

Estimasi Titik Keseimbangan *Tugboat 28,5 M Block 1* Sebagai Acuan Penentuan Posisi *Eyelug Overturning* Menggunakan Metode Pendekatan *Center of Gravity*

Wisye Dwi Rahayu*¹, Nurul Ulfah, S.Si., M.T*, Nurul Laili Arifin, S.ST, M.T*

* Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam29461, Indonesia

¹E-mail: dwiwisye21@gmail.com

Abstrak

Industri perkapalan khususnya di Kota Batam yang memiliki tingkat persaingan yang cukup tinggi, menuntut perusahaan untuk bersaing secara optimal, baik dengan meningkatkan kualitas maupun kuantitas. Sebagai upaya menghasilkan produk yang mampu bersaing, tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana cara mengestimasi lokasi titik keseimbangan untuk digunakan sebagai acuan penentuan lokasi *eyelug* untuk kebutuhan proses *overturning* atau *lifting*. Metode yang digunakan dalam penelitian ialah metode pendekatan *Center of Gravity*. Metode pendekatan *Center of Gravity* ini mengacu pada penelitian yang sebagian besar digunakan pada dunia industri. Kemudian ditemukan dari perhitungan dengan metode *Center of Gravity* bahwa kapal tunda berukuran 28,5 meter pada *block 1* lambung kapal terletak pada lokasi VCG (*Vertical Center of Gravity*) ialah 2253 mm dari *baseline* dan titik LCG (*Longitudinal Center of Gravity*) ialah 8868 mm dari *zero point*.

Kata kunci: Titik Keseimbangan, Kapal Tunda, Pusat Gravitasi

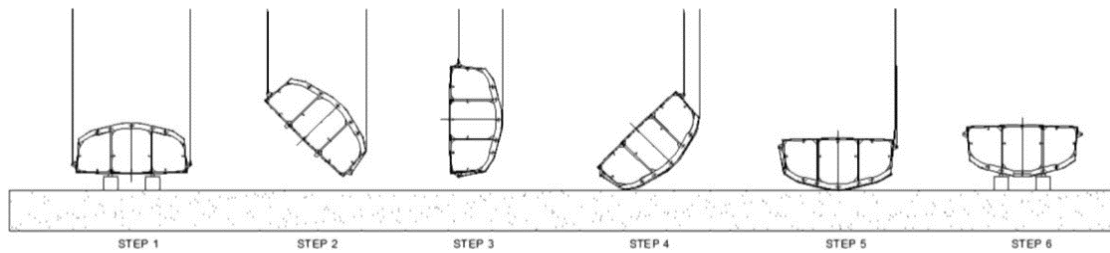
Abstract

The shipbuilding industry, particularly in Batam City, which has a high level of competition, requires companies to compete optimally by improving both quality and quantity. As an effort to produce competitive products, the purpose of this research is to determine how to estimate the equilibrium point location to be used as a reference for determining the *eyelug* location for the *overturning* or *lifting* process. The method used in this research is the *Center of Gravity* approach. The *Center of Gravity* approach method is based on research widely used in the industrial world. From calculations using the *Center of Gravity* method, it was found that for a 28.5 meter tugboat, the VCG (*Vertical Center of Gravity*) of *block 1* of the hull is located at 2253 mm from the *baseline*, and the LCG (*Longitudinal Center of Gravity*) is at 8868 mm from the *zero point*.

Keywords: Equilibrium Point, Tugboat, Center of Gravity

1 Pendahuluan

Kepala BP Batam, Muhammad Rudi (2023) yang disebutkan dalam Batampos.co.id menyampaikan industri perkapalan di Batam saat ini sedang bangkit dan bertumbuh ditandai dengan meningkatnya kuantitas pesanan dari perusahaan lokal maupun internasional[1]. Dalam hal ini, industri perkapalan khususnya di Kota Batam yang memiliki tingkat persaingan yang cukup tinggi, menuntut perusahaan untuk bersaing secara baik dengan meningkatkan kualitas dan kuantitas secara optimal. Salah satunya adalah pengerjaan lambung kapal yang dilakukan terbalik. Pengerjaan lambung kapal dengan metode tersebut mengharuskan lambung kapal untuk dilakukan proses *overturning*. Berdasarkan pemahaman pada saat dilakukan observasi lapangan diketahui bahwa proses *overturning* kapal adalah proses membalikkan lambung kapal yang semula posisi telungkup menjadi terlentang. Ilustrasi proses *overturning* dapat dilihat pada gambar 1.



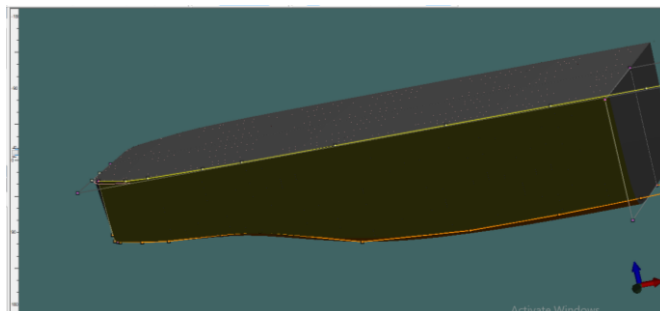
Gambar 1. Ilustrasi Proses *Overturning* Lambung Kapal (Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Dalam hal ini, agar mencapai titik keseimbangan yang baik terhadap *crane* saat membalikkan lambung kapal kembali ke posisi terlentang, dibutuhkan perhitungan titik keseimbangan bobot kapal yang diangkat. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan titik keseimbangan kupingan *crane* saat *overturning* ataupun *lifting* lambung kapal agar meminimalisir kecelakaan kerja akibat kurangnya pengetahuan dan mencapai hasil kerja yang efisien. Kupingan atau *eyelug* adalah bagian dari perlengkapan mekanik yang berbentuk seperti telinga yang digunakan sebagai titik pengikatan pada sebuah benda. Lambung kapal yang diteliti dalam penelitian ini adalah kapal tunda 28,5 meter *block 1* (Frame 0 – frame 35). Dengan dimensi utama pada tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1 Dimensi Utama Kapal *Tugboat 28,5 m*

