

**ANALISIS DESAIN *LIFTING POONTON* UNTUK KAPAL KECIL****Alamsyah<sup>1)</sup>, Wira Setiawan<sup>1)</sup>, Ahmad Hafizh Irfan<sup>2)</sup>, Mangapoi E. H. A. P.<sup>2)</sup>**

<sup>1,2)</sup> Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Kalimantan  
 Jl. Soekarno-Hatta Km. 15, Karang Joang, Balikpapan, Kalimantan Timur, Indonesia  
 Email : [alamsyah@lecturer.itk.ac.id](mailto:alamsyah@lecturer.itk.ac.id)

**Abstrak**

PT. XYZ mengembangkan prototipe *pontoon lifting* berbahan aluminium yang berfungsi sebagai *floating dock* untuk keperluan reparasi kapal. Diameter dan panjang tabung sangat mempengaruhi besar gaya angkat yang dihasilkan oleh *pontoon lifting*. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi desain *pontoon lifting* agar dapat mengangkat kapal kecil. Metode yang digunakan yaitu dengan prinsip Archimedes dan persamaan luas lingkaran. Dari hasil penelitian didapatkan ukuran utama yakni  $L = 31$  m, diameter tabung bawah ( $D$ ) = 1.88 m, diameter tabung atas ( $D$ ) = 0.44 m  $T_{max} = 3.55$  m,  $T_{min} = 0.28$  m serta displasemen = 80.90 ton. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan prinsip *Archimedes* didapatkan kesimpulan bahwa pada volume air *ballast* 8,334 meter<sup>3</sup> di tabung bagian belakang dan dengan volume air *ballast* 63,716 meter<sup>3</sup> di tabung bagian depan pada kondisi *even keel*.

Kata Kunci: *Archimedes, floating dock, Pontoon lifting*, displasemen.

**Abstrack**

PT. XYZ developed a prototype aluminum pontoon lifting that functions as a floating dock for ship repair purposes. The diameter and length of the tube greatly affect the lift force generated by the pontoon lifting. The purpose of research have to optimize the design of the Poonton Lift so that it can lift small vessels. The method used is the Archimedes principle of the circle area equation. The results of the study obtained the main sizes as follows:  $L = 31$  m, diameter of the bottom tube ( $D$ ) = 1.88 m, diameter of the upper tube ( $D$ ) = 0.44 m  $T_{max} = 3.55$  m,  $T_{min} = 0.28$  and displacement = 80.90 tons based on the results of calculations using the Archimedes principle it can be concluded that the volume of water ballast 8,334 meter<sup>3</sup> in the rear tube and ballast volume 63,716 meter<sup>3</sup> in the front tube at the keel event conditions.

Keywords: *Archimedes, floating dock, Pontoon lifting*, displacement.

**1. PENDAHULUAN**

Secara umum galangan kapal dapat diartikan sebagai tempat yang dirancang untuk mengerjakan bangunan kapal baru dan perbaikan kapal [7]. Potensi galangan kapal di Indonesia saat ini tercatat ada sekitar 240 galangan kapal, yang sebagian besar adalah galangan kapal dalam skala kecil dan 4 buah galangan kapal milik pemerintah, dimana total investasi di sector industri kapal ini sejumlah kurang lebih 1.426 juta US Dollar dengan menyerap tenaga kerja sebesar 35.000 tenaga kerja. Dengan fasilitas yang dimiliki antara lain: 1) *Building Berth* ukuran sampai 50.000 DWT, 2) *Graving Dock* ukuran sampai 50.000 DWT, 3) *Floating Dock* ukuran sampai 6.500 TLC, 4) *Slipway* ukuran sampai 6.000 DWT, dan 5) *Shiplift* ukuran sampai 300 TLC [13]. Sarana pokok galangan merupakan fasilitas yang digunakan untuk memindahkan

kapal untuk proses peluncuran maupun pendedokan. Pada dasarnya galangan kapal dibagi menjadi tiga jenis, yaitu *building dock shipyard*, *repair dock shipyard*, dan *building and repair shipyard*. Ketiga jenis galangan tersebut membutuhkan sarana pokok untuk memindahkan kapal dari perairan ke atas dok atau dari atas dok menuju perairan. Berikut adalah 5 jenis sarana pokok galangan yang umum digunakan: 1) *Slipway*, 2) *Graving Dock* atau dok kolam, 3) *Lifting Dock*, 4) *Airbag*, dan 5) *Floating dry dock* [11]. *Pontoon Lift* adalah sarana pokok galangan kapal yang memanfaatkan gaya angkat dari volume zat cair yang dipindahkan pada *ballast tank ponton* sebagai alat untuk mengangkat/menurunkan kapal (*lift*). Cara kerja *pontoon lift* terdiri dari dua tahap yaitu tahap pengangkatan (*lifting*) dan tahap pemindahan (*transfer*) [8]. Galangan PT. XYZ sejauh ini sudah memproduksi ± 19 buah kapal

dengan jenis yang berbeda yaitu antara lain : kapal *container*, kapal navigasi, kapal kru, kapal untuk mengangkut kendaraan, dan kapal tanker berukuran kecil. Tidak hanya menerima bangunan baru, galangan PT. XYZ juga menerima permintaan lainnya seperti reparasi [6]. Reparasi sebuah kapal merupakan proses memperbaiki atau mengganti bagian-bagian kapal yang sudah tidak layak dan tidak memenuhi standar minimal kelayakan untuk berlayar baik dari peraturan *statutory* maupun kelas [5]. Selain direparasi, kapal juga perlu dilakukan perawatan yang bertujuan untuk menjaga atau mengembalikan peralatan seperti sediakala pada kondisi yang baik, untuk dapat dipergunakan kembali serta dilakukan pemeliharaan kapal agar selalu dalam keadaan yang siap operasional, produktif, mempunyai umur yang lama dan dapat memenuhi jadwal pelayaran kapal yang telah ditentukan tepat pada waktunya [9, 10]. Hal tersebut sesuai aturan Syahbandar, pada Undang-Undang No. 17 tahun 2008, bahwa kapal yang beroperasi harus melalui perawatan secara rutin. Hal tersebut dikarenakan untuk menjaga keselamatan operasional [12]. PT. XYZ mengembangkan suatu prototipe yang berbentuk tabung silinder (mempunyai 4 tabung) yang disebut *lifting poonton* dengan material yang terbuat dari aluminium dan berfungsi sebagai *floating dock* untuk keperluan reparasi dengan kapasitas maksimal muatan 10 ton. Prototipe ini di desain dengan panjang 11 meter dengan setiap bagian nya bersifat bisa di lepas dan pasang sebelum digunakan serta lambungnya yang berbentuk lambung kapal *Swath* [6]. *Swath* menguntungkan sehubungan dengan upaya meningkatkan kinerja operasional dalam hal kecepatan dan *seakeeping*. Kualitas *seakeeping* tinggi ditunjukkan oleh frekuensi alami yang rendah dan periode alami yang relatif besar, yang menyiratkan resonansi dengan sebagian besar kejadian gelombang dapat dihindari [2]. Skenario operasional yang ideal pada *lifting poonton* yakni dibagi menjadi 5 tahapan berikut ini: 1) *Pontoon lift* ditarik oleh kapal menuju perairan yang lebih dalam

