
**STUDI KAPAL KECIL DENGAN TENAGA PENGGERAK LISTRIK UNTUK
PENGAWASAN KAWASAN KONSERVASI SUNGAI DAN MUARA**
*STUDY OF SMALL SHIP WITH ELECTRICAL MOVEMENT POWER FOR SUPERVISION OF RIVER AND ESTUARY
CONSERVATION AREA*

Sunardi^{1*}, R Sapto Pamungkas²

¹Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

²Balai Besar Penangkapan Ikan, Semarang, Indonesia

*Corresponding author e-mail: sunardi@ub.ac.id

Submitted: 18 Desember 2018 / Revised: 07 Juni 2019 / Accepted: 27 Juni 2019

<http://doi.org/10.21107/jk.v12i1.4716>

ABSTRACT

This research originated from the request of river activists in Sidoarjo to design a small boat with two people. Special requests suggested by the ship do not cause noise that can cause disturbed birds and wildlife and escape from the ship carrying surveillance over the river. As a solution, small vessels are designed with electric propulsion generated by battery cells. The main problem that will be examined is the large battery and the ship needed by a ship that can drive at sufficient speed and enough battery to carry out surveillance operations until it returns to the dock. The method used in this studio is a comparison vessel and spiral design, a ship design method that starts from the main ship size, hull formation, weight calculation, toughness, resistance, machining system, cost calculation and completion to achieve an optimal design, if wrong one failed to be repaired, it will be repeated from the beginning again. The design of the ship produced is a small boat with a length of 3 meters, a width of 1 meter, a height of 50 cm with a capacity of 2 people. The main driving force is a 1.2 kW battery to reach a minimum speed of 5 knots. Generate 35% of the remaining amount.

Keywords: ships, electricity, batteries, trolling, estuary

ABSTRAK

Penelitian ini berawal dari permintaan penggiat konservasi sungai di Sidoarjo untuk dibuatkan desain kapal kecil yang cukup dua orang. Permintaan khusus yang diinginkan adalah kapal tidak menimbulkan suara bising yang bisa menyebabkan burung-burung dan satwa lainnya terganggu dan kabur ketika kapal yang sedang melakukan pengawasan melewati sungai. Sebagai solusinya, kapal kecil di desain dengan tenaga penggerak listrik yang dihasilkan oleh cell baterai. Permasalahan utama yang akan di kaji adalah seberapa besar baterai dan kapal sehingga kapal dapat melaju dengan kecepatan yang mencukupi dan baterai cukup untuk melakukan operasi pengawasan berangkat sampai pulang ke dermaga. Metode yang digunakan dalam studi ini adalah kapal perbandingan dan spiral design, suatu metode desain kapal yang diawali dari penentuan ukuran utama kapal, pembentukan lambung, perhitungan berat, stabilitas, tahanan, sistem permesinan, perhitungan biaya dan seterusnya sampai di dapatkan desain yang optimum, jika salah satu tahap mengalami kegagalan, maka akan diulang dari tahap awal lagi. Desain kapal yang dihasilkan adalah kapal kecil dengan panjang 3 meter, lebar 1 meter, tinggi 50 cm dengan kapasitas penumpang 2 orang. Tenaga penggerak utama adalah baterai 1,2 kW untuk mencapai kecepatan minimal kapal 5 knot. Perhitungan stabilitas menunjukkan hasil yang cukup baik dengan titik hilang stabilitas kapal sekitar 35°.

Kata kunci: kapal, listrik, baterai, trolling, muara

PENDAHULUAN

Beberapa dekade terakhir, pengembangan energi terbarukan sebagai penggerak alat transportasi sangat pesat dikembangkan. Di

Indonesia, peluang kapal bertenaga listrik cukup besar karena banyaknya rute penyeberangan antar pulau. *Electric propulsion* cocok diterapkan pada kapal penyeberangan antar pulau karena berlayar

pada rute pendek secara tetap, waktu tempuh yang singkat, dan sehingga memiliki kecukupan waktu untuk pengisian ulang.