No	Ukuran	Nilai	Satuan
1	Panjang	28.5	m
2	Lebar	8.2	m
3	Tinggi	4.2	m
4	Sarat Air	3.4	m
5	Jarak Gading	550	mm

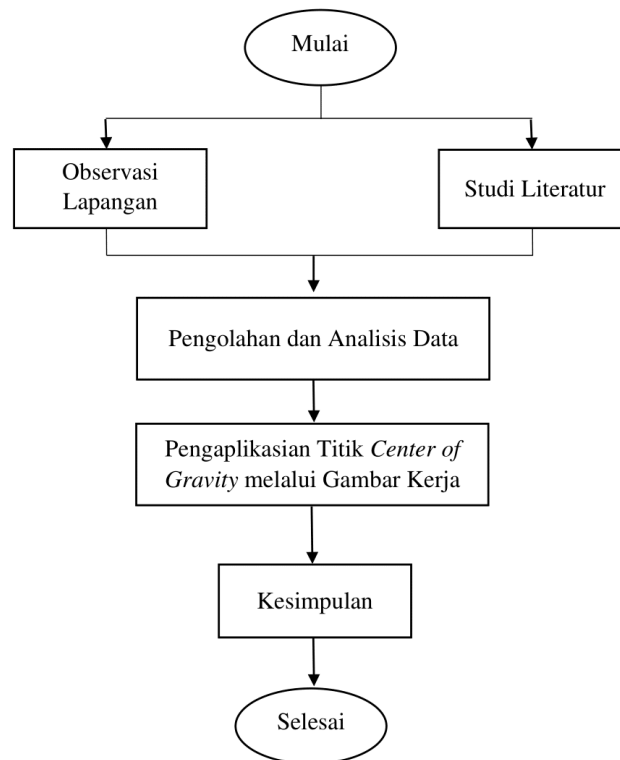
Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu penelitian yang dilakukan hanya terdapat pada konstruksi lambung *block 1* dengan detail panel pada gambar 2 yang turut diperhitungkan, diantaranya konstruksi lambung kapal *frame 0 - frame 35*, konstruksi *engine girder*, konstruksi *stringer 1125 o.cl, 1200 o.cl, 2245 o.cl, keel plate* pada *block 1*, *bottom plate* pada *block 1*, konstruksi *chine* pada *block 1*, *plate side shell* pada *block 1*, *maindeck plate* pada *block 1*, *fender* pada *block 1*.



Gambar 2 Kapal *Tugboat 28,5 m Block 1* (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

2 Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. Patria Maritim Perkasa dengan tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan bersifat penelitian kuantitatif, yaitu Penelitian dengan pendekatan kuantitatif yang menekankan analisis pada data numerik (angka) yang kemudian dilakukan analisis. Metode penelitian yang diambil berupa studi kasus, penelitian dilakukan berdasarkan masalah yang muncul. Teknik penelitian menggunakan metode pendekatan *center of gravity*. CG (*center of gravity*) atau pusat gravitasi adalah titik di mana berat total benda diasumsikan terkonsentrasi pada titik tersebut[2]. Unit analisis dalam penelitian ini adalah salah satu proyek kapal tunda berukuran 28,5 m yang di fabrikasi oleh PT. Patria Maritim Perkasa.

2.1 Prosedur Pengumpulan Data

2.1.1. Studi Literatur

Adalah teknik mengumpulkan data teoritis melalui riset dari berbagai jurnal dengan membaca dan memahami literatur yang berkaitan dengan permasalahan yang di analisa untuk menunjang penelitian ini. Topik dengan penelitian terkait bagaimana penentuan titik keseimbangan kupingan pada saat dilakukan overturning kapal dengan pendekatan *center of gravity* tidak pernah dilakukan pada jurnal akademisi berdasarkan topik yang dicari pada *google scholar*. Namun ditemukan beberapa jurnal yang menggunakan pendekatan *center of gravity*. Metode pendekatan *center of gravity* dengan memerhatikan aspek biaya telah banyak dilakukan penelitian diantaranya, penelitian yang dilakukan oleh [3] dengan menggunakan metode *center of gravity* dalam penentuan lokasi gudang, penelitian oleh [4] yang menentukan pusat distribusi, penelitian oleh [5] yang menentukan lokasi fasilitas *crossdock*, penelitian oleh [6] menentukan lokasi fasilitas intermoda, penelitian oleh [7] yang menentukan lokasi alternatif kantor dan pabrik PT. Sublimindo, penelitian oleh [8] yang menentukan letak gudang, penelitian oleh [9] yang menentukan lokasi *external warehouse*. Pendekatan *center of gravity* tak hanya digunakan pada bidang logistik dan industri, tetapi juga dilakukan dalam penelitian pada pesawat diantaranya, penelitian yang dilakukan oleh [2] yang melakukan prediksi awal letak dan pergeseran pusat gravitasi pesawat tanpa awak dengan menggunakan pendekatan *center of gravity*. Penelitian serupa juga dilakukan oleh [10] yang memprediksi letak pusat gravitasi RXX200TJBOOSTER menggunakan metode

center of gravity. Pada penelitian oleh [11] juga disebutkan bahwa kurangnya pemahaman setiap kali suatu beban diangkat dapat menjadi penyebab kecelakaan kerja. Maka dari itu *center of gravity* suatu obyek perlu dilakukan identifikasi pusat gravitasi nya sebelum dilakukan proses *lifting* ataupun *overturning*.

2.1.2. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk mencari informasi secara langsung di lapangan mengenai topik permasalahan meliputi tahapan observasi dan wawancara sebagai aspek penunjang penelitian ini, adapun tahapan observasi dan wawancara ini dilakukan secara bersamaan. Observasi dilakukan dengan mengamati ketika proses *overturning* terjadi dan turut serta dalam persiapan *overturning*, diantaranya turut mengolah data untuk mendapatkan titik keseimbangan pada *block* yang akan dilakukan *overturning*, menyiapkan dokumen yang diperlukan dalam proses *overturning*, dan membuat laporan pemasangan kupingan. Wawancara pun turut dilakukan untuk mengumpulkan informasi, wawancara dilakukan dengan seorang *Production Engineer* yang bertanggungjawab dalam penentuan lokasi kupingan pada *block* yang akan dilakukan *overturning* dan seorang *Quality Control Inspector* yang bertanggungjawab dalam proses pemasangan kupingan. Pertanyaan ditanyakan secara acak terkait penentuan titik keseimbangan kupingan pada saat *block* kapal dilakukan proses *overturning* yang akan di kombinasikan dengan data literatur yang didapatkan untuk pengembangan analisis dan wawasan dalam penyusunan penelitian ini.