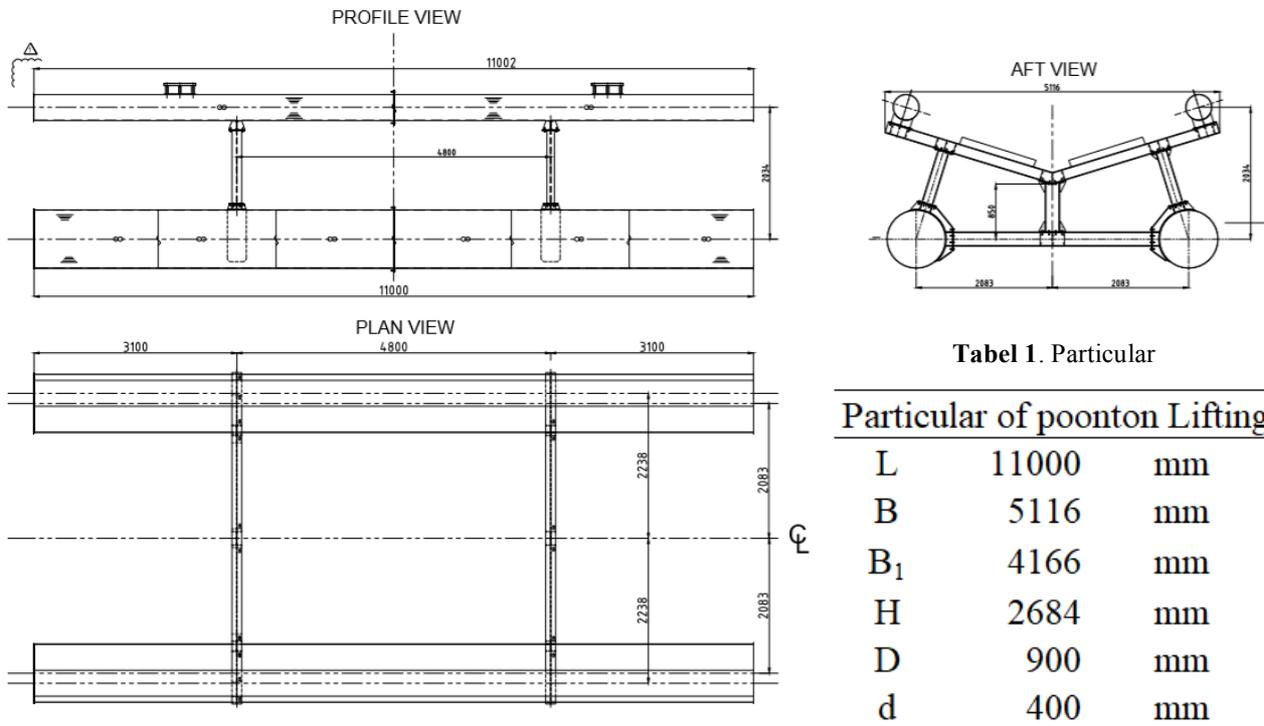
dengan kondisi tangki air ballas kosong, 2) Pada perairan yang telah ditentukan tangki-tangki air ballas *pontoon lift* diisi sampai dengan kondisi sarat maksimum untuk memulai proses pengangkatan kapal yang akan *docking*. 3) Kapal yang telah berada pada posisi pengangkatan (*lifting position*) ditambatkan pada *sidewall pontoon lift* kemudian air ballas dikeluarkan dan memasuki tahap pengangkatan fase 1 sampai 5, 4) Setelah berada pada kondisi tahap pengangkatan fase 5, *pontoon lift* kemudian ditarik menuju dermaga galangan untuk memulai tahap pemindahan kapal (*transfer*). 5) Tangki-tangki air ballas diisi kembali untuk menempatkan *pontoon lift* di atas balok penahan dalam kondisi *railway* ponton lurus dengan *railway* pada dermaga, kemudian proses pemindahan kapal dilakukan [3]. Prototipe *lifting poonton* yang dikembangkan PT. XYZ mengalami kendala operasional pada fase 2 sampai 5. Penelitian ini akan menganalisa desain *lifting poonton* agar dapat beroperasi sesuai skenario yang ideal. Dengan harapan ketika *lifting poonton* tersebut bisa beroperasi secara ideal, PT. XYZ akan memasarkannya untuk menambah pemasukan dari perusahaan. Harga *lifting poonton* memiliki keuntungan sebesar 2 ~ 3 milyar dengan *payback periode* terjadi pada tahun ke-6 bulan ke-5, dan umur ekonomis industri selama 25 tahun [3].

## 2. METODE

Penelitian ini menggunakan prinsip persamaan displasemen (*Archimedes law*) dan persamaan luas lingkaran. Pemodelan 3D *poonton lifting* menggunakan bantuan *software maxsurf*. Untuk mendapatkan analisa ukuran utama *poonton lifting* yang mampu mengangkat beban dilakukan beberapa tahap, yakni 1) identifikasi masalah teknis yang terdapat pada prototipe *poonton lifting*, 2) analisa ukuran utama *poonton lifting* dengan prinsip *Archimedes*, 3) perhitungan *Ton Lifting Capacity (TLC)*, 4) analisa *trim poonton lifting*, 5) penentuan sekat, 6) analisa pengaruh permukaan bebas (*Free Surface Effect*), dan 7)

penentuan kapasitas pompa tangki *ballast*.  
*General arrangement* prototipe *poonton lifting*

yang dikembangkan oleh PT XYZ ditunjukkan pada Gambar 1 dan Tabel 1 sebagai berikut [3]:



Tabel 1. Particular

Particular of poonton Lifting		
L	11000	mm
B	5116	mm
B <sub>1</sub>	4166	mm
H	2684	mm
D	900	mm
d	400	mm

Gambar 1. GA *poonton lifting*

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Masalah yang terjadi di PT. XYZ sendiri *pontoon lifting* mengalami *trim* atau stabilitas memanjang dan daya apung yang kurang baik pada saat pengoperasiannya disebabkan pertama : cadangan daya apung yang tidak memenuhi hal ini berhubungan dengan desain meliputi diameter dan panjang tabung yang kurang efektif hal ini menyebabkan hal tersebut. kedua : pada pengoperasiannya *pontoon lifting* memiliki stabilitas yang kurang baik di karena kan *air ballast* yang masuk tidak dibatasi oleh sekat pada tabung bagian bawah, akibatnya air *ballast* berpindah tempat menuju ke tempat yang lebih rendah dan menyebabkan *trim*. *Poonton Lifting* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. *poonton lifting* ketika beroperasi

Gambar 2 menunjukkan *pontoon lifting* mengalami *trim* di akibatkan air *ballast* yang terdapat dalam tabung berkumpul di satu titik tepat dititik buritan. Solusi yang ditawarkan untuk mengatasi hal tersebut yaitu *redesign poonton lifting* pada ukuran lambung yakni pertama dilakukan *increasing* diameter dan panjang pada tabung untuk menambah cadangan daya apung *pontoon lifting*. Selanjutnya dilakukan juga penambahan sekat melintang dan sekat memanjang pada tabung bagian bawah dengan tujuan untuk mengatur titik berat dan juga sekat memanjang sebagai kontrol air *ballast* agar *free surface effect* dari air *ballast* yang berada pada tabung menjadi terbatas.