Ide penelitian ini berawal dari permintaan suatu UPT Konservasi dan Pengelolaan pulau-pulau kecil Propinsi Jawa Timur untuk mendesain suatu kapal kecil yang mampu beroperasi di kawasan konservasi yang tidak menimbulkan suara mesin yang keras sehingga mengganggu satwa yang berada di kawasan tersebut ketika dioperasikan untuk patroli pengawasan.

Penggunaan mesin *electric* akan memenuhi permintaan tersebut, penggunaan mesin dengan penggerak akan memiliki keunggulan sebagai berikut:

1. Tidak menimbulkan suara yang berisik
2. Tidak menghasilkan asap dan polusi udara
3. Mudah perawatannya, tidak ada minyak pelumas ataupun bahan bakar minyak yang digunakan
4. Sumber energi utama masa depan dan yang terbarukan.



Gambar 1. Kawasan konservasi Wonorejo di Surabaya

TINJAUAN PUSTAKA

Optimisasi Dalam Proses Desain

Desain kapal merupakan usaha yang kompleks yang membutuhkan koordinasi yang baik antara beberapa bidang antara teknik, non teknik alam dan kemampuan individual *designer*. Metode optimasi sangat tepat untuk menyelesaikan persoalan desain seperti diatas. Metode spiral desain tradisional mempunyai beberapa tahap: *concept, contract, preliminary, dan detail design*, dimana item-item penyusun tahapnya sama dan selalu di ulang-ulang secara manual semakin detail. Pada metode optimisasi dilakukan interasi satu tahap saja secara otomatis yaitu *preliminary design* sehingga menghasilkan solusi yang optimal dan waktu yang cepat. *constraints* dan *objective function*. *Constant* adalah besaran yang tidak berubah selama proses optimasi, *parameter* adalah besaran yang diberikan dalam pemodelan optimasi yang tidak berubah selama satu proses optimasi, *variable* adalah harga yang dicari dalam proses optimasi, *constraints* adalah batasan yang ditentukan oleh desainer dan regulation, dan *objective function* adalah

nilai yang ingin diminimumkan atau dimaksimalkan dalam optimisasi

Tahanan kapal

Tahanan kapal adalah jumlah gaya yang bekerja berlawanan dengan arah laju kapal. Total tahanan kapal menurut Molland 2011 adalah sebagai berikut:

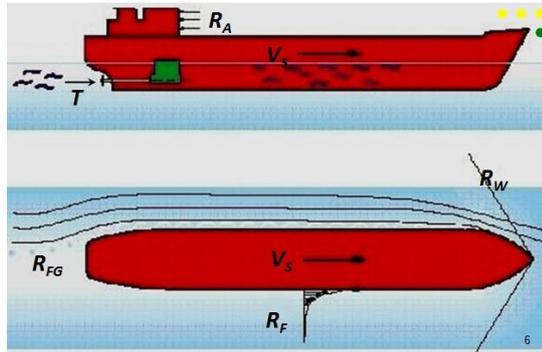
$$\text{Total Resistance} = \text{Frictional resistance} + \text{Viscous Pressure resistance} + \text{Wave resistance} \dots \dots \dots 1$$

Jadi total tahanan kapal dipengaruhi oleh gaya gesek kapal, gaya tekanan kapal dan gaya akibat gelombang kapal. Total tahanan kapal ini digunakan sebagai acuan untuk menghitung berapa besar daya penggerak kapal yang dibutuhkan untuk mendapatkan kecepatan kapal tertentu/yang diinginkan. Dalam penelitian ini akan disesuaikan berapa ukuran kapal yang sesuai sehingga dengan power listrik tertentu akan mampu menggerakkan kapal listrik dengan kecepatan tertentu.