2.2 Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data merupakan aspek terpenting dalam penelitian ini dengan pengolahan data berdasarkan gambar kerja untuk menentukan bobot konstruksi secara keseluruhan dan *center of gravity block* kapal yang akan dilakukan proses *overturning*, olah data tersebut digunakan *software CAD (Computer Aided Design)* dan *Microsoft Excel* untuk pengolahan data dan diolah dengan persamaan yang terdapat pada persamaan (1) yang dimana persamaan diambil berdasarkan pada data yang digunakan dalam PT. Patria Maritim Perkasa. Secara matematis perhitungan *center of gravity* [2] sebagai berikut:

$$CG (mm) = \frac{\sum Momen}{\sum Berat} \quad (1)$$

$$CG (mm) = \frac{\sum(m_i x_i)}{\sum(m_i)} \quad (2)$$

$$m_i(kg) = \rho_i l_i T_i P_i n_i \quad (3)$$

Dengan persamaan (1), dimana $\sum Momen$ adalah jumlah momen tiap part konstruksi kapal yang akan dilakukan *overturning*, dan $\sum Berat$ adalah jumlah dari keseluruhan berat *block* kapal yang akan dilakukan *overturning*. Persamaan (2), dimana CG adalah *center of gravity*, m_i adalah massa bagian ke- i dari benda, dan x_i adalah jarak bagian ke- i dari benda terhadap titik acuan. Titik acuan yang digunakan merupakan titik perpotongan antara *baseline* kapal dan *center line* kapal. Persamaan (3), dimana m_i adalah massa bagian ke- i dari benda, ρ_i adalah massa jenis bagian ke- i dari benda, l_i adalah lebar bagian ke- i dari benda, T_i adalah ketebalan bagian ke- i dari benda, P_i adalah panjang bagian ke- i dari benda, n_i adalah jumlah bagian ke- i dari benda. Dalam hal ini berhubung objek penelitian menggunakan bahan baja, maka massa jenis yang digunakan ialah $7,85 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^3$ [12].

2.3 Pengaplikasian Titik *Center of Gravity* melalui Gambar Kerja

Jika telah ditemukan titik *center of gravity* dari *block* keseluruhan kapal yang akan dilakukan *overturning* maka dilakukan penyajian data untuk memudahkan dalam pengaplikasian pada kupingan di lapangan melalui gambar kerja dan keterangan terkait detail titik *center of gravity* untuk lokasi penempatan kupingan.

2.4 Kesimpulan

Menarik kesimpulan dalam sebuah penelitian dilakukan dengan menjelaskan gambaran umum mengenai penelitian yang dilakukan dan variabel yang digunakan dalam menentukan penelitian ini dan menjelaskan hasil penelitian secara mendalam dan menjelaskan apakah tujuan penelitian dapat terpenuhi atau tidak.

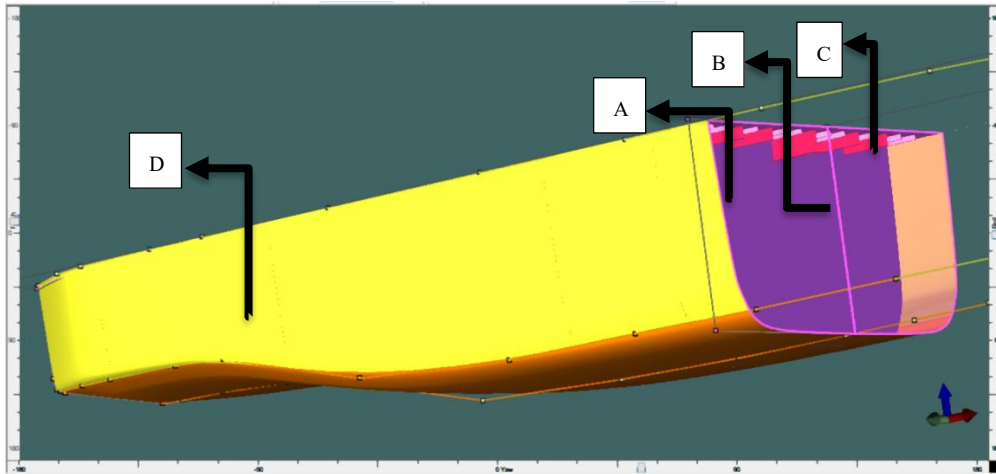
3 Analisa Data dan Pembahasan

Titik pusat gravitasi atau *Center of Gravity* (CoG) adalah titik yang dimana seluruh bobot benda terkonsentrasi. Untuk melakukan proses *overturning* dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya yang paling memengaruhi ialah pusat gravitasi benda. Untuk mengetahui titik pusat gravitasi benda diperlukan untuk mengetahui bobot benda tersebut. Dengan ini, diperlukan gambar kerja *seamline arrangement* kapal *tugboat* 28,5 m *block* 1 untuk dilakukan proses perhitungan dengan menggunakan persamaan (1). Pusat gravitasi dengan metode pendekatan *center of gravity* dipengaruhi oleh berat konstruksi dan peletakan konstruksi di kapal. Sebagaimana subjek yang ditunjukkan dalam penelitian yaitu kapal *tugboat* 28,5 meter pada *block* 1 (*frame* 0 - *frame* 35), dengan detail konstruksi beserta hasil perhitungan pada lampiran yang kemudian di klasifikasi hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 2 Perhitungan dan Pengelompokan Konstruksi *Tugboat* 28,5 m *Block* 1

