



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Studi Karakteristik Hull Form Kapal General Cargo 5700 DWT Rute Pelayaran Jakarta – Belawan

Yehezkiel Mizzi Nicole Tubongkasi¹⁾, Parlindungan Manik²⁾, Ari Wibawa Budi Santosa³⁾

¹⁾Laboratorium Perencanaan Kapal dibantu Komputer

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Email : yehezkieltubongkasi@gmail.com , parlin1974@yahoo.com , arikapal75@gmail.com

Abstrak

Dalam perancangannya, menjadi aspek penting bagi sebuah kapal untuk memperhatikan faktor keselamatan agar nantinya kapal tiba ditujuan dengan aman. Sebuah kapal harus memiliki stabilitas dan karakteristik seakeeping yang baik, dapat menunjukkan sifat – sifat badan kapal dalam kurva hidrostatis, mengetahui besarnya tahanan kapal sehingga didapat kebutuhan daya mesin kapal . Semuanya itu tercakup dalam Studi Karakteristik Hullform yang menjadi tujuan dalam penelitian kapal General Cargo 5700 DWT ini. Analisa hidrostatis, stabilitas, hambatan , dan olah gerak dilakukan menggunakan software Maxsurf Pro dengan standar dari IMO A.749 (18). Hasil dari perhitungan hidrostatis dan hambatan kapal General Cargo 5700 DWT memiliki displacement (8902,5 ton), $cb(0,8)$, $lcb(51,179\text{ m})$, $cm(0,57)$, dan $cp(0,83)$ serta membutuhkan daya mesin sebesar 673,08 HP untuk mencapai kecepatan maksimumnya (10 knots). Hasil analisa stabilitas menunjukkan nilai lengan GZ pada semua 4 kondisi telah memenuhi syarat IMO. Hasil dari analisa olah gerak. kapal mengalami gerakan heaving tertinggi pada sudut 135° (bow quartering seas) sebesar 0,980 m, gerakan rolling tertinggi pada sudut 90° (beam seas) sebesar 12,17 deg, dan gerakan pitching tertinggi pada sudut 180° (head seas) sebesar 1,90 deg.

Kata Kunci : Studi Karakteristik Hull Form, Hidrostatis, Stabilitas, Hambatan, Olah Gerak

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah sebuah negara kepulauan dengan 2/3 wilayahnya adalah laut. Dengan banyaknya pulau tidak mudah untuk menjangkau dan juga membangun infrastrukturnya serta pengiriman bahan logistik juga demikian. Umumnya kapal barang banyak digunakan dalam pendistribusian ke antar pulau karena mampu mengangkut komoditas tertentu yang tidak dapat diangkut oleh kapal standar. Barang atau muatan atau terkadang dipanggil kargo yang diangkut oleh kapal laut terbagi menjadi atas dua kelompok besar yaitu kargo kering (dry cargo) dan kargo basah (liquid cargo). Dalam perkembangannya, kapal seringkali didesain mengikuti standar tertentu sehingga mampu membawa berbagai jenis kargo kering.

General Cargo ship merupakan salah satu dari jenis kapal pengangkut kargo kering yang paling banyak diproduksi. Pada perkembangannya kapal

General Cargo sering disebut “multi purpose” dikarenakan banyak jenis muatan yang dapat diangkut. Untuk itu sebuah kapal diharapkan dapat memperlancar pengiriman barang antar pulau di Indonesia maupun dengan negara lainnya, memiliki daya tampung besar dan juga aman saat tiba ditujuan. Sering kali kapal mengalami kecelakaan saat ditengah perjalanan sehingga faktor keselamatan perlu diperhatikan agar mengurangi kerugian besar pada kapal itu sendiri.

Kecelakaan kapal terjadi karena banyak hal seperti kelebihan muatan, kebocoran, *human error*, ataupun faktor alam yang dapat menghilangkan nyawa. Untuk itu perancangan kapal yang baik menjadi aspek penting sebelum kapal beroperasi agar kapal dapat berlayar dengan aman dan sampai tujuan. Sebagai dasar keselamatan bagi kapal yang dibangun dibutuhkan penelitian dengan studi Karakteristik *Hull Form*.