Pada proses *redesign* pertama-tama dilakukan analisa perhitungan displasemen (gaya angkat) *poonton lifting*. Dalam merencanakan displasemen *poonton lifting* digunakan prinsip *Archimedes*. Hukum *Archimedes* merupakan perbandingan volume ruang yang terisi udara harus lebih besar dibandingkan berat *poonton lifting* pada sarat kosong. Untuk menentukan nilai displasemen digunakan persamaan berikut:

$$\Delta = L \cdot B \cdot T \cdot C_b \cdot \rho \tag{1}$$

dimana,

$\Delta$  = Displacement kapal (ton)

$L$  = Panjang *poonton lifting* (m)

$B$  = Lebar *poonton lifting* (m)

$T$  = Sarat kapal (m)

$C_b$  = Koefisien blok kapal

$\rho$  = Massa jenis air laut (1,025 ton/m<sup>3</sup>)

Karena bentuk lambung *poonton lifting* berupa tabung silinder yang berjumlah 2 buah (lambung *swath*) maka untuk nilai displasemen ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta = 2 \times A_T \times L_T \times \rho \tag{2}$$

dimana,

$\Delta$  = Displacement kapal (ton)

$L_T$  = Panjang *poonton lifting* (m)

$A_T$  = Luas lingkaran *poonton lifting* (m<sup>2</sup>)  
=  $\pi \cdot r^2$  (m)

$\rho$  = Massa jenis air laut (1,025 ton/m<sup>3</sup>)

Sehingga nilai displasemen yang direncanakan bisa ditentukan. Pada langkah ini akan mensimulasikan scenario pemuatan *pontoon lifting* dengan cara *input* data tinggi air *ballast* pada masing – masing tabung yang telah diberi sekat memanjang dan melintang dengan ketinggian yang berbeda-beda. Hal tersebut dilakukan agar menghasilkan volume air *ballast*, berat,  $L_{CG}$  dan momen yang sesuai scenario pemuatan. *Poonton lifting* direncanakan dapat mengangkut *tugboat*. Untuk mengetahui *particular tugboat* yang dapat diangkut maka dilakukan pengumpulan data *tugboat* yang ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Particular data *tugboat*

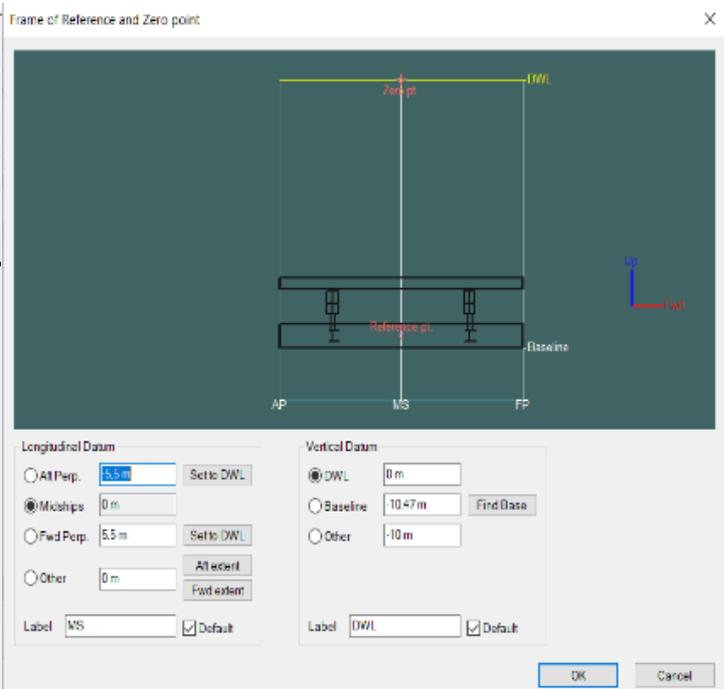
NO	NAMA KAPAL	Loa	Lwl	B	T	H	Cb	Gt	V <sub>DISPL</sub>	BERAT <sub>DISPL</sub>	LWT
		meter							m <sup>3</sup>	Ton	
1	TB 16 m (L129)	16.00	15.60	6.00	1.80	2.20	0.55	25	92.66	94.98	28.49
2	NUSA BAHARI - I	16.00	15.60	4.50	1.70	2.20	0.55	35	65.64	67.28	20.18
3	TIRTA II	18.60	18.14	5.00	1.69	2.00	0.55	51	84.28	86.39	25.92
4	MAJU - 01	18.94	18.47	6.11	2.13	2.40	0.55	72	132.18	135.49	40.65
5	MAJUAN - 7	19.90	19.40	4.80	1.60	2.20	0.55	53	81.96	84.01	25.20
6	BADAK AQUARIA	20.20	19.70	6.40	1.75	2.85	0.55	85	121.32	124.35	37.31
7	QSORIENT	21.00	20.48	7.00	2.40	3.30	0.55	157	189.19	193.92	58.18
8	Persada- I	21.00	20.48	6.50	2.14	2.75	0.55	109	156.64	160.56	48.17
9	TB. TIGA BERLIAN	21.00	20.48	6.50	2.00	2.75	0.55	150	146.40	150.06	45.02
10	WIRATIMUR - XVIII	21.25	20.72	6.70	2.29	2.80	0.55	94	174.84	179.21	53.76
11	MITRA BAHARI	21.40	20.87	6.70	2.57	3.27	0.55	94	197.60	202.54	60.76
12	MITRA BAHARI 7	22.00	21.45	7.00	2.00	2.90	0.55	105	165.17	169.29	50.79
13	MITRA BAHARI 9	22.00	21.45	7.00	2.00	2.90	0.55	105	165.17	169.29	50.79
14	ARMADA ASIA	22.40	21.84	6.70	2.43	2.90	0.55	103	195.57	200.46	60.14
15	CENDRAWASIH 22	22.40	21.84	7.32	2.40	3.00	0.55	140	211.03	216.30	64.89
16	Tp 73 No 5	23.17	22.59	7.00	2.45	2.90	0.55	118	213.09	218.41	65.52
17	PRAWIRA TIGA	23.17	22.59	7.00	2.40	2.90	0.55	121	208.74	213.96	64.19
18	CENDRAWASIH II	23.25	22.67	7.10	2.39	3.10	0.55	117	211.57	216.86	65.06
19	ARMADA SETYA - III	23.50	22.91	7.32	2.49	3.10	0.55	147	229.69	235.43	70.63
20	Pancaran III- 215	23.50	22.91	7.32	2.70	3.20	0.55	142	249.06	255.29	76.59
21	JOHAN JAYA 107	23.50	22.91	7.32	2.40	3.00	0.55	129	221.39	226.92	68.08
22	ARMADA SETYA - I	23.50	22.91	7.32	2.49	3.10	0.55	147	229.69	235.43	70.63
23	MAJU AKILI	23.50	22.91	7.31	2.60	3.20	0.55	145	239.51	245.50	73.65