	Bagian	Konstruksi	Weight (kg)	VCG (mm)	LCG (mm)
A	<i>Transverse Bulkhead</i> (35 frame)	<i>Plate</i>	14460	2253 mm	8868 mm
		<i>Round Bar</i>	6		
		<i>Flate Bar</i>	790		
		<i>Angle Bar</i>	4916		
		<i>T Web</i>	673		
		<i>Bracket</i>	2163		
		<i>Pipe</i>	90		
B	<i>Longitudinal Bulkhead</i> (7 panel)	<i>Plate</i>	4970		
		<i>Flat Bar</i>	394		
		<i>Angle Bar</i>	660		
		<i>T Web</i>	79		
C	<i>Stringer & Engine Girder</i> (5 <i>stringer</i> & 2 <i>Engine girder</i>)	<i>Plate</i>	4456		
		<i>Engine Bed</i>	2113		
		<i>Manhole</i>	-39		
		<i>Angle Bar</i>	91		
D	<i>Shell Expansion & Fender</i>	<i>Flat Bar</i>	259		
		<i>Plate</i>	26106		
		<i>Round Bar</i>	997		
		<i>Engine Casing</i>	-1591		
		<i>Pipe</i>	1101		
		<i>Flat Bar</i>	302		
		<i>Bracket</i>	31		
<i>WEIGHT TOTAL</i> (kg)			63616 kg		
<i>WEIGHT TOTAL</i> (ton)			64 ton		

Tabel 1 menunjukkan ringkasan pengelompokan dan perhitungan berat masing-masing konstruksi penyusun *Tugboat* 28,5 m *Block* 1. Pada konstruksi lambung kapal umumnya dibagi menjadi 2 *block* dalam pengerjaan konstruksi lambung diantaranya *block* 1 dan *block* 2. *Block* 1 biasanya dinamai untuk *block* yang terdapat pada buritan (belakang) kapal dan *block* 2 biasanya dinamai untuk *block* yang terletak pada haluan (depan) kapal. Dalam penelitian ini hanya meneliti sebatas *block* 1 lambung kapal. Dijelaskan pada tabel 1 terdapat 4 bagian yang telah di klasifikasikan dalam perhitungan konstruksi diantaranya bagian A untuk *Transverse Bulkhead*, bagian B untuk *Longitudinal Bulkhead*, bagian C untuk *Stringer & Engine Girder*, bagian D untuk *Shell Expansion & Fender*. Ditampilkan pada gambar 4 ilustrasi peletakan masing-masing bagian panel yang di rancang menggunakan *software maxsurf modeler*.



Gambar 4 Peletakan Konstruksi Panel Pada Block 1 Lambung Kapal Tugboat 28,5 m

Transverse bulkhead merupakan dinding yang dipasang melintang atau tegak lurus terhadap sumbu memanjang kapal, pada tabel 1 konstruksi panel yang memiliki bobot paling berat pada *transverse bulkhead* adalah konstruksi *plate* dengan berat sebesar 14460 kg. *Longitudinal bulkhead* merupakan dinding yang sejajar dengan sumbu memanjang kapal, yaitu garis yang membentang dari haluan (depan) kapal hingga buritan (belakang), pada tabel 1 konstruksi panel yang memiliki bobot paling berat pada *longitudinal bulkhead* adalah konstruksi *plate* dengan berat sebesar 4970 kg.

Stringer dalam penelitian ini ialah bagian struktur konstruksi kapal memanjang yang membentang di sepanjang kapal dan memberikan kekuatan dan dukungan tambahan pada struktur lambung dan geladak kapal. *Engine girder* adalah konstruksi kapal yang dirancang untuk menopang berat dan beban mesin utama pada kapal, pada tabel 1 konstruksi panel yang memiliki bobot paling berat pada *stringer* dan *engine girder* adalah konstruksi *plate* dengan berat sebesar 4456 kg serta terdapat nilai minus (-) pada konstruksi panel *manhole* yang berarti konstruksi *manhole* terletak pada *plate* yang kemudian dilubangi sehingga bobot konstruksi pada konstruksi panel nya dianggap berkurang.

Shell expansion merupakan kulit kapal yang membungkus kapal yang dimana di dalam penelitian ini meliputi *keel*, *bottom*, *chine*, *side shell*, dan *main deck*. *Keel* atau disebut juga dengan lunas kapal adalah tulang punggung kapal yang membentang dari haluan (depan) hingga buritan (belakang). *Bottom* adalah kulit bagian paling bawah lambung kapal yang terletak di bawah permukaan air, bagian ini termasuk lunas dan memanjang ke samping hingga *chine*. *Chine* adalah permukaan sudut yang memiliki sudut yang tajam pada penampang lambung kapal atau biasanya mengacu pada tempat di mana bagian *bottom* bertemu dengan *side shell*. *Side shell* adalah kulit luar kapal terletak diantara *chine* dan *main deck* yang membentuk sepanjang sisi lambung kapal. *Main deck* atau disebut juga dengan geladak utama ini ialah platform struktural kapal yang membentang dari haluan hingga buritan kapal. *Fender* atau penguat pada kapal sebagai alat pelindung yang digunakan untuk melindungi kapal yang biasanya dipasang di sisi kapal untuk mengurangi kekuatan benturan. Pada tabel 1 konstruksi panel yang memiliki bobot paling berat pada *shell expansion* dan *fender* adalah konstruksi *plate* dengan berat sebesar 26106 kg serta terdapat nilai minus (-) pada konstruksi panel *engine casing* yang berarti konstruksi *engine casing* terletak pada *plate* yang kemudian dilubangi sehingga bobot konstruksi pada konstruksi panel nya dianggap berkurang.

Dilihat dari semua panel dapat disimpulkan bahwa konstruksi *plate* memiliki bobot yang paling besar sehingga *plate* dianggap bagian konstruksi yang paling berpengaruh pada titik keseimbangan kapal. *Plate* pada kapal disebut juga dengan pelat atau merujuk pada fondasi konstruksi struktur utama dari kapal yang dalam penelitian ini kapal menggunakan pelat berbahan baja. Disimpulkan bahwa berat total konstruksi pada tabel 1 sebesar 63243 kg atau 63 ton dengan titik VCG (*Vertical Center of Gravity*) sejauh 2253 mm dari *baseline* dan titik LCG (*Longitudinal Center of Gravity*) sejauh 8868 mm dari *zero point*.

