

Desain *Self-Propelled Barge* Sebagai Fasilitas Pengangkut *Block* untuk Galangan Kapal dari Batam ke Singapura

Rakadrian Nugraha Buana, Ardi Nugroho Yulianto, dan Hesty Anita Kurniawati

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: tita@na.its.ac.id

Abstrak—Salah satu jasa yang disediakan oleh galangan-galangan kapal di Batam dan Singapura adalah layanan pembuatan blok-blok kapal ataupun bangunan *offshore* dimana blok tersebut akan difabrikasi di sebuah galangan lalu diantar ke galangan lainnya untuk kemudian dilakukan *joint erection*. Dalam jurnal ini akan dibahas sebuah moda transportasi berbentuk *self-propelled barge* yang berfungsi untuk mengangkut blok-blok tersebut dengan tujuan meringankan biaya produksi yang disebabkan oleh penyewaan tongkang beserta tugboat. Analisis teknis yang dibahas yaitu penentuan ukuran utama kapal, koefisien bentuk, hambatan dan propulsi kapal, *freeboard*, stabilitas kapal, *trim*, serta prosedur *loading* dan *off-loading*. Serta perhitungan ekonomis yang dibahas yaitu perhitungan biaya pembangunan kapal, penentuan harga sewa kapal, *break even point*, serta perbandingan harga dengan moda transportasi yang sudah ada. Ukuran utama kapal yang didesain yaitu panjang *perpendicular* (LPP): 89,2 meter, lebar (B): 21,1 meter, sarat (T): 2 meter, dan tinggi (H): 4,3 meter, dengan kecepatan : 10 knots. Kapal ini memiliki kapasitas untuk mengangkut tiga blok bangunan kapal ataupun bangunan *offshore* yang memiliki ukuran maksimal luasan tiap blok 20 x 18 meter dan berat maksimal 270 ton. Harga penyewaan dari *self-propelled barge* ini yaitu Rp.6.700.000.000.

Kata Kunci—Blok, *Self-propelled Barge*, *Loading*, *Off-Loading*, Batam, Singapura.

I. PENDAHULUAN

BATAM merupakan salah satu kota industri yang ada di Indonesia, lebih tepatnya yaitu industri perkapalan. Tidak jarang juga perusahaan galangan-galangan kapal di Batam menerima pesanan dari luar negeri sebagai contoh negara tetangga kita yaitu Singapura. Beberapa jasa yang dilakukan perusahaan galangan-galangan kapal di Batam salah satunya adalah *Steel Structure Fabrication*. *Steel Structure Fabrication* adalah jasa pembangunan satuan *block* atau lebih untuk perakitan kembali di daerah lain yaitu seperti pembangunan *block-block* kapal atau pembangunan *block-block* bangunan *offshore*. Dalam proses pengiriman *block-block* ini, perusahaan galangan kapal banyak yang menggunakan jasa pengiriman menggunakan kapal tongkang, terkadang mereka pun menyewa jasa tersebut dari luar negeri. Dan rata-rata dari bisnis penyewaan tongkang harus menyewa kapal *tugboat* juga untuk memandu tongkang tersebut. Dengan begitu akan menambah biaya ekstra dalam pembangunan *block-block* tersebut.



Gambar 1. Rute pelayaran.

Sehubungan dengan adanya kasus tersebut, maka dalam pekerjaan ini akan dibahas mengenai desain *self-propelled barge* yang mampu mengurangi biaya penyewaan moda transportasi pengiriman blok-blok tersebut serta mampu bekerja secara optimal dan fungsional.