Sistem penggerak kapal

Sistem Penggerak Kapal menghasilkan gaya dorong, Thrust (T) yang digunakan untuk mengatasi keseluruhan tahanan yang

terjadi pada kapal sehingga kapal tersebut dapat bergerak pada suatu kecepatan tertentu atau pada kecepatan servicenya”



Gambar 2. Sistem Penggerak Kapal (Kecepatan Service)

Kecepatan kapal tergantung dari besaran kapal (ukuran dan bentuk kapal), dan kinerja rotor penggerak (daya motor penggerak) serta bentuk dan ukuran baling-baling.

Sistem Kerja Sistem Penggerak (Motor Listrik)

Cara kerja motor listrik sangat sederhana. Baterai yang menghasilkan listrik searah (DC) disalurkan pada motor Brushless DC untuk menghasilkan gerak mekanis memutar hasil interaksi antara listrik dan magnet (Noviawan, I., 2016). Dalam sistem kerjanya dilengkapi dengan sistem kontrol untuk mengatur kecepatan dan sistem kelistrikan.

MATERI DAN METODE

Perancangan kapal dengan metode kapal perbandingan adalah dengan menggunakan perbandingan beberapa kapal setipe yang

telah ada untuk mendapatkan ukuran utama kapal yang akan di desain. Metode ini juga dapat digunakan untuk mempercepat proses design agar tidak memulai perencanaan dari nol, sehingga hasil yang di dapatkan diharapkan tercapai lebih cepat dari pada dalam proses desain dari awal. Kapal perbandingan digunakan untuk mendapatkan bentuk dan desain estetika kapal yang sesuai dengan tujuan kapal yang akan di desain dan diproduksi. Langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan tahanan, stabilitas dan membuat gambar-gambar untuk proses produksi kapal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapal perbandingan yang dijadikan acuan desain kapal adalah:

1. Kapal perbandingan 1



Gambar 3. Kapal perbandingan 1

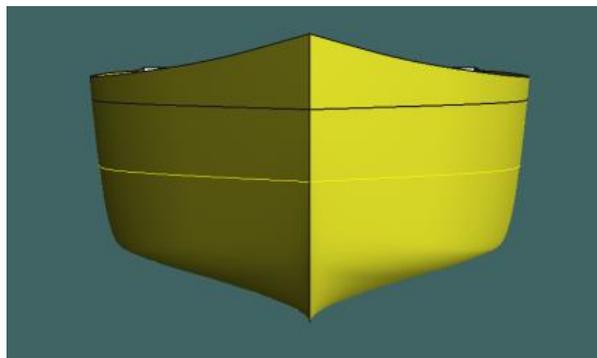
2. Kapal pembanding 2



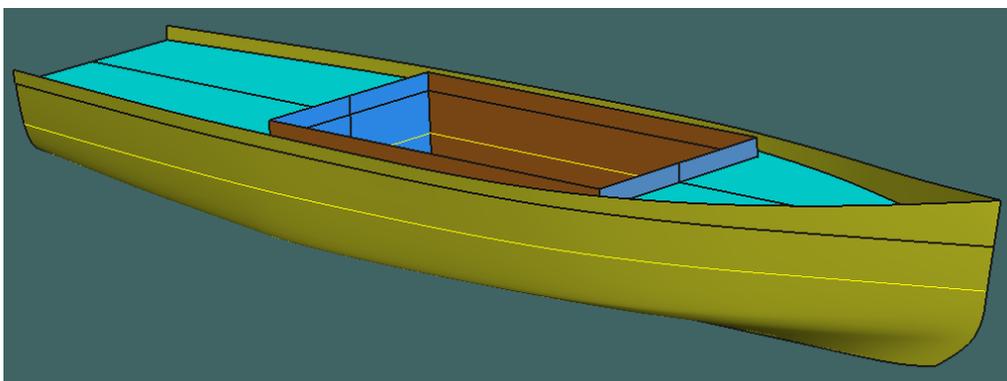
Gambar 4. Kapal pembanding 2

Berdasarkan fungsinya yang sederhana dan kapasitas mesin yang kecil, kapal pembanding 1 dipilih sebagai desain kapal acuan untuk desain kapal dengan tenaga baterai listrik. Pemodelan lambung kapal dengan komputer