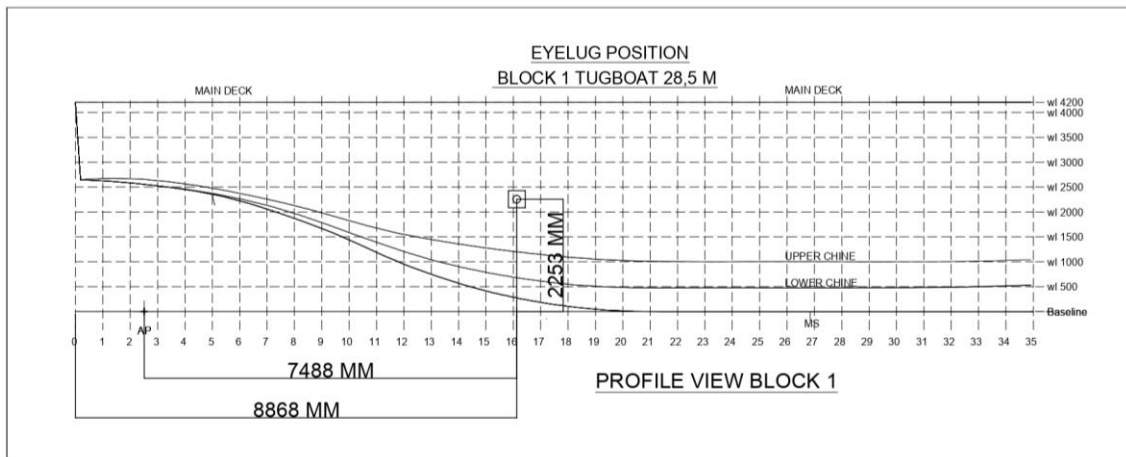
Toleransi yang dapat diterima untuk VCG (*Vertical Center of Gravity*) dan LCG (*Longitudinal Center of Gravity*) dalam peraturan yang dijelaskan oleh BV(Bureau Veritas) rules for the classification of steel ships [13] dengan mengacu pada peraturan oleh IACS (International Association of Classification Societies) UR L5 Revision 4 [14] sesuai dengan tabel 3.

Tabel 3 Toleransi VCG dan LCG yang Diizinkan

	Toleransi yang diizinkan (cm)	Toleransi yang diizinkan (mm)	Nilai Aktual	Hasil
<i>Longitudinal center of gravity, from AP</i>	+/- 1% / 50 cm	+/- 1% / 500 mm	8868 mm from zero point / 7488 mm from AP	Terpenuhi
<i>Vertical center of gravity, from baseline</i>	+/- 1% / 5 cm	+/- 1% / 50 mm	2253 mm	Terpenuhi

Diterangkan bahwa dari tabel 3 nilai minimum untuk LCG (*Longitudinal Center of Gravity*) sebesar 500 mm dari AP (*Aft Perpendicular*) sedangkan hasil aktual yang didapatkan ialah 8868 mm dari *zero point* atau 7488 mm dari AP (*Aft Perpendicular*), AP ialah garis tengah kemudi yang terletak pada buritan kapal. Kemudian untuk nilai minimum VCG (*Vertical Center of Gravity*) sebesar 50 mm dari *baseline* kapal sedangkan nilai aktual dari VCG (*Vertical Center of Gravity*) didapatkan sebesar 2253 dari *baseline*, *baseline* ialah garis bawah lambung kapal yang sejajar dengan bagian lunas atau *keel* kapal.

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai yang didapatkan untuk VCG (*Vertical Center of Gravity*) senilai 2253 mm dan LCG (*Longitudinal Center of Gravity*) senilai 8868 mm dari *frame 0* atau 7488 mm dari AP (*Aft Perpendicular*) dapat memenuhi toleransi titik keseimbangan yang diizinkan oleh IACS (*International Association of Classification Societies*) rules. Adapun pada gambar 5 di deskripsikan titik keseimbangan berdasarkan hasil perhitungan pada konstruksi *block 1* kapal *tugboat* 28,5 m.



Gambar 5 Ilustrasi Titik Center of Gravity Tugboat 28,5 m Block 1


4 Kesimpulan

Perhitungan telah dilakukan untuk memprediksi letak pusat gravitasi (*Center of Gravity*) konstruksi *Block 1* kapal *Tugboat* berukuran 28,5 meter. Berdasarkan IACS (*International Association of Classification Societies*) rules diketahui bahwa nilai VCG (*Vertical Center of Gravity*) dan LCG (*Longitudinal Center of Gravity*) telah memenuhi toleransi yang diizinkan. Untuk dapat menentukan lokasi tepat *eyelug* mengacu pada titik keseimbangan dengan *block* yang akan dilakukan *lifting/overturning* yang kemudian ditempatkan sejajar dengan lokasi konstruksi terkuatnya seperti *transversal bulkhead*. Pada penelitian ini dilakukan estimasi titik keseimbangan dengan metode pendekatan *center of gravity* dan harapannya pada penelitian selanjutnya dapat mengembangkan titik keseimbangan konstruksi lambung kapal *block 1* dengan metode yang lebih beragam untuk mendapatkan hasil akhir yang lebih tepat dan optimal.