Adapun tujuan dari pekerjaan ini adalah untuk mendapatkan ukuran utama dari *self-propelled barge*, perhitungan teknis seperti hambatan dan propulsi kapal, *trim*, *freeboard*, serta stabilitas, dan juga perhitungan ekonomis serta analisis perbandingannya dengan kapal pengangkut yang sudah ada. Dari ukuran utama yang sudah didapatkan kemudian dijadikan acuan untuk membuat gambar rencana umum, gambar rencana garis, serta gambar model 3D dari *self-propelled barge* tersebut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pendekatan Desain

Dalam proses mendesain kapal, digunakan pula Teknik berulang yang prosesnya terangkum dalam sebuah alur melingkar disebut *Spiral Design*. Proses berulang ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah hasil desain yang maksimal dan sesuai keinginan. Didalam diagram *spiral design* terdapat 4 pembagian proses yaitu *design statement*, *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design* [1].

B. *Self-Propelled Barge*

Self-Propelled Barge (SPB) adalah salah satu jenis dari tongkang (*barge*) yang di desain dengan bentuk lambung dan

bagian bawah yang datar, namun perbedaan dengan tongkang lainnya SPB ini memiliki tenaga penggerak sendiri sehingga tidak memerlukan bantuan *tug boat* untuk bergerak. Dengan begitu kapal *self-propelled barge* ini memiliki keunggulan dalam bermanuver daripada tongkang dan *tug boat* biasa yang sudah ada [2].

C. Rute Pelayaran

Kota Batam merupakan kawasan yang terkenal dengan industri galangan kapalnya. Dalam setahun perusahaan galangan mengerjakan sekitar seribu unit kapal tongkang dan *tug boat*. Industri galangan kapal di Batam dapat dikatakan sangat berkembang. Beberapa galangan kapal di Batam melakukan jasa *steel structure fabrication*. Pemesan dari bangunan blok-blok kapal dan bangunan *offshore* ini kebanyakan dari luar Indonesia, salah satunya adalah Singapura. Alasan adanya jasa *steel structure fabrication* ini adalah untuk dilakukannya *join erection* di galangan Singapura. Rute pelayaran dapat dilihat pada Gambar 1.

III. METODOLOGI

A. Pengumpulan Data

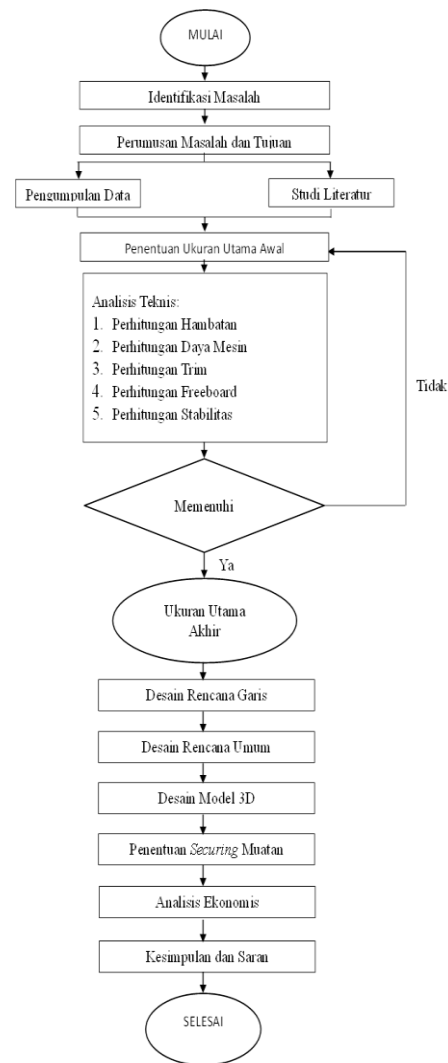
Dalam pengerjaan Jurnal ini dilakukan pengambilan data. Data yang digunakan merupakan data sekunder yaitu data yang didapatkan tidak secara pengukuran langsung di lapangan melainkan dari galangan kapal, jasa penyewaan tongkang dan *tug boat*, serta jasa penyewaan *crane*.