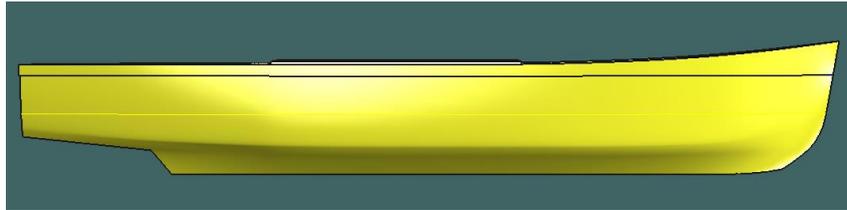
menghasilkan kapal dengan ukuran utama sebagai berikut:
LoA = 3 meter
Lebar kapal = 1 meter
Tinggi kapal = 0.5 meter



Gambar 5. Pemodelan kapal tampak depan



Gambar 6. Pemodelan kapal tampak perspective



Gambar 7. Pemodelan kapal tampak samping

Hidrostatik kapal untuk setiap sarat kapal

Selengkapnya tabel hidrostatik untuk setiap sarat kapal adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Tabel Hidrostatik

Parameter Hidrostatik	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
Displacement tone	0.4949	0.4729	0.3128	0.1304	0.025	0
Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
Draft at AP m	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
Draft at LCF m	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
Trim (+ve by stern) m	0	0	0	0	0	0
WL Length m	0	3.279	3.255	3.235	2.73	0
WL Beam m	0	0.71	0.757	0.735	0.59	0
Wetted Area m ²	5.47	4.505	2.771	2.116	0.66	0
Waterpl. Area m ²	0	0.86	1.811	1.74	0.55	0
Prismatic Coeff.	0	0.616	0.541	0.4	0.309	0
Block Coeff.	0	0.532	0.413	0.267	0.151	0
Midship Area Coeff.	0	0	0.762	0.669	0.517	0
Waterpl. Area Coeff.	0	0.37	0.735	0.732	0.341	0
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0.187	-0.197	-0.203	-0.177	0.13	7.591
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	7.591	-0.015	-0.219	-0.222	0.043	7.591
KB m	0.26	0.252	0.205	0.143	0.068	-0.25

Perhitungan tahanan kapal

Metode yang digunakan untuk menghitung tahanan adalah metode Holtrop dan dengan menggunakan efisiensi 50%.

Perhitungan Tahanan Kapal ini dilakukan dengan kondisi kesetimbangan kapal sebagai berikut:

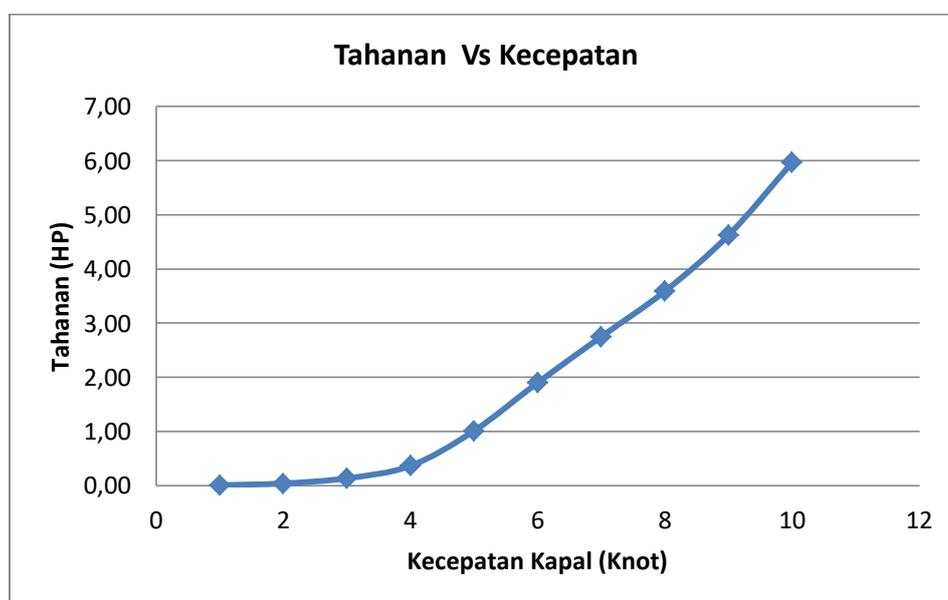
Tabel 2. Hidrostatik kapal saat uji tahanan