Tabel 2 menunjukkan beberapa sampel data *tugboat* yang akan menjadi muatan *poonton*

lifting. Data kapal *tugboat* pada Tabel 2 diambil yang mempunyai nilai  $L_{WT}$  terbesar yakni 76,59 ton. Data tersebut akan digunakan dalam perhitungan *Ton Lifting Capacity (TLC)*. *TLC* adalah *displacement* (satuan ton) dari kapal terberat yang dapat diangkat oleh dok [4]. Kapal sampel yang telah diketahui bahwa  $L_{WT}$  kapal terbesar 76,59 ton kemudian dibulatkan menjadi 77,00 ton. Maka kapasitas maksimal yang mampu diangkat oleh *pontoon lifting* direncanakan sekitar 77,00 ton. Kemudian perlu diketahui berat *pontoon lifting* dalam keadaan kosong. Untuk itu maka berat *pontoon lifting* dalam keadaan kosong sendiri

dapat ditemukan dengan turunan persamaan (2). Untuk memudahkan menentukan berat kosong *pontoon lifting* dilakukan simulasi pada *software maxsurf* bertujuan mengetahui data yang kita butuhkan dalam penentuan berat kosong *pontoon lifting*. Simulasi yang dimaksud adalah *pontoon lifting* ditenggelamkan sedalam ketinggian sarat maksimal agar di peroleh luasan yang tercelup ( $A_T$ ), kemudian nilai tersebut dikalikan 0,01 agar satuannya menjadi  $m^3$ , kemudian dikali factor kulit material (aluminium), sehingga diperoleh nilai berat kosong *pontoon lifting*. Simulasi model ditunjukkan pada Gambar 3.

Measurement	Value	Units
1 Displacement	22,71	t
2 Volume (displaced)	22,153	m <sup>3</sup>
3 Draft Amidships	10,470	m
4 Immersed depth	10,470	m
5 WL Length	0,000	m
6 Beam max extents on WL	0,000	m
7 Wetted Area	146,168	m <sup>2</sup>
8 Max sect. area	5,762	m <sup>2</sup>
9 Waterpl. Area	0,000	m <sup>2</sup>
10 Prismatic coeff. (Cp)	0,000	
11 Block coeff. (Cb)	0,000	
12 Max Sect. area coeff. (Cm)	0,000	
13 Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,000	
14 LCB length	0,159	from zero pt. (+ve fwd) m
15 LCF length	0,000	from zero pt. (+ve fwd) m
16 LCB %	0,159	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
17 LCF %	0,000	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
18 KB	0,975	m
19 KG fluid	10,470	m
20 BMt	0,000	m
21 BML	0,000	m
22 GMt corrected	-9,495	m
23 GML	-9,495	m
24 KMt	0,975	m
25 KML	0,975	m
26 Immersion (TPc)	0,000	tonne/cm
27 MTc	-0,196	tonne.m
28 RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	-3,763	tonne.m
29 Length Beam ratio	0,000	

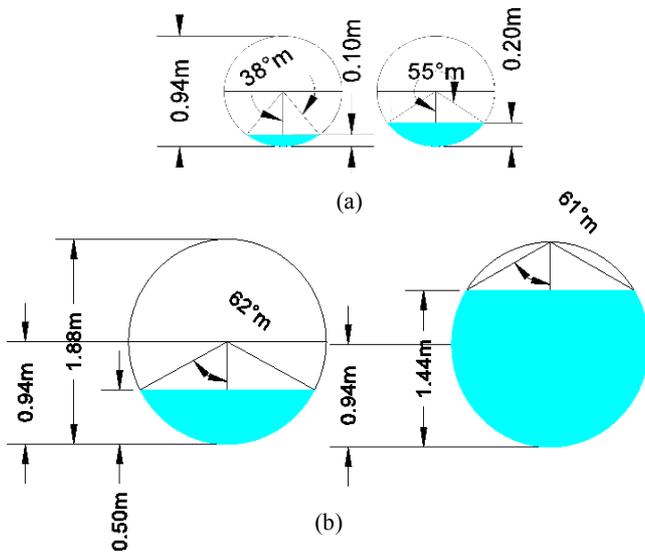


Gambar 3. Simulasi pemodelan *pontoon lifting* pada *software maxsurf*

Gambar 3 menunjukkan ketinggian sarat model *pontoon lifting* setelah dilakukan simulasi. Garis kuning pada Gambar 3 menunjukkan ketinggian  $L_{WL}$  yang terlalu tinggi diukur dari *baseline*. Kondisi tersebut membuat *pontoon lifting* tenggelam. simulasi ketinggian sarat *pontoon lifting*. Untuk menentukan sarat desain ( $T$ ) sesuai scenario pemuatan bisa ditentukan dengan turunan persamaan (2). Sarat desain yang dimaksud

yakni nilai  $T_{max}$ . dan  $T_{min}$ . Setelah dilakukan analisa dapat ditarik kesimpulan *pontoon lifting* sendiri tidak mampu dan tidak punya cadangan daya apung yang cukup untuk menjalankan scenario pemuatan. Maka dilakukan perubahan desain tabung bawah (lambung), dengan memperbesar diameter tabung bawah menjadi 1,88 m yang semula 0,94 m menjadi 2 kali lipat nya yaitu. Dalam pengerjaan perubahan desain tabung dilakukan

beberapa simulasi yakni seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** a) Simulasi pemodelan tabung *poonton lifting* awal, b) Simulasi pemodelan tabung *poonton lifting* redesign

Gambar 4 menunjukkan simulasi perubahan lambung *poonton lifting*. Kemudian dilakukan perhitungan berdasarkan simulasi yang dilakukan dan digunakan persamaan berikut.

$$r^2 \left( \theta - \frac{1}{2} \sin 2 \theta \right) \tag{3}$$

dimana,

$r$  = jari-jari tabung (m)