B. Pengolahan Data

Setelah terkumpulnya data yang dibutuhkan maka selanjutnya adalah melakukan perhitungan dan analisis. Perhitungan yang dibahas pada jurnal ini adalah perhitungan teknis dan ekonomis. Juga dilakukan analisis pada perhitungan ekonomis untuk kemudian dilakukan perbandingan harga dengan jasa penyewaan yang sudah ada. Perhitungan teknis dilakukan dengan melakukan sketsa dari layout ukuran utama awal untuk kemudian dilakukan perhitungan lebih menyeluruh seperti perhitungan stabilitas, *trim*, *freeboard*, hambatan dan propulsi kapal, serta koreksi *displacement*. Setelah didapatkan semua perhitungan maka dilakukan penggambaran desain rencana garis, rencana umum, serta model 3D. Lalu terakhir dilakukan penentuan dari *securing* muatan. Perhitungan ekonomis dilakukan dengan menghitung biaya pembangunan dan biaya operasional dari kapal ini untuk kemudian dilanjutkan menghitung *net present value*, *break even point*, *internal rate of return*, *profitability index*, dan *payback period*. Perhitungan ekonomis dilakukan pada jangka waktu 5 tahun.

C. Diagram Alir

Diagram alir dari proses pengerjaan jurnal ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir.

mengangkut 3 buah blok bangunan kapal maupun bangunan *offshore* ditentukan dari rata-rata manifest per satu kali pengiriman. Ketentuan maksimal dari ukuran dan berat dari satu blok dapat dilihat pada

Tabel 1.

Tabel 1.
Ukuran Maksimum Blok

Komponen Blok	Nilai	Satuan
Ukuran luasan alas	20x18	m ²
Berat	270	ton

B. Penentuan Ukuran Utama

Tabel 2.

Ukuran Utama Kapal

Komponen	Nilai	Satuan
L _{PP}	89,2	m
B	21,1	m
H	4,3	m
T	1,5	m
V _S	10	knot
C _B	0,818	
C _M	0,994	
C _P	0,823	
C _{WP}	0,887	
LCB	42,39	m dari FP

IV. ANALISIS TEKNIS

A. Penentuan Payload

Kapasitas angkut dari *self-propelled barge* ini yaitu

$$\underline{\underline{\text{Displacement } 2,322.95 \text{ m}^3}}$$

Setelah ditentukannya kapasitas *payload* yang akan diangkat pada kapal self-propelled barge tersebut maka selanjutnya adalah dilakukannya penentuan ukuran utama kapal. Ukuran utama kapal didapatkan melalui proses pengujian berulang. Ukuran utamadan koefisien kapal ini dapat dilihat pada Tabel 2.

C. Pemilihan Tenaga Penggerak

Perhitungan daya yang dibutuhkan kapal ini didapatkan sekitar 918 kW. Mesin induk yang akan dipilih harus mempunyai kapasitas daya dorong yang harus bisa menghasilkan daya tersebut. Mesin yang dipilih adalah *marine engine* dengan merk Caterpillar yang mempunyai daya sebesar 1050 kW dan berat 10,5 ton. Kemudian dibutuhkan juga tenaga pendukung yaitu berupa *genset* dengan asumsi daya 25% dari daya mesin induk. Mesin tenaga pendukung yang dipilih yaitu *genset* dengan merk Caterpillar dengan daya 340 kW dan berat 1,7 ton.

D. Perhitungan Berat Kapal

Perhitungan berat kapal dibagi menjadi dua yaitu *lightweight* (LWT) dan *deadweight* (DWT). *Lightweight* merupakan berat kapal kosong tanpa muatan yang berarti hanya terdiri dari berat struktur kapal tersebut, berat instalasi permesinan, serta berat dari perlengkapan kapal itu sendiri. *Deadweight* merupakan berat dari muatan kapal yang akan dibawa selama perjalanan berlangsung yaitu terdiri dari *payload*, bahan bakar mesin, kebutuhan awak kapal, serta air bersih. Untuk perhitungan LWT kapal ini didapatkan sebesar 1.372,436 ton dan perhitungan DWT kapal didapatkan sebesar 1.001,513 ton.