PARAMETER	NILAI	SATUAN
Displacement	0.3272	ton
Volume (displaced)	0.319	m ³
Draft Amidships	0.250	m
Immersed depth	0.250	m
WL Length	3.249	m
Beam max extents on WL	0.895	m
Wetted Area	4.126	m ²
Max sect. area	0.168	m ²

Hasil hubungan antara kecepatan dan tahanan kapal dapat ditampilkan pada tabel dibawah (Tabel 3)

Tabel 3. Hubungan antara kecepatan kapal dengan tahanan dan daya mesin

Kecepatan (Knot)	Holtrop	
	Kn	HP
1	0.00	0.01
2	0.00	0.04
3	0.00	0.14
4	0.10	0.37
5	0.10	1.01
6	0.20	1.90
7	0.30	2.75
8	0.30	3.59
9	0.40	4.63
10	0.40	5.97



Gambar 8. Grafik hubungan antara tahanan dan kecepatan kapal

Beroperasi di sungai yang tenang, tidak begitu diperlukan kecepatan tinggi, maka kecepatan kapal ini direncanakan 5 knot. Untuk mencapai kecepatan kapal 5 Knot, maka tahanan kapal = 1 HP atau 0.76 Kilo Watt. Memperhitungkan beberapa faktor yang mengharuskan penambahan tahanan kapal yang disebabkan karena:

- Pengaruh *sea margin* : tambahan tahanan ini disebabkan karena perhitungan dengan model asumsi yang digunakan adalah air tenang di towing tank, sehingga kalau kapal dioperasikan di lautan bebas, maka tahanan kapal akan bertambah.
- Pengaruh *gear box* = gesekan antara komponen propulsi diperhitungkan, pasti

terjadi losses dari putaran mesin ke putaran propeller.

- 85% MCR = Mesin kapal tidak bisa dipaksakan 100% full load, kemampuan rata-rata diambil 85% maximum continuous rating (MCR)

Semisal kita menginginkan kecepatan kapal 5 knot, maka tahanan kapal adalah 0.67 kWh atau 670 Watt. (tabel hubungan kecepatan kapal awal.

- Pengaruh *sea margin* = $0.67 \text{ kW} \times 1.15\% = 0.77 \text{ kW}$
- Pengaruh *gear box* = $0.77 \text{ kW} \times 1.15 = 0.89 \text{ kW}$
- 85% MCR = $0.89 \text{ kW} \times 1.15 = 1.1 \text{ kW}$

Total kebutuhan mesin penggerak adalah 1.1 kW. Dengan kapasitas baterai yang ada dipasaran dengan output power sebesar 1.2 kW, kebutuhan daya listrik untuk menggerakkan kapal ini dengan kecepatan 5 knot dengan muatan penuh 2 orang bisa tercapai.

Pemilihan mesin

Menggunakan mesin penggerak perahu listrik 1200 watt. Berikut ini spesifikasi mesin trolling yang sesuai untuk digunakan (Tabel 4):

- Gambar mesin trolling



Gambar 9. Mesin trolling

- Tabel 4. Spesifikasi mesin trolling

Sesifikasi	Diskripsi
Thrust Level :	100 pounds (lbs) trust - 2hp
Shaft Length :	aluminum shaft - 38.5 inch / 980 mm
Voltage :	24 volts
Speed control :	8 speed levels forward and levels reverse
Build in battery meter :	5 LED indicators- condition of battery
Output (Max) :	1200 W
Amp -Rated :	47A / 50A on 24 volt battery
Conrol Handle :	Extend -length 13.7"(350mm)/fold angle 100
Mount type :	transom mount w Depth collar
Propeller :	3 blade propeller (11.8 inch diameter)
Max size boat recommended :	15 ft boats with load 880 lbs
Packing size :	55" x 16" x 8" (140cm x 40cm x 20cm)
Net weight :	18 lbs (8.2 kg)
Package weight :	30 lbs (13.6 kg)

