^3$ | $I_y = \frac{1}{12} x h x b^3$ | $I_o = \frac{1}{12} x h x a^2 + I_y \sin^2 a$ |
| 1 | Pelat kulit tabung bawah | | | | | | | | | | | |
| | Pelat kulit 1 | 2 | 7 | 94 | 85 | 99,6 | 158 | 15734 | 2485990 | 296421 | 1043 | 297464 |
| | Pelat kulit 2 | 2 | 7 | 94 | 85 | 99,6 | 158 | 15734 | 2485990 | 296421 | 1043 | 297464 |
| | Pelat kulit 3 | 2 | 7 | 94 | 85 | 99,6 | 29,9 | 2978 | 89028 | 296421 | 1043 | 297464 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|---|-----|-----|----|------------|--------|------------|------------|--------|------|------------|
| 2 | Pelat kulit 4 | 2 | 7 | 94 | 85 | 99,6 | 29,9 | 2978 | 89028 | 296421 | 1043 | 297464 |
| | pelat sekat 1 | 2 | 1,2 | 0,6 | 0 | 10,4 | 94 | 978 | 91894 | 0 | 0 | 0 |
| | pelat sekat 2 | 2 | 1,2 | 0,6 | 0 | 10,4 | 94 | 978 | 91894 | 0 | 0 | 0 |
| | Pelat upper deck | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Pelat sisi lajur 1 | 2 | 7 | 90 | 0 | 63 | 272 | 17136 | 4660992 | 425250 | 0 | 425250 |
| | Pelat sisi lajur 2 | 2 | 7 | 90 | 0 | 63 | 367,45 | 23149 | 8506229 | 425250 | 0 | 425250 |
| | Pelat alas lajur 1 | 2 | 70 | 7 | 0 | 49 | 223,5 | 10952 | 2447660 | 2001 | 0 | 2001 |
| 3 | Pelat alas lajur 2 | 2 | 70 | 7 | 0 | 49 | 223,5 | 10952 | 2447660 | 2001 | 0 | 2001 |
| | Pembujur lower deck | | | | | | | | | | | |
| | - Web 1 | 2 | 1,1 | 8,9 | 0 | 0,9 | 84,5 | 76 | 6426 | 65 | 0 | 65 |
| | - Face 1 | 2 | 6,5 | 1,1 | 0 | 0,7 | 79,5 | 56 | 4424 | 1 | 0 | 1 |
| | - Web 2 | 2 | 1,1 | 8,9 | 0 | 0,9 | 84,5 | 76 | 6426 | 65 | 0 | 65 |
| | - Face 2 | 2 | 6,5 | 1,1 | 0 | 0,7 | 79,5 | 56 | 4424 | 1 | 0 | 1 |
| | - Web 3 | 2 | 1,1 | 8,9 | 0 | 0,9 | 84,5 | 76 | 6426 | 65 | 0 | 65 |
| | - Face 3 | 2 | 6,5 | 1,1 | 0 | 0,7 | 79,5 | 56 | 4424 | 1 | 0 | 1 |
| | - Web 4 | 2 | 1,1 | 8,9 | 0 | 0,9 | 84,5 | 76 | 6426 | 65 | 0 | 65 |
| | - Face 4 | 2 | 6,5 | 1,1 | 0 | 0,7 | 79,5 | 56 | 4424 | 1 | 0 | 1 |
| | - Web 5 | 2 | 1,1 | 8,9 | 0 | 0,9 | 84,5 | 76 | 6426 | 65 | 0 | 65 |
| | - Face 5 | 2 | 6,5 | 1,1 | 0 | 0,7 | 79,5 | 56 | 4424 | 1 | 0 | 1 |
| | Pembujur upper deck | | | | | | | | | | | |
| | - Web 1 | 2 | 1 | 17 | 0 | 1,7 | 211,5 | 360 | 76045 | 409 | 0 | 409 |
| | - Face 1 | 2 | 9 | 1 | 0 | 0,9 | 202,5 | 182 | 36906 | 1 | 0 | 1 |
| 4 | - Web 2 | 2 | 1 | 17 | 0 | 1,7 | 211,5 | 360 | 76045 | 409 | 0 | 409 |
| | - Face 2 | 2 | 9 | 1 | 0 | 0,9 | 202,5 | 182 | 36906 | 1 | 0 | 1 |
| | Pelat kulit tabung atas | | | | | | | | | | | |
| | Pelat kulit 1 | 2 | 1 | 47 | 85 | 7,3 | 459,16 | 3352 | 1539044 | 5293 | 2 | 5295 |
| | Pelat kulit 2 | 2 | 1 | 47 | 85 | 7,3 | 459,16 | 3352 | 1539044 | 5293 | 2 | 5295 |
| 5 | Pelat kulit 3 | 2 | 7 | 94 | 85 | 7,3 | 392,8 | 2867 | 1126330 | 296421 | 1043 | 297464 |
| | Pelat kulit 4 | 2 | 7 | 94 | 85 | 7,3 | 392,8 | 2867 | 1126330 | 296421 | 1043 | 297464 |
| | Pelat lower deck | | | | | | | | | | | |
| | Pelat alas lajur 1 | 2 | 70 | 1 | 0 | 6,9 | 98,5 | 680 | 66946 | 6 | 0 | 6 |
| | Pelat alas lajur 2 | 2 | 70 | 1 | 0 | 6,9 | 98,5 | 680 | 66946 | 6 | 0 | 6 |
| | Pelat alas lajur 3 | 2 | 70 | 1 | 0 | 6,9 | 98,5 | 680 | 66946 | 6 | 0 | 6 |
| | Pelat alas lajur 4 | 2 | 70 | 1 | 0 | 6,9 | 98,5 | 680 | 66946 | 6 | 0 | 6 |
| | Pelat alas lajur 5 | 2 | 70 | 1 | 0 | 6,9 | 98,5 | 680 | 66946 | 6 | 0 | 6 |
| | | | | | | 720 | | 119146 | 29341995 | | | 2651053 |
| | | | | | | Σ_1 | | Σ_2 | Σ_3 | | | Σ_4 |