$\theta$  = sudut konstruksi sekat memanjang terhadap bidang horizontal (°)

setelah dilakukan *redesign* tabung bawah, maka didapatkan berat yang harus ditanggung oleh *pontoon lifting* ialah sebesar 80,90 ton maka dari itu tabung dibagian bawah dilakukan *increasing* luas permukaan air pada tangki *ballast* di ketinggian 0,4 m = 0,861 m<sup>2</sup>. Sehingga ditentukan nilai volume yakni :

$$V = A_{\text{permukaan air ballast}} \times L_{\text{tabung}} \tag{4}$$

$$= 26,691 \text{ m}^3$$

$$= 27,35 \text{ ton}$$

luas permukaan air pada tangki *ballast* di ketinggian 0,5 m = 1,8 m<sup>2</sup>. Sehingga ditentukan nilai volume yakni (persamaan 4) :

$$V = 55,8 \text{ m}^3$$

$$= 57,195 \text{ ton}$$

luas permukaan air pada tangki *ballast* di ketinggian setengah lingkaran = 2,774 m<sup>2</sup>. Sehingga ditentukan nilai volume yakni (persamaan 4) :

$$A_{\text{Setengah Lingkaran}} = \left( \frac{\pi r^2}{2} \right) \tag{5}$$

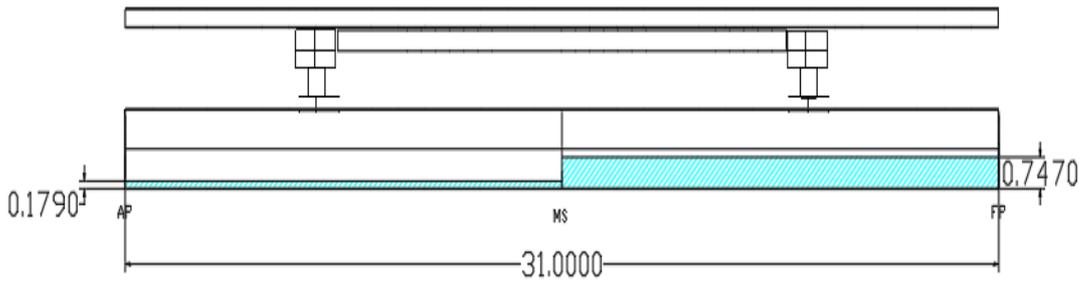
$$r = 0,94 \text{ m}$$

$$D = 1,88 \text{ m}$$

$$V = 85,994 \text{ m}^3$$

$$= 88,14 \text{ ton}$$

Setelah menghitung *displacement* untuk masing-masing ketinggian sarat selanjutnya menghitung volume permukaan air ballast yang diatur dan dibatasi oleh sekat. Adanya Sekat pada tabung bagian bawah *pontoon lifting* ini sangat penting dalam pengoperasiannya, dikarenakan untuk mengangkat sebuah kapal kita harus mengetahui titik berat pada kapal tersebut. Karena setiap kapal mempunyai titik berat yang berbeda – beda contoh nya ada kapal yang mempunyai titik berat berada di belakang *midship*, atau adapun juga di depan *midship*, dan ada juga yang tepat di *midship*. Oleh karena itu penting nya sekat pada *pontoon lifting* sendiri bertujuan agar kita mampu menyesuaikan titik berat kapal dan titik berat *pontoon lifting* agar stabilitas nya tetap terjaga dengan baik. Peletakan sekat pada lambung *poonton lifting* ditunjukkan pada Gambar 5 sebagai berikut:



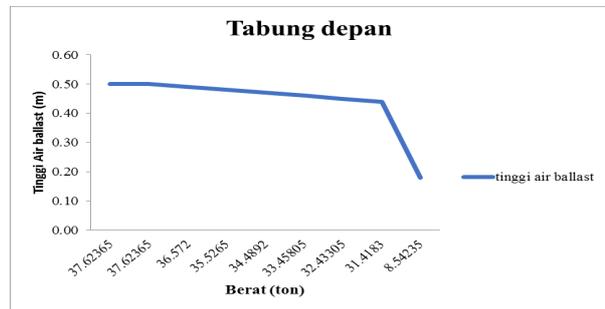
**Gambar 5.** Simulasi perbedaan tinggi air ballast secara memanjang yang dibatasi oleh peletakan sekat memanjang

Gambar 5 menunjukkan bahwa simulasi dilakukan pada tabung di ketinggian air ballast yang berbeda yang dibatasi oleh sekat dengan tujuan untuk mengurangi trim pada *poonton lifting* dan untuk dapat mengontrol titik berat guna mendapatkan stabilitas yang baik. Kemudian langkah selanjutnya untuk dapat menyesuaikan tinggi air ballast, beberapa komponen perhitungan patut di perhatikan

seperti momen, berat dan juga *Longitudinal center of buoyancy (LCG)* tabung depan, tabung belakang dan muatan (kapal). Semua komponen ini harus di atur sedemikian rupa agar *longitudinal center of buoyancy (LCG)* total nya bernilai 0 agar mendapatkan kondisi even keel. Simulasi penyesuaian perhitungan *LCG* poonton lifting menggunakan *microsoft excel* ditunjukkan pada Gambar 6 dan Tabel 3.



(a)



(b)

**Gambar 6.** a) Grafik perhitungan *LCG* dengan nilai ketinggian air tangki ballast vs berat pada tabung belakang, b) Grafik perhitungan *LCG* dengan nilai ketinggian air tangki ballast vs berat pada tabung depan.

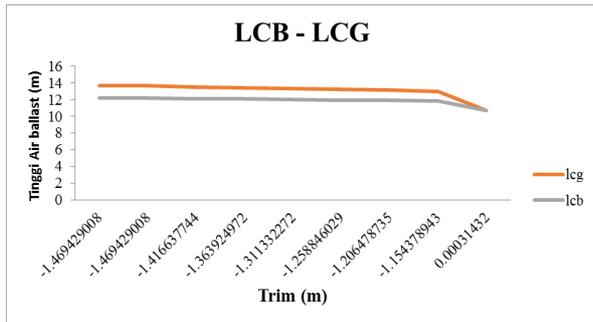
**Tabel 3a.** Nilai perhitungan *LCG* dengan nilai ketinggian air tangki ballast vs berat pada tabung belakang

tinggi air ballast	Luasan	volume air ballast	Berat / ton	lcg	momen
0,50	0,592	36,706	37,62365	23,25	874,74986
0,50	0,592	36,706	37,62365	23,25	874,74986
0,49	0,575	35,680	36,572	23,25	850,299
0,48	0,559	34,66	35,5265	23,25	825,99113
0,52	0,625	38,780	39,7495	23,25	924,17588
0,46	0,526	32,642	33,45805	23,25	777,89966
0,45	0,510	31,642	32,43305	23,25	754,06841
0,43	0,479	6,424	6,5846	23,25	153,09195

**Tabel 3b.** Nilai perhitungan *LCG* dengan nilai ketinggian air tangki ballast vs berat pada tabung depan

No	tinggi air ballast	Luasan m2	volume air ballast m3	berat / ton	Lcg	momen
1	0,48	0,559	34,660	35,527	7,75	275,330
2	0,48	0,559	34,660	35,527	7,75	275,330
3	0,49	0,575	35,680	36,572	7,75	283,433
4	0,50	0,592	36,706	37,624	7,75	291,583
5	0,46	0,526	32,642	33,458	7,75	259,300
6	0,52	0,625	38,780	39,750	7,75	308,059
7	0,53	0,642	39,826	40,822	7,75	316,368
8	0,54	0,659	40,878	41,900	7,75	324,725
9	0,76	1,052	65,202	66,832	7,75	517,948