- Baterai
Merk Baterai yang digunakan: 24V 50AH LITHIUM ION BATTERY



Gambar 10. Spesifikasi Baterai

Dengan menggunakan daya 1200 Watt, maka kecepatan yang akan dicapai kapal dengan 2 penumpang (sarat kapal 0.25 meter) adalah sekitar 5 knot

Perhitungan stabilitas kapal

Perhitungan stabilitas ini syarat mutlak untuk menganalisa kapal memiliki keselamatan yang cukup baik ketika kapal beroperasi di laut bebas dengan gaya luar yang bisa mengakibatkan kemungkinan kapal terbalik. Perhitungan stabilitas dilakukan dengan berbagai kondisi pemuatan. Untuk kapal kecil ini akan dianalisa 2 kondisi pemuatan:

- a. Kondisi pemuatan dengan 1 penumpang

Tabel 4 Distribusi muatan load case 1

Beban	Berat (ton)	Letak Titik Berat (meter)		
		Memanjang (dari AP)	Meninggi (A.B.L.)	Melintang (From CL)
Berat kapal kosong	0.100	1.300	0.200	0.000
Penumpang	0.150	1.400	0.400	0.000
Mesin	0.050	1.000	0.500	0.000
Total =	0.3	1.300	0.350	0.000

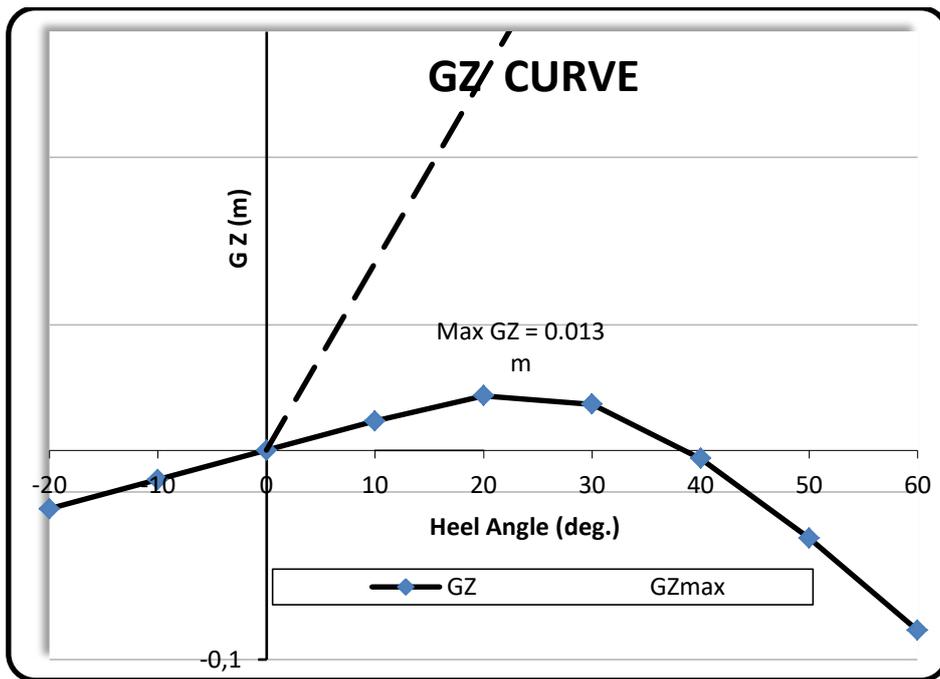
- b. Kondisi pemuatan dengan 2 penumpang

Perhitungan stabilitas untuk mengetahui kapal masih memiliki momen pengembali dan pada sudut berapa kapal hilang stabilitas. Perhitungan stabilitas kapal mengacu pada aturan keselamatan IMO tidak diperlukan karena kapal kecil dan beroperasi di perairan terbatas.