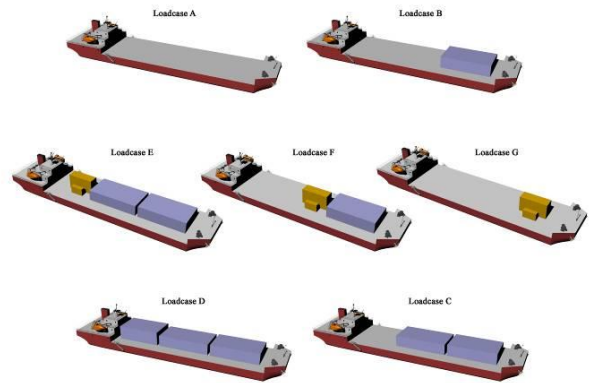
E. Perhitungan Freeboard

Freeboard merupakan selisih tinggi kapal antara yang tercelup di dalam air dan yang tidak. Perhitungan *freeboard* mengacu aturan dari *International Maritime Organization* dalam konvensi *International Convention on Load Lines* (ICLL). Hasil perhitungan didapatkan *freeboard* minimal dari kapal ini adalah 1,216 meter [3].

F. Penentuan Load Case

Pemakaian kapal ini dapat dibagi menjadi empat kasus atau yang biasa dinamakan *load case*. *Load Case A* yaitu keadaan dimana saat kapal tidak membawa muatan sama sekali. *Load Case B* adalah dimana saat kapal hanya membawa muatan satu blok bangunan. *Load Case C* adalah dimana saat kapal hanya membawa muatan dua blok bangunan. *Load Case D* adalah dimana saat kapal membawa muatan penuh atau membawa tiga blok bangunan. *Load Case E* adalah dimana saat kapal membawa muatan satu mesin induk, dua mesin pendukung, dan dua blok bangunan. *Load Case F* adalah dimana saat kapal membawa satu mesin induk, dua mesin pendukung, dan satu blok bangunan. *Load Case G* adalah dimana saat kapal membawa muatan satu mesin induk dan dua mesin pendukung. Untuk tiap-tiap *load case* juga

dilakukan variasi muatan lain pada kondisi 100% dan 10%. Gambar ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi *Load Case*.

G. Perhitungan Trim

Trim adalah selisih antara sarat pada bagian depan dan bagian belakang sebuah kapal. Fenomena ini terjadi dikarenakan pembagian beban yang tidak merata di atas kapal untuk bagian depan maupun bagian belakang kapal. Aturan yang disyaratkan oleh IMO dalam *Safety of Lives at Sea* (SOLAS) adalah nilai *trim* tidak melebihi dari 0,5% panjang garis air kapal [3].

Untuk hasil dari perhitungan *trim* tiap-tiap *load case* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3.
Hasil Perhitungan *Trim*

<i>Load Case</i>	Hasil	Kriteria	Ket.
<i>Load Case A</i> (100%)	0,216		Accepted
<i>Load Case A</i> (10%)	0,253		Accepted
<i>Load Case B</i> (100%)	0,121		Accepted
<i>Load Case B</i> (10%)	0,164		Accepted
<i>Load Case C</i> (100%)	0,340		Accepted
<i>Load Case C</i> (10%)	0,316		Accepted
<i>Load Case D</i> (100%)	0,156	<0,403	Accepted
<i>Load Case D</i> (10%)	0,114		Accepted
<i>Load Case E</i> (100%)	0,133		Accepted
<i>Load Case E</i> (10%)	0,092		Accepted
<i>Load Case F</i> (100%)	0,156		Accepted
<i>Load Case F</i> (10%)	0,152		Accepted
<i>Load Case G</i> (100%)	0,005		Accepted
<i>Load Case G</i> (10%)	0,038		Accepted