Penelitian sebelumnya mengenai Studi Karakteristik *Hull Form* menggunakan kapal

kayu barang – penumpang tradisional[1] dan kapal *Bulk Carrier* 7082 DWT[2] . Metode yang digunakan juga sudah banyak dipakai penelitian sebelumnya. Adapun metode yang digunakan melalui standar yang ditentukan oleh *International Maritime Organization* (IMO)[3] seperti yang digunakan oleh Kusumo [4] dalam penelitiannya pada kapal Cargo 14.715 DWT. Berbagai macam kondisi juga dianjurkan dalam menentukan hasil stabilitas kapal itu sendiri. Yulianti (2017) menggunakan 10 kondisi [5]. Lalu, dari Kusumo [4] menggunakan 8 kondisi untuk menentukan stabilitas terbaik pada perancangan kapal. Kapal *General Cargo* 5700 DWT sendiri mengikuti acuan oleh IMO dengan 4 kondisi yang akan dibahas pada bab metode. Untuk metode yang dipakai pada analisa Hambatan adalah metode Holtrop seperti yang dianjurkan oleh Sugianto (2017)[6]. Pada analisa olah gerak / *seakeeping*, Parlindungan[1] dalam penelitiannya menyebutkan bahwa hanya ada 3 gerakan yang mampu direspon oleh kapal yaitu gerakan *heaving*, *rolling*, dan *pitching*. Tiga gerakan inilah yang akan dianalisa nantinya pada software *Maxsurf Seakeeping*.

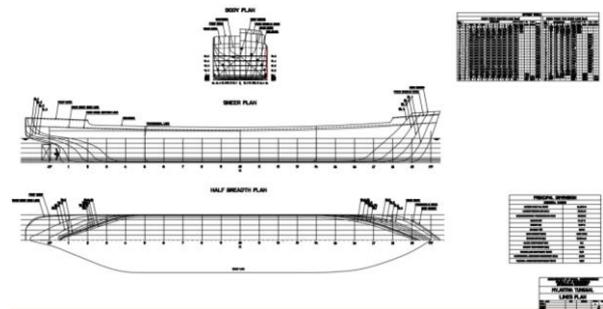
Pada penelitian ini, penulis memberikan batasan masalah bahwa objek tidak menggunakan pengujian pada *towing tank* serta tidak menganalisa *damage stability*-nya . Kapal *General Cargo* 5700 DWT hanya menggunakan program analisa *Delftship* untuk *re-drawing* dan *Maxsurf* untuk tahap analisa stabilitas, hambatan, dan olah gerak. Berdasarkan pembahasan latar belakang yang telah disebutkan diatas, sangat penting adanya bahwa kapal, dalam perancangannya perlu dianalisa terutama pada Karakteristik *Hull Form* yang meliputi penelitian mengenai stabilitas kapal, hambatan serta olah gerak kapal. Manfaat dari penelitian ini sebagai acuan analisa teknis dan penambahan wawasan mengenai perkembangan teknologi pembuatan kapal terutama *General Cargo*. Bagi penelitian mendatang diharapkan penelitian ini dapat menjadi acuan pembuatan kapal yang baik dan dengan menggunakan standar dan metode yang telah dianjurkan dan sebagai pertimbangan faktor keselamatan yang ada.

2. METODE

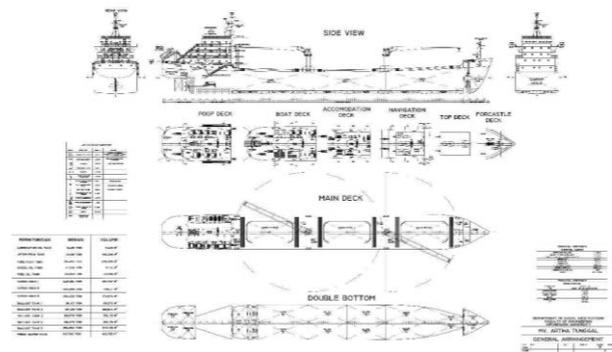
Seperti yang telah dibahas di latar belakang, penulis menggunakan kapal *General Cargo* 5700 DWT sebagai objek penelitiannya dikarenakan kapal cargo telah menjadi kapal yang umum digunakan dalam transportasi laut. Dalam penelitian ini, kapal yang digunakan merupakan kapal yang telah dirancang dengan menggunakan kapal pembanding untuk membuat Rencana Garis