Gambar 6a dan 6b menunjukkan grafik penyebaran berat pada tabung belakang dan depan. Grafik tersebut menunjukkan jumlah ketinggian air *ballast* berbanding lurus dengan besar nilai penyebaran berat pada yangki belakang dan depan. Agar memudahkan membaca beberapa tabel di atas maka dibuat grafik koreksi trim yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik koreksi trim *pontoon lifting*

Gambar 7 menunjukkan garis grafik berwarna orange adalah *LCG* total, kemudian garis berwarna abu – abu ialah *LCB*. Sumbu *x* adalah nilai koreksi trim. *Pontoon lifting* akan mengalami kondisi *even keel* di titik pertemuan antara garis *LCG* dan garis *LCB*. Tabel 3a dan 3b menunjukkan nilai *input* ketinggian air *ballast* akan disimulasikan menggunakan rumus volume tabung horizontal. Pada umumnya untuk menghitung volume tangki horizontal dibutuhkan data – data sebagai berikut :

Panjang *pontoon lifting* ( $L_T$ ) = 31 meter

jari – jari tabung bawah ( $r$ ) = 0.94 meter

Diameter tabung bawah ( $D$ ) = 1.88 meter

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{kapasitas tangki} &= ((\pi r^2 \times l))/1000 \\ &= 0.09 \text{ liter} \end{aligned}$$

Tinggi air *ballast* = 0.43 meter

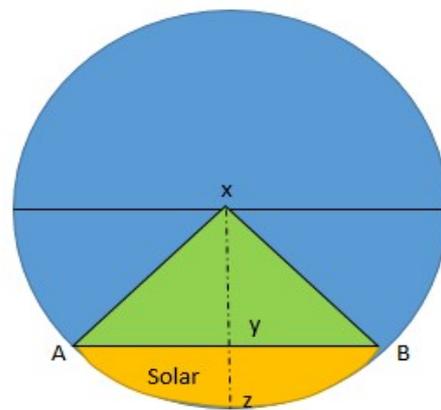
Sehingga tinggi ruang kosong yakni,

$$= \text{diameter} - \text{tinggi air ballast} \tag{6}$$

$$= 1.88 - 0.43$$

$$= 1.45 \text{ meter}$$

Ketinggian air *ballast* pada penampang melintang tabung bawah *pontoon lifting* ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Penampang melintang tabung bawah

Gambar 8 menunjukkan tentang kondisi detail pada saat simulasi, hingga diperoleh volume air *ballast* yang di pengaruhi luas tembereng, dan luas segitiga. Untuk detail perhitungannya sebagai berikut:

(Mencari panjang  $AB$ )  $XY$

$$= XZ - YZ \tag{7}$$

$$= r - \text{tinggi air ballast} \tag{8}$$

$$= 0.51 \text{ meter}$$

Kemudian garis  $YB = YA$

$$YA = YB = \sqrt{(r^2 - \text{Panjang } XY^2)} \tag{9}$$

$$= 0.790 \text{ meter}$$

$$= 0.790 \times 2$$

Maka panjang garis  $AB = 1.579$  meter

Kemudian setelah di temukan panjang garis  $AB$  maka langkah selanjutnya kita dapat mencari sudut  $Cos x$  dengan panjang sisi kemiringan pada segitiga dianggap senilai jari-jari yang ditentukan sebagai berikut :

Mencari sudut  $Cos (x)$ , garis  $AX$  sama dengan garis  $BX$  senilai  $= 0.94$  meter

Untuk nilai  $x$ ,

$$x = \left( \frac{r^2 + r^2 - Panjang\ AB^2}{2.r^2} \right) \quad (10)$$

$$= - 0.411$$

$$A\ cos = 114.285^\circ$$

Kemudian setelah itu kita dapat menghitung luas lingkaran, luas segitiga dan luas tembereng yang ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Luas lingkaran} = \pi r^2$$

$$= 2.776 \text{ meter}$$

$$\text{Luas juring } AZBX = 0.881 \text{ meter}^2$$

$$\text{Luas segitiga } ABX = 0.403 \text{ meter}^2$$

$$\text{Luas tembereng} = 0.479 \text{ meter}^2$$

$$\text{Volume air ballast} = 14.834 \text{ meter}^3$$

Kemudian setelah itu masuk ke langkah berikutnya yaitu koreksi trim sebagai berikut :

Diketahui :

$$\text{Tinggi air ballast tabung belakang} = 0.747 \text{ m}$$

$$\text{Volume air ballast tabung belakang} = 63.716 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat} = 65.309 \text{ Ton}$$

$$LCG = 7.75 \text{ m diukur titik tengah air ballast pada autocad}$$

$$\text{Momen} = 506.144 \text{ Ton.meter}$$

$$\text{Tinggi air ballast tabung depan} = 0.179 \text{ m}$$

$$\text{Volume air ballast tabung depan} = 8.334 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat} = 8.54235 \text{ Ton}$$

$$LCG = 23.25 \text{ diukur titik tengah air ballast pada autocad}$$

$$\text{Momen} = 198.60964 \text{ Ton.meter}$$

$$\text{Berat kapal yang akan di angkat} = 77.00 \text{ Ton}$$

$$LCG = 11.567 \text{ m}$$

$$\text{Momen} = 890.63 \text{ Ton.meter}$$

Untuk analisa *poonton lifting* dalam keadaan kosong sebagai berikut:

$$\text{Berat} = 3.90 \text{ Ton}$$

$$LCG = 15.5 \text{ meter}$$

$$\text{Momen} = 60.45 \text{ Ton.meter}$$

Kalkulasi berat total, momen total, dan  $LCG$  total secara keseluruhan pada contoh tinggi air *balllast* yang di ambil sebagai berikut :

$$\text{Berat total} = 154.75 \text{ Ton}$$

$$\text{Momen total} = 1655.83 \text{ Ton.meter}$$

$$LCG\ total = 10.700 \text{ m}$$

$$\text{Maka berat total poonton lifting} = 77.751 \text{ ton}$$

$$LCG\ poonton\ lifting = 9.461 \text{ m}$$

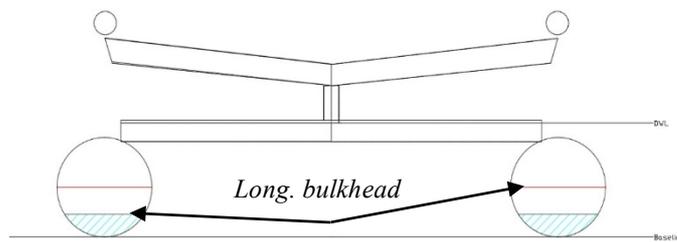
$$LCG\ total + LCB\ kapal = 10.700 \text{ m}$$

$$\text{Maka koreksi trim} = 10.700 \text{ m} - 10.700 \text{ m}$$

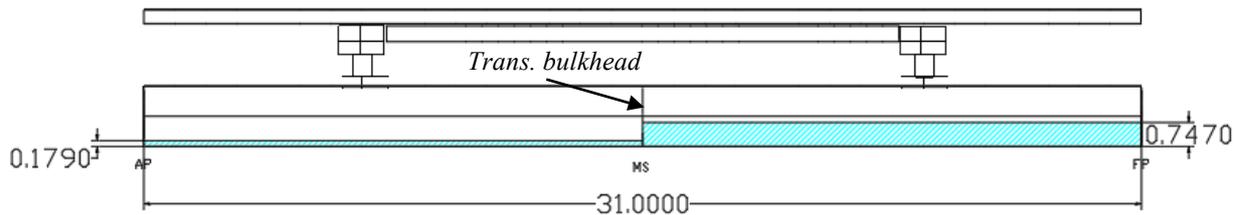
$$= 0,000314 \text{ m}$$

Penambahan konstruksi sekat pada lambung bawah *poonton lifting* sebagai pengontrol titik berat dan trim. Konstruksi sekat terdiri dari sekat memanjang dan sekat melintang. Sekat memanjang berfungsi sebagai pengontrol air *ballast*. Letak sekat memanjang terletak pada *midship poonton lifting* pada *LCG* 15,5 meter. Konstruksi sekat *poonton lifting* ditunjukkan pada Gambar 9.