H. Perhitungan Stabilitas

Stabilitas kapal merupakan perhitungan bagaimana karakteristik keseimbangan kapal. Untuk kriteria stabilitas kapal juga diatur oleh IMO dalam *Intact Stability Code* (ISC). Perhitungan stabilitas juga dilakukan untuk tiap-tiap *load case* yang telah ditentukan. Kriteria yang dihitung ada lima yaitu, sudut maksimum pada sudut 30 derajat (I), sudut maksimum pada sudut 40 derajat (II), sudut maksimum pada sudut antara 30 dan 40 derajat (III), maksimum GZ pada sudut 30 atau lebih (IV), sudut maksimum GZ (V), jarak GMT (VI) [4].

Hasil perhitungan stabilitas tiap-tiap kondisi dapat dilihat pada Tabel 4.

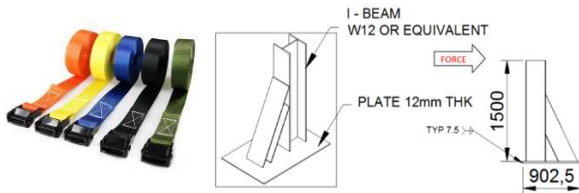
I. Penentuan Securing

Securing adalah cara pengamanan muatan yang digunakan pada kapal saat berlayar. Penentuan *securing* muatan juga diatur menurut IMO dalam. Pengamanan dilakukan pada

Tabel 4. Hasil Perhitungan Stabilitas

Load Case	I	II	III	Ket.
A100%	139,11	191,36	52,25	Accepted
A10%	177,19	214,79	58,69	Accepted
B100%	129,27	177,36	48,04	Accepted
B10%	129,31	177,19	47,872	Accepted
C100%	99,761	137,89	38,13	Accepted
C10%	99,595	137,54	37,94	Accepted
D100%	95,06	131,07	36,02	Accepted
D10%	95,07	130,98	35,918	Accepted
E100%	113,26	154,85	41,59	Accepted
E10%	113,36	154,89	41,528	Accepted
F100%	120,49	164,95	44,46	Accepted
F10%	120,52	164,85	44,33	Accepted
G100%	128,39	175,66	47,27	Accepted
G10%	128,38	175,83	47,45	Accepted
Kriteria	≥ 3,151	≥ 5,157	≥ 1,719	
Load Case	IV	V	VI	Ket.
A100%	5,55	18,2	39,47	Accepted
A10%	6,2	22,7	35,849	Accepted
B100%	5,171	19,1	33,475	Accepted
B10%	5,157	19,1	33,719	Accepted
C100%	4,175	20,9	28,852	Accepted
C10%	4,159	20,9	28,727	Accepted
D100%	3,967	21,8	24,732	Accepted
D10%	3,969	20,9	24,902	Accepted
E100%	4,555	20,9	24,767	Accepted
E10%	4,551	20,9	24,942	Accepted
F100%	4,834	20,9	28,536	Accepted
F10%	4,832	20,9	28,741	Accepted
G100%	5,104	19,1	33,488	Accepted
G10%	5,119	19,1	33,217	Accepted
Kriteria	≥0,200	≥15	≥0,15	

bagian sisi atas dan sisi samping tiap-tiap blok yang diangkat. Untuk pengamanan pada bagian sisi atas dari blok digunakan *lashing rope* yang diikatkan cukup erat pada bagian deck kapal. Untuk pengamanan pada bagian sisi samping dari blok digunakan sistem *shoring* yaitu suatu bentuk penahan atau pemberhenti agar muatan tidak bergerak dengan menggunakan plat profil I yang dilas ke atas deck kapal. Untuk jarak yang disarankan oleh IMO yaitu pada setiap jarak gading kapal tetapi tidak kurang dari 1 meter [5].



Gambar 4. Lashing Rope dan Plat Profil I.