hingga sampai tahap akhirnya Rencana Umum dan segala analisa *Hydrostatic*, *Launching* serta pembuatan Engine Room dan Profil. Kapal sebelumnya belum pernah dianalisa dengan metode yang dianjurkan atau seperti dalam stabilitas dengan menggunakan metode yang dianjurkan oleh IMO. Berikut adalah data kapal yang akan digunakan :

Jenis kapal	: <i>General Cargo</i>
Nama kapal	: MV. Artha Tunggal
Panjang kapal (LOA)	: 111, 13m
Lebar kapal (B)	: 14,49 m
Sarat kapal (T)	: 6,90 m
Tinggi (H)	: 9,07 m
Kecepatan Dinas Kapal (vs)	: 10,00 knot
Koefisien block (Cb)	: 0,8



Gambar 1. Lines Plan MV. Artha Tunggal



Gambar 2. Rencana Umum kapal MV. Artha Tunggal

Penelitian ini menggunakan *Maxsurf Pro* yang dapat diakses di laboratorium kampus maupun personal. Penggunaan *Maxsurf Pro* sebenarnya telah banyak digunakan oleh banyak peneliti, termasuk peneliti dari luar karna penggunaannya yang mudah dan juga akurat. Dalam *Maxsurf Pro*, ada 3 program dimana,

1. *Maxsurf Resistance* untuk menganalisa hambatan. Didalamnya sudah ada pilihan metode – metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan hasil analisa. Pilihan

metode harus disesuaikan dengan bentuk lambung atau tipe kapal agar hasil didapat benar dan dapat mengetahui kebutuhan mesin pada kapal.

2. *Maxsurf Hydromax* untuk menganalisa stabilitas. Hydromax juga menyediakan pilihan standar lain selain IMO A.749 (18) pada analisa stabilitasnya.
3. *Maxsurf Motions* untuk menganalisa olah gerak kapal. Gerakan kapal yang akan dianalisa oleh program ini ada 3 yaitu *heaving, pitching, rolling*.

Dalam penelitian ini membutuhkan Rencana Garis / *Lines Plan*, Rencana Umum / *General Arrangement*, perencanaan tangki – tangki, ukuran dan bentuk lambung, jumlah *crew*, serta kapasitas dan ukuran muatan yang diangkut.

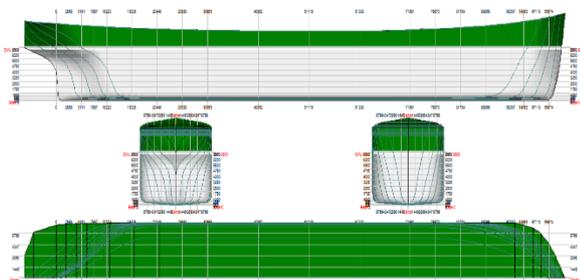
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hidrostatik

Menurut Amirul Karman fungsi dari kurva hidrostatik adalah untuk mengetahui sifat – sifat badan kapal yang tercelup air, atau untuk mengetahui sifat – sifat isi karene. Untuk itu kondisi hidrostatik kapal dapat diketahui dengan menganalisanya pada program Delftship. Berikut nilai Hidrostatik yang diperoleh

Tabel 1 Data Hidrostatik Kapal *General Cargo 5700 DWT*

No.	Measurement	Nilai	Satuan
1	Displacement	8902,5	ton
2	Volume displacement	8685,4	m ³
3	Draft to Baseline	6,900	m
4	LWL	108.61	m
5	WSA	2586,0	m ²
6	Cb	0,8	
7	Cp	0,83	
8	Cm	0,97	
9	KB	3,618	m