Daftar Pustaka

- [1] A. Putut, "Dukung Pengembangan Industri Perkapalan, Kepala BP Batam Buka 6th IMOX 2023 - Metropolis," *Batampos.co.id*, 2023. https://metro.batampos.co.id/dukung-pengembangan-industri-perkapalan-kepala-bp-batam-buka-6th-imox-2023/#google_vignette (accessed Mar. 18, 2024).
- [2] A. Nugroho, N. Wirawan, R. Ardiansyah, and E. Sumarna, "Prediksi Awal Letak Dan Pergeseran Pusat Gravitasi Airframe Pesawat Tanpa Awak (Ptta) Lsu-02 Ng Ld Preliminary Prediction Location and Shifting for Center of Gravity Unmanned Aircraft Vehicle (Uav) Lsu-," pp. 222–231, 2018, [Online]. Available: http://karya.brin.go.id/id/eprint/11900/1/Bunga_Rampai_Afid_Nugroho_Pustekbang_2018.pdf
- [3] T. Rully and D. C. Aldenia, "PENGUNAAN METODE CENTER OF GRAVITY DALAM PENENTUAN LOKASI GUDANG TERHADAP MEMINIMKAN BIAYA TRANSPORTASI PADA PT ELANGPERDANA TYRE INDUSTRY," *JIMFE (Jurnal Ilm. Manaj. Fak. Ekon., vol. 6, no. 1, pp. 64–69, Mar. 2018, doi: 10.34203/JIMFE.V6I1.494.*
- [4] S. Ruwiyanto, L. Wahyuni, F. Maulid, and M. Fauzi, "PENERAPAN METODE CENTER OF GRAVITY DALAM PENENTUAN PUSAT DISTRIBUSI ALTERNATIF DI PULAU JAWA," *taguchi.lppmbinabangsa.id*, 2021, doi: 10.46306/tgc.v1i1.
- [5] M. Anshori, A. F. Fudhla, and A. Hidayat, "PENENTUAN LOKASI FASILITAS CROSSDOCK PADA KOTA METROPOLIS DENGAN PENDEKATAN CENTER OF GRAVITY," *Tek. Eng. Sains J.*, vol. 1, no. 2, p. 83, Dec. 2017, doi: 10.51804/TESJ.V1I2.111.83-88.
- [6] H. Azmi, S. Malkhamah, and I. Muthohar, "Penentuan Lokasi Fasilitas Intermoda Menggunakan Metode Center of Gravity pada Jalur Rel Makassar-Garongkong," *Semesta Tek.*, vol. 25, no. 2, pp. 100–108, Nov. 2022, doi: 10.18196/ST.V25I2.15357.
- [7] R. Riady and T. Aspiranti, "Penentuan Lokasi Alternatif Kantor dan Pabrik Pt. Sublimindo dengan menggunakan Metode Center of Gravity dan Factor Rating," *karyailmiah.unisba.ac.id*, 2019., Available: <https://karyailmiah.unisba.ac.id/index.php/manajemen/article/view/17505>
- [8] M. R. Iqbal, I. Hasan, and A. S. Gusmon, "Penentuan letak gudang untuk meminimkan biaya transportasi dengan pendekatan center of gravity," *core.ac.uk*, vol. 04, no. 01, pp. 67–74, 2020, doi: 10.30988/jmil.v4i1.372.
- [9] R. Soesilo, Y. Firmansyah, and Sartono, "Penentuan lokasi external warehouse dengan menggunakan metode center of gravity (Studi kasus di PT. RPZ Surabaya)," *jurnal.poltekapp.ac.id*, 2020. Available: <https://jurnal.poltekapp.ac.id/index.php/JMIL/article/view/372>
- [10] S. P. Laksono and Hakiki, "Prediksi Letak Pusat Gravitasi RKX200TJ/BOOSTER," ... *SIPTEKGAN XX-2016, Semin. Nas. IPTEK ...*, pp. 57–64, 2016, [Online]. Available: http://karya.brin.go.id/id/eprint/11181/1/Procseding_Shandi_Pustekbang_2016.pdf
- [11] A. H. W. Putro, O. F. Jin, and D. Wilopo, "Studi Analisis Penggunaan Alat Berat (Crane) Sebagai Alat Angkat Untuk Instalasi Vessel LP Dan HP Separator Proyek PLTP Rantau Dedap.," *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 20, no. 2, p. 223, 2022, doi: 10.12962/j2579-891x.v20i2.12191.
- [12] K. Elisa and Aminullah, "PENGARUH MASSA JENIS BENDA TERHADAP TEKANAN HIDROSTATIS | Kasli | Jurnal Pendidikan Geosfer," 2016, 2016. <https://jurnal.usk.ac.id/JPG/article/view/17424>.
- [13] marine-offshore.bureauveritas.com, "NR467 Rules for the classification of steel ships | Marine & Offshore," 2024. <https://marine-offshore.bureauveritas.com/nr467-rules-classification-steel-ships>.
- [14] IACS, "L5 Computer Software for Onboard Stability Calculations," vol. 5, no. 29, pp. 1–12, 2017.