J. Desain Rencana Garis

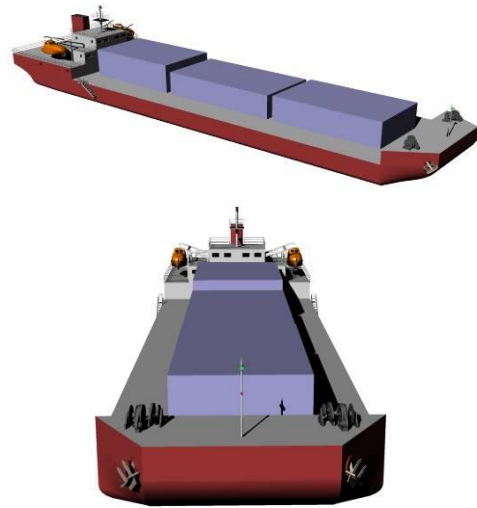
Pembuatan rencana garis (*lines plan*) menggunakan *software* pembuatan model kapal. Pembuatan model dilakukan dari pembentukan badan kapal sesuai dengan ukuran utama yang telah dihitung. Perolehan gambar rencana garis didapat dari fitur *software* tersebut. Hasil rencana garis dapat dilihat pada Gambar 7.

K. Desain Rencana Umum

Pembuatan rencana umum ini didasari dari kebutuhan tangki yang telah dihitung, kapasitas *payload* yang telah dihitung, serta ukuran utama yang telah didapat. Hasil rencana umum dapat dilihat pada Gambar 8.

L. Desain model 3D

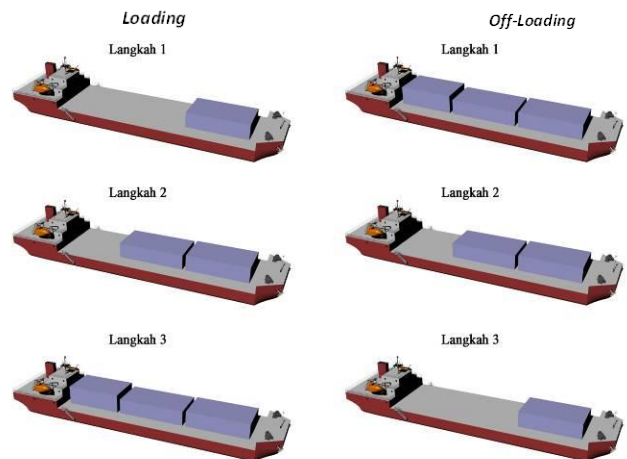
Desain model 3D dilakukan dengan bantuan *software* pembuatan model 3D. Desain model 3D dibuat merujuk dari gambar desain rencana umum. Desain gambar model 3D dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. 3D Model Self-Propelled Barge.

M. Prosedur Loading & Off-Loading

Prosedur *loading* dan *off-loading* didapatkan dari karakteristik stabilitas kapal saat sedang mengangkat muatan pada tiap-tiap kondisi atau *load case*. Kemudian dibuat skema untuk tiap-tiap *loading* dan *off-loading*. Skema prosedur *loading* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema Loading dan Off-Loading.