Gambar 3. Model Kapal pada program Delftship

3.2 Stabilitas

Dalam menganalisa stabilitas kapal perlu diketahui kondisi – kondisi yang disarankan oleh IMO. Penulis menggunakan 4 kondisi umum untuk menentukan satabilitas kapal apakah sudah sesuai dengan kriteria yang diatur oleh IMO. Empat kondisi tersebut adalah :

1. Kondisi 1, pada saat kapal berangkat dengan muatan penuh dan *consumeable* 100%
2. Kondisi 2, pada saat kapal muatan penuh dan *consumeable* 10%
3. Kondisi 3, pada saat kapal berangkat dengan muatan kosong tetapi *consumeable* 100%
4. Kondisi 4, pada saat kapal muatan kosong dan *consumeable* 10%

Kriteria yang diatur oleh IMO A.749 (18) adalah :

1. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.1* :
 - a. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0°– 30° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 3,151 m.deg.
 - b. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0°– 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 5,157 m.deg.
 - c. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 30°– 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 1,719 m.deg.
2. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.2* : nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut 30°– 180° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,2 m.
3. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.4* : nilai GM awal pada sudut 0° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,15 m.
4. *Section A.749 (18), Chapter 4.2.3.1* : nilai GM awal pada sudut 0° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,35 m.

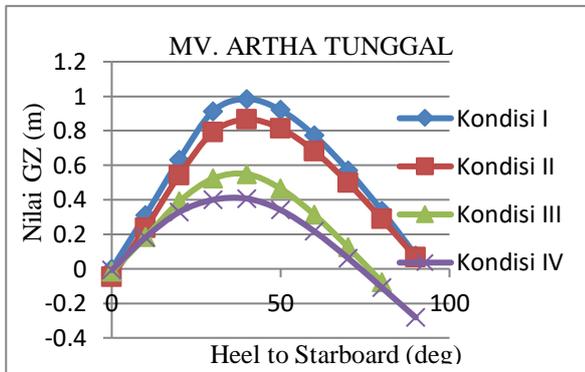
Sebelum memulai analisa, perlu disiapkan model kapal hasil *re-drawing* pada program Delftship dan kompartemen pembuatan tanki. Setelahnya dapat ditentukan untuk keadaan *loadcase* tiap – tiap kondisi. Berikut hasil analisisnya:

Tabel 2. Hasil analisa dengan kriteria IMO

Kriteria	IMO	Kondisi			
		I	II	III	IV
Area 0°- 30°	3.151	14.108	11.604	8.345	7.211
Area 0°- 40°	5.157	23.746	20.028	13.793	11.305
Area 30°- 40°	1.719	9.639	8.415	5.451	4.094

$GZ \geq 30^\circ$	0.2	0.983	0.864	0.556	0.410
Sudut GZ_{max}	25	39.0	40.0	37.0	36.0
Nilai Awal GMt	0.15	1.763	1.612	1.124	1.067
Status		<i>Pass</i>	<i>Pass</i>	<i>Pass</i>	<i>Pass</i>

Berikut grafik yang menunjukkan rekapitulasi nilai GZ:



Gambar 4. Grafik nilai GZ tiap – tiap kondisi

Hasil analisa stabilitas menunjukkan bahwa kapal memenuhi kriteria yang diatur IMO, dengan melihat pada Tabel 2 bahwa tiap – tiap kondisi pada sudut $0^\circ - 30^\circ$, sudut $0^\circ - 40^\circ$, dan sudut $30^\circ - 40^\circ$ memiliki nilai GZ diatas standar yang ditentukan IMO, artinya kapal memiliki momen pembalik (*righting moment*) yang besar dan cukup stabil pada saat kapal oleng. Pada poin (2) dan (4) kriteria IMO A.749(18) kapal juga memiliki jarak dan derajat kemiringan diatas nilai GZ maksimum yaitu 0,2 m dan 0,15 m.