Berikut adalah perhitungan dan analisa stabilitas untuk berbagai kondisi pemuatan:

1. *Load Case 1* dengan 2 penumpang
 - a. Distribusi Pembebanan
Distribusi muatan pada kondisi pemuatan 1 adalah sebagai berikut

b. Kurva Stabiitas



Gambar 11. Kurva Stabilitas Kapal Loadcase 1

Kapal memiliki titik hilang stabilitas kapal, pada saat kapal oleng sekitar 40°

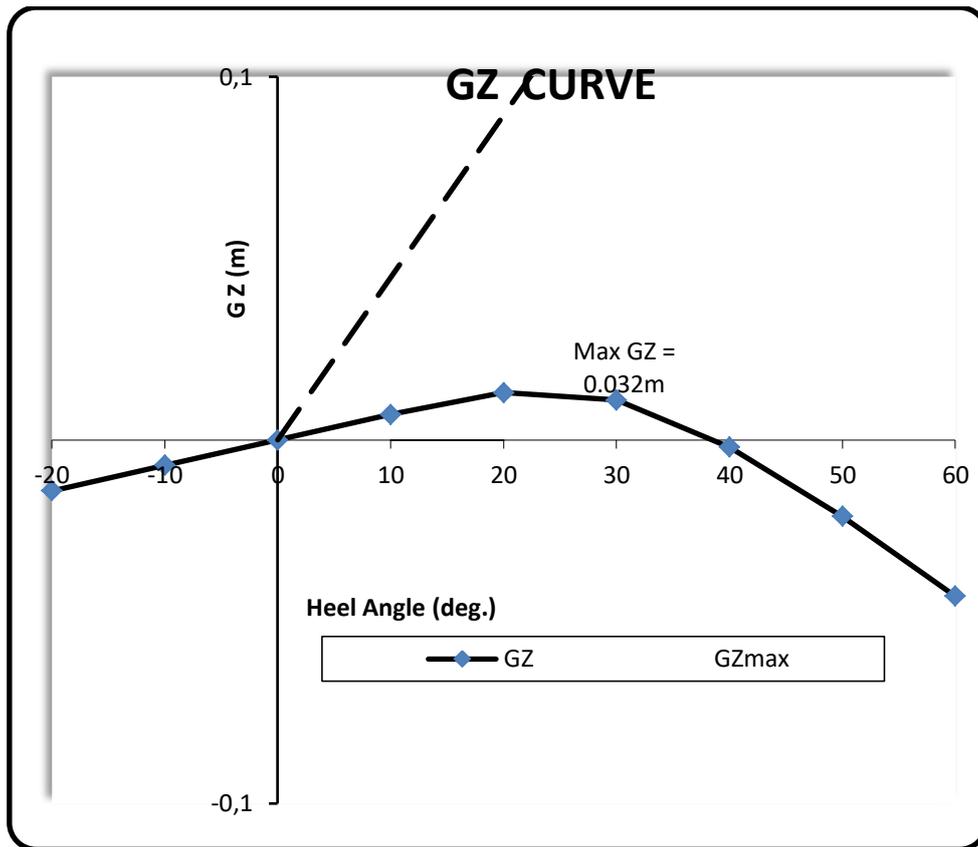
2. *Load Case 2* dengan 1 penumpang
 a. Distribusi Pembebanan

Distribusi muatan pada kondisi pemuatan 1 adalah sebagai berikut:

Tabel 6 Distribusi muatan load case 1

Beban	Berat (ton)	Letak Titik Berat (meter)		
		Memanjang	Meninggi	Melintang
		(dari AP)	(A.B.L.)	(From CL)
Berat kapal kosong	0.100	1.300	0.200	0.000
Penumpang	0.075	1	0.400	0.000
Mesin	0.050	1.000	0.500	0.000
Total =	0.3	1.300	0.350	0.000

b. Kurva Stabilitas



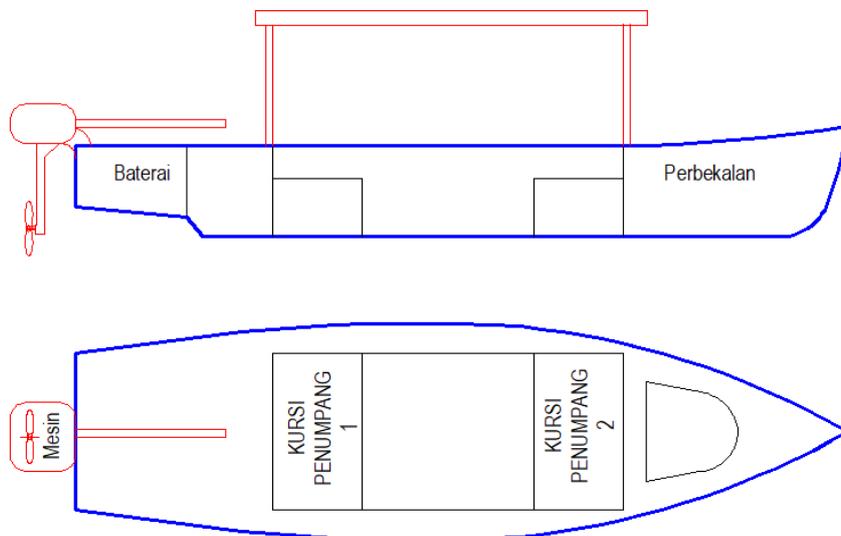
Gambar 12. Kurva Stabilitas Kapal Loadcase 2

Kapal memiliki titik hilang stabilitas kapal, pada saat kapal oleng sekitar 40°

RENCANA UMUM

Kapal didesain dengan sangat sederhana, dengan dua penumpang yang berhadapan. Sistem ermesinan di setting di belakang

dengan penggerak utama baterai. Sistem kemudi dengan tuas yang diperpanjang ke kemudi pertama yang dikendalikan secara manual dengan tangan. Perbekalan dan penambat kapal di letakkan di belakang dalam ruang dibagian haluan kapal.



Gambar 13. Gambar Rencana Umum

KESIMPULAN DAN SARAN

Kemampuan baterai listrik yang tersedia di pasaran sekarang, dengan daya 1,2 kW mampu menggerakkan kapal pengawas kawasan konservasi untuk 2 penumpang. Kapal di desain dengan displacement 0,3 ton dan mampu melaju dengan kecepatan 5 knot. Penggunaan mesin troling yang tersedia di pasaran memudahkan dalam pembuat kapal kecil ini. Penggunaan baterai pada mesin troling akan menghasilkan performance mesin yang tidak berisik dan ini sesuai dengan keinginan pemesan yang menghendaki kapal ini beroperasi di kawasan konservasi sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Papanikolaou. (2010). "Holistic ship design optimization," *Comput. Aided Ship Des. Some Recent Results Steps Ahead Theory Methodol. Pract. Dedic. Profr. Horst Nowacki Occas. His 75th Birthd*, 42(11), pp. 1028–1044.
- A. Papanikolaou. (2014). *Ship Design: Methodologies of Preliminary Design*. Springer.
- Molland, Anthony F., Stephen R. Turnock, and Dominic A. Hudson. (2011). *Ship resistance and propulsion: practical estimation of propulsive power*. Cambridge university press.
- Evans, J. H. (1959). Basic design concepts. *Journal of the American Society for Naval Engineers*, 71(4), 671-678.
- Moraes, H. B., Vasconcellos, J. M., & Latorre, R. G. (2004). Wave resistance for high-speed catamarans. *Ocean Engineering*, 31(17-18), 2253-2282.
- Sunardi, S., Efani, A., & Luthfi, O. M. (2016). Design of Eco Friendly Shallow Draft Fishing Vessel. *Research Journal of Life Science*, 2(3), 199-204.