Lampiran

		BLOCK WEIGHT'S CALCULATION					CALCULATION			
							Vessel Type :		TUGBOAT 28.5 M	
							Block Type :		Block 1 (Frame 0-35)	
Block Desc	Bagian	Panel/Part	Konstruksi	B (mm)	T (mm)	L (mm)	n.Part	Weight (Kg)	VCG (mm)	LCG (mm)
		FRAME 0	Plate	1	10	8262400	1	648.60	3434	0
			Round Bar	157	1	5120	1	6	2649	0
			FLATBAR 200X10	1	10	586800	1	46	3600	0
			AB 100 x 75 x 7	1	7	1795740	1	99	3515	0
			WEB 230 X 8 + 100 X 9	1	8.29	777471	1	51	4184	0
		FRAME 1	FRAME	1	8	2994236	1	188	2856	550
			AB 100 x 75 x 7	1	7	1947068	1	107	3942	550
			BRACKET	1	10	623875	1	49	3689	550
		FRAME 2	FLAT BAR	1	9	521811	1	37	3735	550
			FRAME	1	8	3845636	1	242	3129	1100
			AB 75x75x6	1	6	985799	1	46	5124	1100
		FRAME 3	AB 100x75x7	1	7	1947068	1	107	3942	1100
			BRACKET	1	10	623875	1	49	3689	1100
			FLAT BAR	1	9	1149413	1	81	4041	1100
		FRAME 4	FRAME	1	8	3896928	1	245	3129	1650
			AB 75x75x6	1	6	985799	1	46	5124	1650
			AB 100x75x7	1	7	1947068	1	107	3942	1650
		FRAME 5	BRACKET	1	10	623875	1	49	3689	1650
			FLAT BAR	1	9	1142065	1	81	4033	1650
			FRAME	1	8	3927956	1	247	2807	2200
		FRAME 6	AB 100x75x7	1	7	1947068	1	107	3942	2200
			AB 75x75x6	1	6	985799	1	46	5124	2200
			BRACKET	1	10	623875	1	49	3689	2200
		FRAME 7	FLAT BAR	1	9	1158306	1	82	4023	2200
			PLATE 8MM	1	8	21283774	1	1337	3802	2750
			AB 75x75x6	1	6	551245	1	26	4540	2750
		FRAME 8	AB 100x75x7	1	7	3289666	1	181	3317	2750
			FRAME	1	8	3241500	1	204	2473	3300
			AB 100x75x7	1	7	1947068	1	107	3942	3300
		FRAME 9	BRACKET	1	10	623875	1	49	3583	3300
			FLAT BAR	1	9	1123179	1	79	3968	3300
			FRAME	1	8	3202554	1	201	2473	3850
		FRAME 10	AB 100x75x7	1	7	1947068	1	107	3942	3850
			BRACKET	1	10	623875	1	49	3583	3850
			FLAT BAR	1	9	1122187	1	79	3941	3850
		FRAME 11	FRAME	1	8	2932304	1	184	2126	4400
			AB 100x75x7	1	7	1947068	1	107	3942	4400
			BRACKET	1	10	623875	1	49	3583	4400
		FRAME 12	FRAME	1	8	5870606	1	369	2899	4950
			FACE	1	10	1776800	1	139	2899	4950
			AB 100x75x7	1	7	648230	1	36	3088	4950
		FRAME 13	BRACKET	1	10	499100	1	39	3086	4950
			FRAME	1	8	3060766	1	192	1730	5500
			AB 100x75x7	1	7	1947068	1	107	3942	5500
		FRAME 14	BRACKET	1	10	623875	1	49	3583	5500
			FRAME PLATE 8	1	8	2288190	1	144	1534	6050
			FRAME PLATE 12	1	12	677444	1	64	1466	6050
		FRAME 15	AB 100x75x7	1	7	1947068	1	107	3942	6050
			BRACKET	1	10	623875	1	49	3583	6050
			PLATE 8MM	1	8	7259617	1	456	2790	6600
		FRAME 16	PLATE 12 MM	1	12	720726	1	68	1325	6600
			AB 75X75x7	1	7	973840	1	54	3510	6600
			AB 100x75x7	1	7	2326595	1	128	3312	6600
		FRAME 17	BRACKET	1	10	499100	1	39	3583	6600
			FRAME PLATE 8MM	1	8	2506294	1	157	1204	7150
			FRAME PLATE 12 MM	1	12	599068	1	56	1060	7150
		FRAME 18	AB 100x75x7	1	7	3090714	1	170	3422	7150
			BRACKET	1	10	938502	1	74	3144	7150



BLOCK WEIGHT'S CALCULATION

CALCULATION

Vessel Type : TUGBOAT 28.5 M

Block Type : Block 1 (Frame 0-35)

Block Desc	Bagian	Panel/Part	Konstruksi	B (mm)	T (mm)	L (mm)	n.Part	Weight (Kg)	VCG (mm)	LCG (mm)
BLOCK 1	Trans.Bulkhead	FRAME 14	WEB 250X9.5+100X9	1	9.36	2554809	1	188	2524	7700
			FLAT BAR	1	9	45000	1	3	2294	7150
			AB 100X75X7	1	7	6039944	1	332	2582	7150
			BRACKET	1	10	494057	1	39	4400	7700
			PLATE 8 MM	1	8	22811420	1	1433	2446	7700
		FRAME 15	FRAME	1	8	6163302	1	387	2075	8250
			BRACKET	1	10	518940	1	41	1200	8250
			FLAT BAR	1	10	1968600	1	155	2075	8250
		FRAME 16	FRAME	1	8	3069476	1	193	739	8800
			AB 100x75x7	175	7	13482	1	130	3616	8800
		FRAME 17	BRACKET	1	10	852730	1	67	1402	8800
			FRAME	1	8	7086783	1	445	2076	9350
			BRACKET	1	10	1027978	1	77	1098	9350
		FRAME 18	FRAME	1	8	3392088	1	213	2185	9900
			AB 100x75x7	175	7	16572	1	159	3302	9900
			BRACKET	1	10	1469914	1	115	1870	9900
		FRAME 19	FRAME	1	8	6800694	1	427	1988	10450
			AB 100x75x7	1	7	3056	1	0	806	10450
		FRAME 20	BRACKET	1	10	1158670	1	91	996	10450
			FRAME	1	8	4633476	1	291	558	11000
			AB 100x75x7	175	7	12380	1	119	3025	11000
		FRAME 21	BRACKET	1	10	1732208	1	136	1299	11000
			FRAME	1	8	6833657	1	429	505	11550
			FLAT BAR	1	10	1568664	1	123	1324	11550
		FRAME 22	FRAME	1	8	2498678	1	157	384	12100
			PLATE 12 MM	1	12	1614288	1	152	1016	12100
			BRACKET	1	10	1956210	1	154	1173	12100
		FRAME 23	AB 100x75x7	1	7	1386183	1	76	3175	12100
			FRAME	1	8	2498700	1	157	385	12650
			PLATE 12 MM	1	12	738180	1	70	1015	12650
		FRAME 24	FLAT BAR 8mm	1	8	380948	1	24	4419	12650
			BRACKET	1	10	1956210	1	154	1173	12650
			FRAME	1	8	2498700	1	157	385	13200
		FRAME 25	PLATE 12 MM	1	12	1614288	1	152	1016	13200
			BRACKET	1	10	1956210	1	154	1173	13200
			AB 100x75x7	1	7	2258087	1	124	3481	13200
		FRAME 26	FRAME	1	8	6834476	1	429	2055	13750
			WEB 250 x 8 + 100 x10	1	10	2016000	1	158	2055	13200
			BRACKET	1	10	970860	1	76	996	13200
			PIPE (PILLAR)	471	8	3048	1	90	1524	13750
		FRAME 27	AB 100x75x7	1	7	3925452	2	431	1678	13750
			FRAME	1	8	3421711	1	215	512	14300
			AB 100x75x7	1	7	2055353	1	113	3588	14300
		FRAME 28	BRACKET	1	10	648140	1	51	1454	14300
			FRAME	1	8	17003637	1	1068	2036	14850
			WEB 250 x 8 + 100 x10	1	8.57	612995	1	41	2167	16500
		FRAME 29	AB 100x75x7	1	7	3484320	1	191	1764	14850
			BRACKET	1	10	298157	1	23	3019	14850
			FRAME	1	8	3064012	1	192	469	15400
		FRAME 30	AB 100x75x7	1	7	3938675	1	216	2572	15400
			BRACKET	1	10	640870	1	50	2524	15400
			FRAME	1	8	3064012	1	192	469	15950
		FRAME 31	AB 100x75x7	1	7	3938675	1	216	2572	15950
			BRACKET	1	10	640870	1	50	2524	15950
			PLATE & FRAME	1	8	6503428	1	408	2106	16500
		FRAME 32	BRACKET	1	10	512806	1	40	2099	16500
			AB 100x75x7	1	7	1709038	1	94	1865	16500