Sekat melintang *poonton lifting* berfungsi sebagai pengatur atau pengontrol dari pada titik berat, dimana setiap kapal yang berperan sebagai muatannya (*TLC*) mempunyai titik berat yang berbeda – beda. Peran sekat melintang menjadi pembatas antara air *ballast* pada tabung belakang dan depan. Tangki *ballast* yang dibatasi sekat melintang untuk mengakomodir (pengimbang) ketika kapal yang ingin dinaikkan mempunyai titik berat dibagian haluan maupun buritan. Konstruksi sekat melintang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 9. Sekat memanjang *poonton lifting*



Gambar 10. Sekat melintang *poonton lifting*

Gambar 9 dan 10 menunjukkan letak konstruksi memanjang dan melintang yang fungsi lainnya untuk meminimalisir *free surface effect* yang dapat memperburuk stabilitas *pontoon lifting* dan kemungkinan terburuk akan mengakibatkan *pontoon lifting* tersebut terbalik. *Free surface* adalah permukaan bebas yang terdapat pada benda berbentuk cair yang mengakibatkan benda cair tersebut berubah bentuk sesuai dengan wadah yang ditempatinya. *Free surface effect*

terjadi pada *pontoon lifting* karena memiliki muatan cair (*ballast*) yang sangat berpengaruh terhadap stabilitas *pontoon lifting* tersebut. Seperti pada stabilitas kapal yang bermuatan cair, kapal tersebut memiliki stabilitas yang lebih buruk akibat pergeseran titik berat muatan yang berubah-ubah. Untuk tangki yang tidak terisi penuh, titik berat dari air *ballast* didalam tangki akan berubah bila kapal mengalami *heeling* saat beroperasi dilaut.

Selanjutnya adalah penentuan pompa sendiri sangat penting untuk membantu mendistribusikan air *ballast* pada saat pengoperasian *pontoon lifting*. Dimana pompa juga menjadi bagian yang sangat vital bersama dengan sekat yang terletak pada tabung. Langkah – langkah dalam menentukan pompa adalah sebagai berikut :

Perhitungan kapasitas pompa

$$Q = \frac{V}{t} \tag{11}$$

dimana :

$V$  = Volume tangki air *ballast*

$$= 86,05 \text{ m}^3$$

$t$  = Waktu Pengisian air *ballast*

$$= 0,75 \text{ jam}$$

$$Q = 0,0319 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 114,74 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$= 31,87 \text{ liter/s}$$

Perhitungan diameter pipa

$$Q = A \times v \tag{12}$$

dimana :

$A$  = Luas penampang pipa ( $\text{m}^2$ )

$$= \frac{\pi \times D^2}{4} \tag{13}$$

$v$  = Kecepatan aliran, antara 2 - 4 m/s

$$= 2 \text{ m/s}$$

$$Q = \frac{\pi \times D^2}{4} \times v \tag{14}$$

dimana :

$$dH = \sqrt{\frac{Q \times 4}{v \times \pi}} \tag{15}$$

$$= 0,14 \text{ meter}$$

$$= 142,48 \text{ mm}$$

Sehingga nilai  $dH = 14,248 \text{ mm}$  dikalikan dengan jumlah pipa. Perhitungan menurut tabel dari *ABS chapter 6 Sec. 2* [1].

$$\textit{inside diameter} = 155,20 \text{ mm} \quad 0,16$$

$$\textit{outside diameter} = 165,20 \text{ mm} \quad 0,17$$

$$\textit{thickness} = 5,00 \text{ mm}$$

untuk mencari diameter dalam atau inside diameter maka dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{diketahui diameter dalam} = 142.48 \text{ mm} \times 10$$

$$= 14.247997 \text{ mm}$$

Dikali 10 karena pipa yang direncanakan berjumlah 10 kemudian mencari diameter dalam menggunakan tabel dari *ABS chapter 6 Sec. 2* yaitu menjadi : Pipa yang digunakan adalah pipa berukuran 20 mm dengan *thickness* atau *sch.* 80 karena pipa tersebut dikategorikan pipa air laut 3,912 mm. Sehingga,