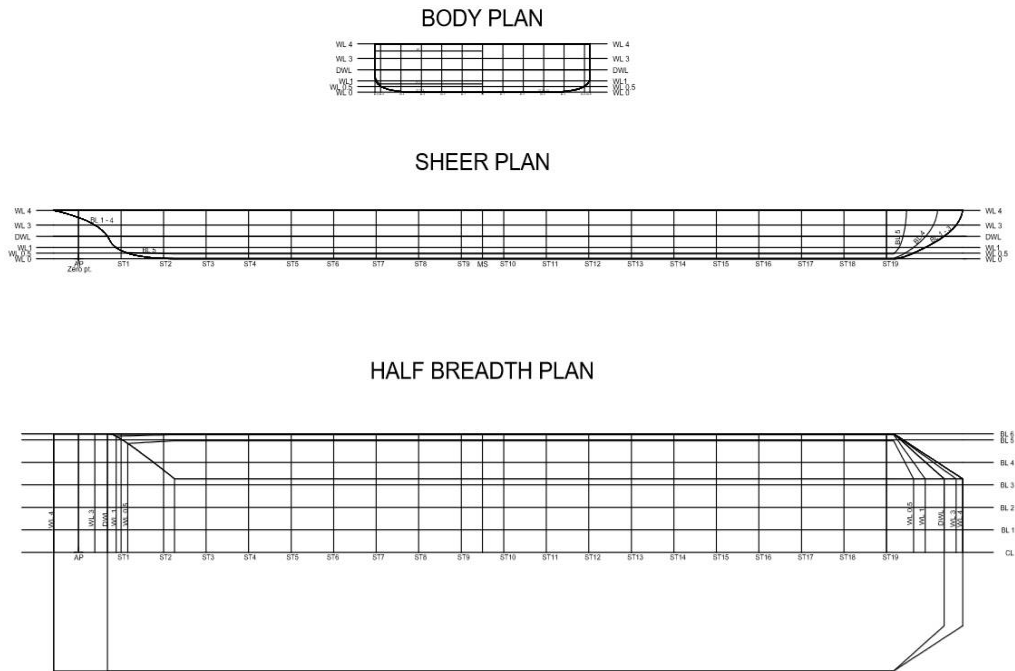
V. ANALISIS EKONOMIS

Tabel 5. Hasil Perhitungan Komponen Ekonomis

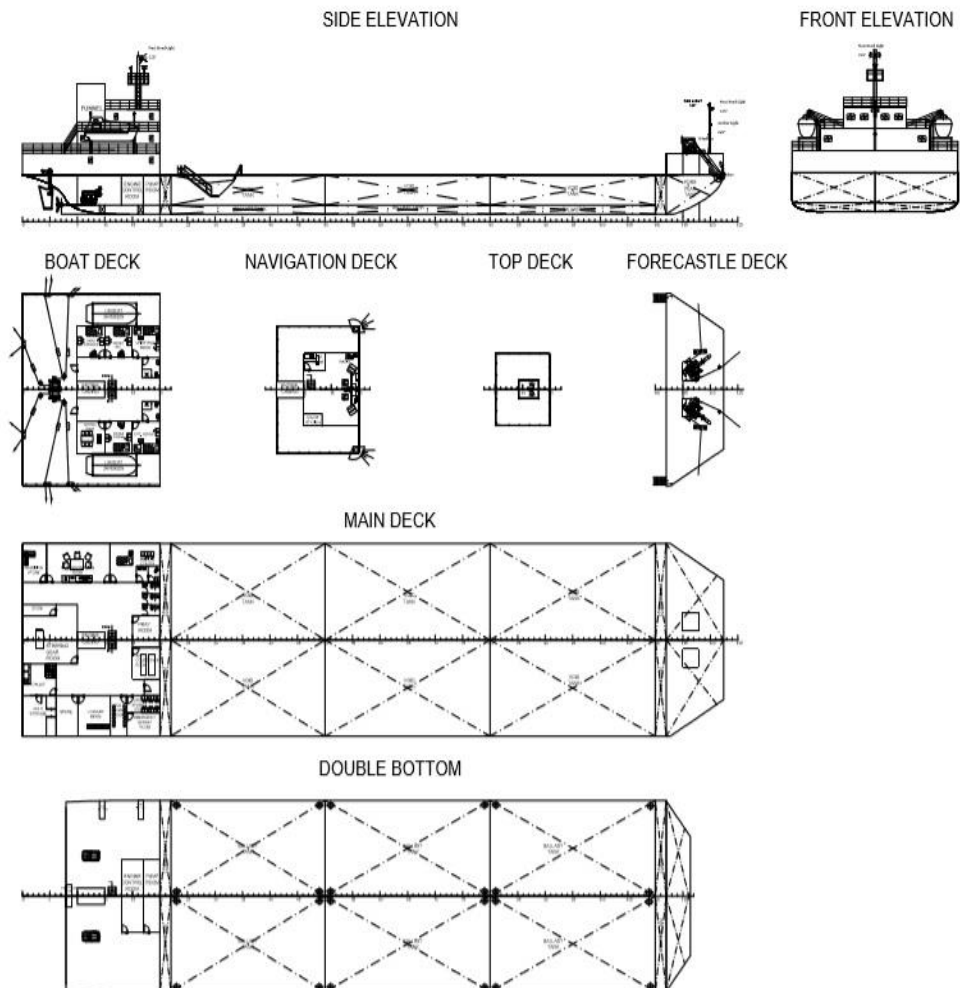
Komponen Ekonomis	Nilai
-------------------	-------