Tabel 3 menunjukkan perhitungan modulus penampang *pontoon lift* secara global dimana untuk mendapatkan nilai modulus pada lingkaran atas dan lingkaran bawah digunakan rumus turunan yang berasal dari sistem tabulasi tersebut yang ditunjukkan sebagai berikut:

Titik berat terhadap base (Z_1)

$$Z_1 = \frac{Z_2}{2} \quad (12)$$

Titik berat terhadap puncak (Z_2)

$$Z_2 = H - Z_1 \quad (13)$$

Momen Inersia terhadap base (I_{xx})

$$I_{xx} = Z_3 - Z_4 \quad (14)$$

Momen Inersia terhadap sumbu netral (I_{NA})

$$I_{NA} = I_{xx} - (Z_1)^2 \times Z_1 \quad (15)$$

Modulus penampang lingkaran atas (W_a)

$$W_a = \frac{I_{NA}}{Z_2} \quad (16)$$

Modulus penampang lingkaran bawah (W_b)

$$W_b = \frac{I_{NA}}{Z_1} \quad (17)$$

Sehingga didapatkan nilai $Z_1 = 1.65$ meter, $Z_2 = 3.07$ meter, $I_{xx} = 0.31$ meter⁴, $I_{NA} = 0.12$ meter⁴, $W_b = 0.0007$ meter³, dan $W_a = 0.0004$ meter³.

3.5. Perhitungan Tegangan lengkung dan Safety Factor Pontoon Lift

Tegangan yang digunakan sebagai parameter kekuatan *pontoon lift* adalah tegangan lengkung konstruksi yang terjadi pada lingkaran atas dan lingkaran bawah, dimana dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$\sigma_L = \frac{M_{maximum}}{W} \quad (18)$$

Sehingga didapatkan nilai tegangan *poonton lift* untuk setiap skenario pemuatan ditunjukkan pada Tabel 4. Selanjutnya ditentukan factor safety dengan membandingkan nilai tegangan luluh material (*yield point*) = 276 MPa dengan tegangan konstruksi untuk semua skenario pemuatan *poonton lift*.

Tabel 4. Perhitungan nilai tegangan lengkung dan safety factor

Submitted March 2021, Revised March 2022, Accepted April 2022, Published April 2022

| Skenario operasi <i>poonton lift</i> | Tegangan pada lingkaran atas (MPa) | Tegangan pada lingkaran bawah (MPa) | Tegangan luluh material (MPa) | Safety Factor |
|---|--|---|--|---------------|
| <i>Poonton lift tanpa muatan</i> | 107.17 | 57.66 | 276 | 1.29 ~ 4.79 |
| <i>Poonton lift dengan muatan</i> | 214.56 | 115.45 | 276 | |

Tabel 4 menunjukkan tegangan konstruksi *poonton lift* pada setiap skenario operasi tidak melebihi tegangan luluh material, sehingga bisa dikategorikan aman dengan nilai safety factor minimum sebesar 1.29. Hal ini menindaklanjuti penelitian sebelumnya (Alamsyah dkk, 2020a) bahwa nilai tegangan maksimum konstruksi *poonton lift* berada pada nilai 75 MPa dengan skenario operasi yang sama akan tetapi belum dilengkapi dengan *upper deck* dan *lower deck* sebagai sarana penunjang operasi.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian bahwa dideteksi tegangan pada konstruksi *poonton lift* setelah dilakukan penambahan *upper deck* dan *lower deck* beserta komponen pendukungnya dikategorikan aman karena nilai safety factor yang dihasilkan berada di atas 1 (satu).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimah kasih sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang berkontribusi dalam penulisan artikel ini *include* laboratorium Teknologi dan Inovasi Kemaritiman, LPPM ITK yang telah memotivasi tim penulis untuk senantiasa berkarya, dan pihak lain yang tidak disebutkan namanya.

REFERENSI

- [1] Alamsyah dkk. 2020a. "An Analyze of Fatigue Life Construction of Lifting Poonton for Small Vessel." In *Bicame* 3, , 95–101.
- [2] ———. 2020b. "ANALISIS DESAIN LIFTING POONTON UNTUK KAPAL KECIL." *Jurnal Inovtek Polbeng* 10(1): 84–97.
- [3] BKI. 2017. *Rules for the Classification and Construction. Part 1 Seagoing Ship. Volume V Rules for Materials*. Jakarta: BKI.
- [4] Hidayat, T. N. 2017. "Kekuatan Memanjang Dan Longitudinal Buckling Pada Kapal Survei Seismik Geomarin IV." http://repository.its.ac.id/45223/7/4313100078-Undergraduate_Theses.pdf.
- [5] K. Owen, F.H., & Jeom. 2010. *Ship Structural Analysis and Design*. New Jersey: Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME).
- [6] Pemerintah RI. *Kitab Undang-Undang Hukum Dagang (KUHD)* 309. Indonesia.
- [7] Pranoto. 2020. "Perkapalan Laut."
- [8] R. A. Serway, J. J. Jewett. 2009. *Fisika Untuk Sains Dan Teknik*. Jakarta: Salemba Tehnik.
- [9] Y. Bai. 2003. *Marine Structure Design*. Elsevier