$$= 3,912 \times 2$$

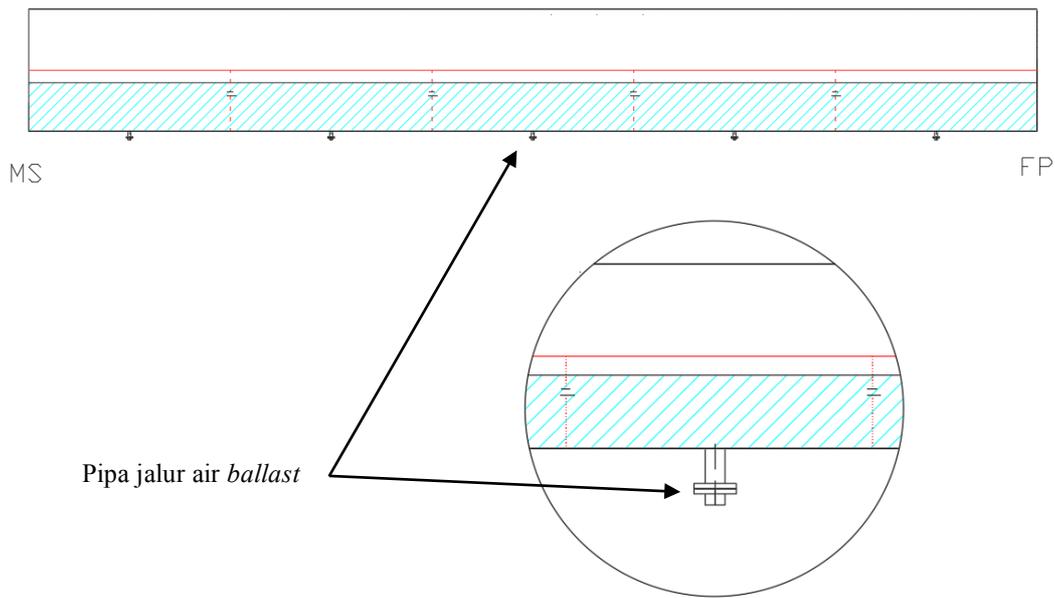
$$= 7,824 \text{ mm} \text{ kemudian}$$

$$= \text{Diameter luar} - 7.824 \text{ mm}$$

$$= 26.67 \text{ mm} - 7.824 \text{ mm}$$

$$= 18.84 \text{ mm}$$

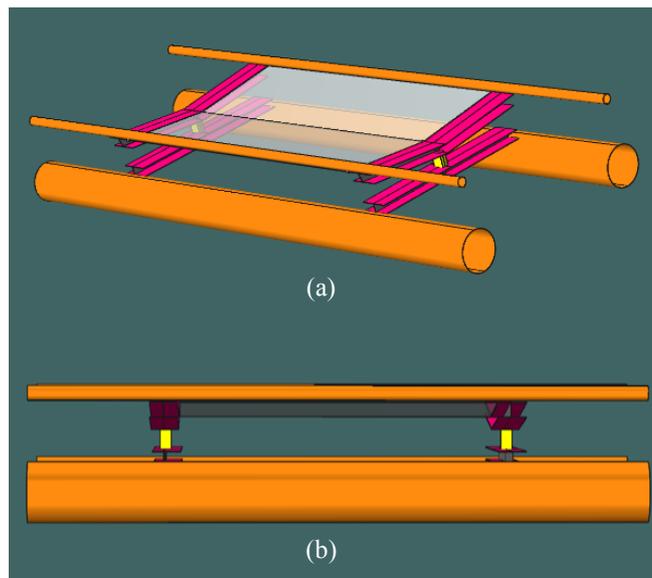
Konstruksi pipa jalur air laut yang berjumlah 10 *pcs.* (lambung kiri dan lambung kanan) masuk ke tabung untuk mengisi tangki *ballast* ditunjukkan pada Gambar 11



**Gambar 11.** Pipa jalur air *ballast*

Gambar 11 menunjukkan letak konstruksi pipa jalur air laut. Pipa ini terletak 5 pcs. di depan *midship* dan 5 pcs. di belakang *midship*. Setiap lambung masing-masing memiliki 10 pcs. Kemudian setelah langkah yang dilakukan di atas maka ditambahkan sistem pipa interkoneksi yang berfungsi untuk membantu jalannya proses pengeluaran air apabila dalam satu ruang terjadi kesalahan misalnya pengoperasian pipa tidak maksimal

atau tidak berfungsi dengan baik. Setelah di lakukan proses kalkulasi perhitungan pompa maka dilakukan penyempurnaan dan finalisasi model 3D dengan bantuan software maxurf sesuai dengan ukuran yang telah sesuai dengan perencanaan displacement dan scenario kondisi-kondisi pemuatan ketika *poonton lifting* beroperasi. Model *poonton lifting* yang telah di *redesign* ditunjukkan pada Gambar 12.



**Gambar 11.** a) Model 3D *poonton lifting* dan, b) *view profile*

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan. Dibantu dengan software komputasi seperti *Microsoft Excel*, *Maxsurf Modeller*, maka dapat disimpulkan beberapa informasi teknis desain *pontoon lifting* untuk mengangkat kapal sekitar  $\pm 77$  ton adalah dengan ukuran diameter tabung bawah ( $D$ ) = 1,88 meter, panjang ( $L$ ) = 31 meter, dan penambahan sekat memanjang pada ketinggian 0,94 meter, dan sekat melintang pada bagian tengah tabung dengan nilai  $LCG = 15,5$  meter. Untuk menjaga stabilitas *poonton lifting* dan muatannya (berupa kapal), diperoleh volume air *ballast* pada tabung depan ( $V$ ) = 63,716 meter<sup>3</sup>, dan tabung belakang ( $V$ ) = 8,334 meter<sup>3</sup>.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Ungkapan terimakasih kepada PT. *Orela Shipyard* serta Program Studi Teknik Perkapalan Institut Teknologi Kalimantan yang telah membeli *license academic version software Maxsurf 21* sehingga makalah ini bisa dipublikasikan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] ABS. Rules for Building and Classing Steel Vessels Chapter 6 Sec. 2, Table 8 *Commercial Pipe Sizes and Wall Thicknesses*. 2005.
- [2] Eko B. Djatmiko and Mas Murtedjo, Enhancing The Operational Performance of SWATH-FPSR, Naval Platform Technology Seminar 2005, NPTS 2005, the Republic of Singapore Navy (RSN), Singapore, May 2005.
- [3] Hadiansyah, D., D. et al. Analisis Teknis dan Ekonomis Perancangan dan Produksi Pontoon Lift untuk Kapal Ikan 60 GT, JURNAL TEKNIK ITS Vol. 6, No. 1, 2017.
- [4] Lloyd's Register, Rules and Regulations for the Construction and Classification of Floating Docks, London, EC3M 4BS U.K. 2016 Pt. 2 Ch. 1 Sec. 2 21.
- [5] Nurwanti, R., Triwilaswandio W., P. "Analisa Peningkatan kualitas Layanan Jasa Reparasi Kapal di Galangan Kapal Jawa Timur". J. TEKNIK ITS, Vol. 5, No.1 : G41-G42. 2016.
- [6] Orela Shipyard, "Profil Galangan PT. Orela Shipyard" [Online]. Available at : <https://www.orela.co.id/> [Diakses 08 Juni 2020].
- [7] R. L. Storch, C. P. Hammon, H. M. Bunch, and R. C. Moore. Ship Production. Second Edition. Centreville: Cornell Maritime Press. 1995.
- [8] R. Heger, Dockmaster Training Manual, Heger Dry Dock Inc., Holliston, U.S. (2005, June). H. Hashimoto, S. Yoneda, Y. Tahara and E. Kobayashi, "CFD-Based Study on the Prediction of Wave-Induced Surge Force," *Ocean Engineering*, vol. 120, pp. 389-397, 2016.
- [9] Soebandono, P. Pengertian perawatan. Manajemen Perawatan kapal. 2006.
- [10] Subawa, I., N., Effendi P., S., Janny F., P. "Studi Tentang Kerusakan dan Lama Perbaikan Kapal Ikan yang Melakukan Perbaikan di Bengkel Latih Kapal Perikanan Politeknik Kelautan dan Perikanan Bitung". J. Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap, Vol. 2, No. 2: 101-104. 2015.
- [11] S. Maksjuta, "TTS Syncrolift Fast Docking Systems," TTS Group, Norway, September, 2016.
- [12] Wibowo, B., M., Herry B., Indradi S. "Analisis Finansial Usaha Docking Kapal Purse Seine di CV Putra Barokah Kabupaten Pati" J. Fisheries Resources

Utilization Management and Technology,  
Vol. 4, No. 4: 223 – 229. 2015.

- [13] Windyandari, A. “prospek industri galangan kapal dalam negeri guna menghadapi persaingan global,” Staf Pengajar Jurusan D III Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, TEKNIK – Vol. 29 No. 1 Tahun 2008.