3.3 Hambatan

Perhitungan analisis hambatan berguna untuk mengetahui besarnya daya hambatan yang diperoleh kapal sampai pada kecepatan maksimum kapal[7]. Analisa hambatan juga menjadi patokan untuk mengetahui kebutuhan daya mesin kapal. Pada penelitian ini, kapal dianalisa dengan menggunakan software *Maxsurf Hullspeed* dan metode Holtrop. Metode ini digunakan untuk perhitungan kapal – kapal yang memiliki nilai displacemen besar dan lambung kapal berbentuk U. Berikut hasil analisa hambatan kapal *General Cargo 5700 DWT* :

Tabel 3. Nilai Hambatan dan Daya Mesin

No	Speed (kts)	Froude No. LWL	Froude No. Vol	Holtrop Resist (kN)	Holtrop Power (hp)
1	9	0.29	0.533	76.72	476.37
2	9.25	0.303	0.547	81.38	519.35

3	9.5	0.31	0.562	86.31	565.64
4	9.75	0.32	0.577	91.51	615.55
5	10	0.328	0.592	97.03	669.41

Dari tabel diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa besarnya hambatan yang diterima oleh kapal sebesar 97.03 kN dan daya yang dibutuhkan kapal untuk mencapai kecepatan maksimumnya sebesar 669.41 HP.

3.4 Olah Gerak

Dalam menganalisa olah gerak, perlu diketahui bahwa hanya ada 3 gerakan yang mampu direspon oleh kapal yaitu heaving, rolling, pitching. Analisa olah gerak menggunakan program *Maxsurf Motions*. Kapal *General Cargo* menggunakan rute pelayaran Jakarta – Belawan dimana tinggi gelombang per bulan Desember 2020 sebesar 1,50 meter. Analisa dilakukan untuk sudut dari 0° (*following seas*), 45° (*stern quartering seas*) 90° (*Beam sea*), 135° (*Bow quartering seas*) hingga 180° (*Head seas*) dan 10 knots dalam langkah 1 knot. Berikut hasil analisa olah geraknya :

Tabel 4. Nilai *Amplitudo, Velocity, Acceleration*

Item	Wave Heading (deg)	Kapal KM. Artha Tunggal		
		Amplitudo	Velocity	Accelerati on
Heaving	0	0.374 m	0.152 m/s	0.062 m/s ²
	45	0.582 m	0.292 m/s	0.164 m/s ²
	90	0.193 m	0.894 m/s	0.730 m/s ²
	135	0.980m	0.795 m/s	0.671 m/s ²
	180	0.805m	0.669 m/s	0.569 m/s ²
Rolling	0	0 deg	0 rad/ s	0 rad/s ²
	45	5.21 deg	0.0814 rad/s	0.0986 rad/s ²
	90	12.17 deg	0.3223 rad/s	0.5376 rad/s ²
	135	7.13 deg	0.1913 rad/s	0.3318 rad/s ²
	180	0 deg	0 rad/s	0 rad/s ²
Pitching	0	1.58 deg	0.0117 rad/s	0.0050 rad/s ²
	45	1.72 deg	0.0154 rad/s	0.0083 rad/s ²
	90	1.05 deg	0.0131 rad/s	0.0099 rad/s ²
	135	1.79 deg	0.0271 rad/s	0.0247 rad/s ²
	180	1.90 deg	0.0288 rad/s	0.0257 rad/s ²

Dari hasil perhitungan olah gerak pada 5 keadaan *head wave* [8] dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. *Heaving Motion*

Pada kecepatan maksimum 10 knots, nilai terbesar pada sudut 135° (*bow quartering seas*) sebesar 0,980 m dan nilai terkecil pada sudut 90° (*beam seas*) sebesar 0,193 m.

2. *Rolling Motion*

Pada kecepatan maksimum 10 knots, nilai terbesar pada sudut 90° (*beam seas*) sebesar 12,17 deg dan nilai terkecil pada sudut 45° (*stern quartering seas*) sebesar 5,21 deg.

3. *Pitching Motion*

Pada kecepatan maksimum 10 knots, nilai terbesar pada sudut 180° (*head seas*) sebesar 1,90 deg dan nilai terkecil pada sudut 90° (*beam seas*) sebesar 1,05 deg.

4. *Heaving Velocity*

Pada kecepatan maksimum 10 knots, nilai terbesar pada sudut 90° (*beam seas*) sebesar 0,894 m/s dan nilai terkecil pada sudut 0° (*following seas*) sebesar 0,152 m/s.