Harga Penyewaan	Rp. 6.700.000.000
NPV	Rp. 345.258.028,63
PI	1.02
IRR	10.7%

PP	3.28
BEP	Rp.317,067,434.52



Gambar 7. Rencana Garis Self-Propelled Barge.



Gambar 8. Rencana Umum Self-Propelled Barge.

Tabel 6.

Perbandingan Karakteristik *Self-Propelled Barge* dengan Tongkang dan *Tug Boat* yang Ada

Karakteristik	<i>Barge dan Tugboat Existing</i>	<i>Self-Propelled Barge</i>
Harga	Rp. 5,540,000,000 (tanpa <i>Operational Cost</i>)	Rp. 6,700,000,000
Muatan yang dapat diangkut	Blok	Blok dan mesin-mesin
Kecepatan	5 knot	10 knot
Waktu pengiriman	4 jam	2 jam
Utilitas	<i>Delay Time</i> cukup lama karena menunggu adanya blok terlebih dahulu.	<i>Delay Time</i> yang lebih sedikit, dikarenakan dapat mengangkut selain blok saat tidak ada blok yang diangkut

Perbandingan biaya dilakukan dengan menghitung terlebih dahulu komponen ekonomis dari *self-propelled barge* ini seperti penentuan biaya penyewaan *self-propelled barge*, proyeksi arus kas, perhitungan *break even point*, *net present value*, *profitability index*, *internal rate of return*, serta *payback period* kemudian dilakukan perbandingan dengan biaya sewa moda transportasi yang sudah ada. Rincian dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.5**.

Perbandingan karakteristik harga dan fungsi dari kapal *self-propelled barge* ini dengan kapal tongkang dan *tug boat* yang sudah ada dapat dilihat pada Tabel 6.

VI. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Setelah dilakukan perhitungan dan analisis maka kesimpulan dari Jurnal ini adalah sebagai berikut:

1. Dari analisis teknis didapatkan ukuran utama kapal sebagai berikut:

Length of perpendicular (LPP) : 89.2 meter

Breadth (B) : 21.1 meter

Height (H) : 4.3 meter

Draft (T) : 1.5 meter

2. Kapal *self-propelled barge* ini memenuhi persyaratan stabilitas kapal, *trim*, dan *freeboard*.

3. Desain Rencana Garis dapat dilihat pada lampiran , Desain Rencana Umum dapat dilihat pada lampiran , dan Desain 3D dapat dilihat pada lampiran

4. Harga penyewaan *self-propelled barge* ini sebesar Rp. 6,700,000,000.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. . Parsons, *Parametric Design (Chapter 11)*. Michigan: University of Michigan, 2001.
- [2] R. Alfazer, "Desain Self-Propelled Barge Sebagai Fasilitas Apung Bergerak Pengolah Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di Teluk Jakarta," Surabaya, 2017.
- [3] I. M. Organization, *International Convention for the Safety of Life at Sea*. London: IMO, 1988.
- [4] I. M. Organization, *Intact Stability (IS) Code*. London: IMO, 2008.
- [5] International Maritime Organization, "Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing," London, 1988.