BLOCK WEIGHT'S CALCULATION

CALCULATION

Vessel Type : TUGBOAT 28.5 M

Block Type : Block 1 (Frame 0-35)

Block Desc	Bagian	Panel/Part	Konstruksi	B (mm)	T (mm)	L (mm)	n.Part	Weight (Kg)	VCG (mm)	LCG (mm)			
FRAME 31		FRAME 31	FRAME	1	8	3064012	1	192	469	17050			
			AB 100x75x7	1	7	3938675	1	216	2572	17050			
			BRACKET	1	10	640870	1	50	2524	17050			
		FRAME 32		FRAME 32	FRAME	1	8	23844564	1	1497	2267	17600	
					WEB 250 x 8 + 100 x10	1	8.57	1422752	1	96	2032	16500	
					BRACKET	1	10	302872	1	24	3180	17600	
		FRAME 33		FRAME 33	AB 100x75x7	1	7	5919353	1	325	2264	17600	
					FRAME	1	8	3194277	1	201	508	17050	
					AB 100x75x7	1	7	3601506	1	198	3080	17050	
		FRAME 34		FRAME 34	BRACKET	1	10	759188	1	60	2725	17050	
					FRAME	1	8	3194277	1	201	508	17050	
					AB 100x75x7	1	7	3601506	1	198	3080	17050	
		FRAME 35		FRAME 35	BRACKET	1	10	759188	1	60	2725	17050	
					FRAME	1	8	3194277	1	201	508	17600	
					AB 100x75x7	1	7	3601506	1	198	3080	17050	
LONGITUDINAL (C)	Long.Bulkhead	LONGITUDINAL (C)	LONG GIRDER PLATE 8 MM	1	8	14565507	1	915	2481	8107			
			LONG GIRDER PLATE 10 M	1	10	5729911	1	450	1138	7749			
			FLAT BAR 100MM	10	9	62365	1	44	3758	1378			
			FLAT BAR 100MM	1	9	1616372	1	114	2661	11738			
			FLAT BAR 150MM	1	9	2170010	1	153	1256	7808			
			LONG BHD PLATE 8 MM	1110	8	1200	2	167	600	13205			
			AB 100x75x7	1	7	120395	2	13	767	13290			
			LONG BHD PLATE 8 MM	1	8	23141302	2	2907	2497	8093			
			WEB 270 x 8 +100 x 9	1	8.27	604950	2	79	2429	14853			
			AB 100x75x7	1	7	5881890	2	646	2634	6938			
			FLAT BAR	1	9	560053	2	79	3758	6952			
			LONG GIRDER PLATE 8 MM	1	8	4235529	2	532	2879	7205			
			FLAT BAR	1	9	22205	2	3	2962	7490			
			ENGINE GIRDER	Stringer & Engine Girder	ENGINE GIRDER	FRAME 1480 OCL MM	1	16	6627753	2	1665	811	10360
						ENGINE BED1480 OCL MM	300	1	224358	2	1057	1297	10180
FRAME 2320 OCL MM	1	16				5264354	2	1322	896	10416			
ENGINE BED 2320 OCL MM	300	1			224358	2	1057	1297	10180				
STRINGER (1125 MM)		STRINGER (1125 MM)			PLATE	1675	8	3000	2	631	1125	9638	
					MANHOLE	1	8	-206312	2	-26	1125	9126	
STRINGER (1200 MM)		STRINGER (1200 MM)			PLATE	1110	8	1010	2	141	1200	13205	
					MANHOLE	1	8	-206312	2	-26	1200	13467	
STRINGER (2245 MM)		STRINGER (2245 MM)			PLATE	1	8	8617487	2	1082	2425	9938	
					AB 100x75x7	1	7	831438	2	91	2634	5854	
					FLAT BAR	1	9	1831074	2	259	2634	12103	
KEEL PLATE	Shell Expansion & Fender	KEEL PLATE			PLATE	1	12	19740400	1	1860	849	7975	
					BOTTOM PLATE	1	10	39919100	2	6267	1022	8069	
					PLATE	1	10	14399500	2	2261	1354	8603	
		CHINE				CHINE	LOWER CHINE (RB 50MM)	16029	1	1962.5	2	494	1074
			UPPER CHINE (RB 50MM)	16334			1	1962.5	2	503	1302	8003	
			SIDE SHELL PLATE	1			10	37068400	2	5820	2658	8049	
		MAINDECK PLATE		MAINDECK PLATE	PLATE	1	10	63048999	2	9899	3750	8103	
					ENGINE CASING	1	10	-10134415	2	-1591	3750	10450	
					FENDER	1	10	19204	2	1101	3575	6677	
		FENDER		FENDER	PIPE 10"	392.5	9.3	19204	2	302	3575	6677	
					BRACKET	1	8	24531.25	20	31	3575	6677	

TOTAL WEIGHT (TON)

064 Ton

2253

8868

VCG (mm)

LCG (mm)

Resume of Block 1 Calculation

Total Weight : 064 Ton

VCG (mm) : 2253.0

LCG (mm) : 8868.3

*Note : Massa jenis baja 7,85 g/cm³ =

0.00000785 kg/mm³

7,85x10⁻⁶ kg/mm³