5. *Rolling Velocity*

Pada kecepatan maksimum 10 knots, nilai terbesar pada sudut 90° (*beam seas*) sebesar 0,322 rad/s dan nilai terkecil pada sudut 45° (*stern quartering seas*) sebesar 0,0814 rad/s.

6. *Pitching Velocity*

Pada kecepatan maksimum 10 knots, nilai terbesar pada sudut 180° (*head seas*) sebesar 0,0288 rad/s dan nilai terkecil pada sudut 0° (*following seas*) sebesar 0,0117 rad/s.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan berbagai analisa diatas didapat besar displacement kapal 8902, 5 ton , koefisien block (cb) 0,8 , koefisien perismatic (cp) 0,83 , koefisien midship (cm) 0,97 , dan LCB sebesar 51,179 m. Dari hasil analisa stabilitas, diketahui bahwa kapal memiliki nilai GZ di atas nilai yang ditentukan oleh IMO dan artinya kapal memiliki momen pembalik (*righting moment*) yang besar dan cukup stabil pada saat kapal oleng. Pada

analisa hambatan, didapat bahwa kapal membutuhkan daya mesin sebesar 669.41 HP untuk mencapai kecepatan maksimum sebesar 10 knots. Pada analisa olah gerak didapat, kapal mengalami gerakan *heaving* tertinggi pada sudut 135° (*bow quartering seas*) sebesar 0,980 m, gerakan *rolling* tertinggi pada sudut 90° (*beam seas*) sebesar 12,17 deg, dan gerakan *pitching* tertinggi pada sudut 180° (*head seas*) sebesar 1,90 deg.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis bersyukur dan mengucapkan terima kasih kepada segenap civitas akademik Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro atas bimbingan, dampingan dan ilmu – ilmu yang telah dipelajari selama penulis menuntut ilmu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Manik, E. S. Hadi, P. Studi, T. Perkapalan, F. Teknik, and U. Diponegoro, "Studi Hull Form Kapal Barang Penumpang Tradisional di Danau Toba Sumatera Utara," vol. 5, no. 3, 2008, [Online]. Available: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/kapa/article/view/3210>.
- [2] D. Setiawan, "Analisis Peforma Kapal Cargo 7082 DWT Terhadap Variasi Muatan Curah Dengan Rute Pelayaran Jakarta - Surabaya," vol. 6, no. 4, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/21366/0>.
- [3] "IMO Sec. A.749 (18) Ch. 3 & Ch. 4.pdf."
- [4] S. P. Kusumo, "Studi Perancangan Kapal Kargo 14.715 Dwt Rute Pelayaran Tanjung Perak-Batu Ampar," vol. 5, no. 2, 2017.
- [5] M. Yulianti, "Analisa Stabilitas Kapal Perintis 500 DWT Setelah Penambahan Variasi Posisi Sudut dan Lebar Bilga Keel," vol. 5, no. 4, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/18830>.
- [6] E. Sugianto, "Computational Model Tahanan Kapal untuk Menentukan Kebutuhan Daya Kapal Bulk Carrier 8664 DWT," *Univ. Hang Tuah Surabaya*, vol. 10, no. 2, 2017, [Online]. Available: <http://dspace.hangtuah.ac.id:8080/xmlui/bi>

tstream/handle/dx/572/C1 Journal

Trunojoyo Erik Sugianto.pdf?sequence=1.

- [7] A. F. Molland, S. R. Turnock, and D. A. Hudson, *Ship Resistance of Propulsion*. New York, 1978.
- [8] Kiryanto, "Analisa Teknis Stabilitas dan Olah Gerak Kapal Patrol Speed Boat 'Grass Carp' di Perairan Rawa Pening Jawa Tengah" vol. 7, no. 2, 2010, [Online]. Available:
<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/kapal/article/view/3766>.
- [9] E. V. Lewis, Ed., *Principles of Naval Architecture Second Revision*. Jersey City, NJ, 1988.
- [10] Harvald, *Resistance and Propulsion of Ships*. New York, 1978.
- [11] Santoso, *Teori Bangunan Kapal*, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta, 1983.