



DESAIN OIL SPILL RECOVERY BOAT UNTUK AREA PELABUHAN TANJUNG PRIOK

*Andreo Marthen, Arif Fadillah dan Putra Pratama
Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada
* arif_fadillah@yahoo.com

Abstrak

Dalam beberapa tahun terakhir, lalu-lintas perdagangan yang melalui Pelabuhan Tanjung Priok selalu meningkat. Peningkatan perekonomian selalu memiliki dampak buruk terhadap lingkungan. Karena setiap kapal yang berlabuh berpotensi membuang limbah di area pelabuhan. Sebagian besar penyebab pencemaran laut di Indonesia disebabkan oleh limbah kapal, tentunya hal ini berkaitan dengan kurangnya kesadaran operator kapal akan kebersihan lingkungan di sekitar pelabuhan. Terkait hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merencanakan Oil Spill Recovery Boat ramah lingkungan, yaitu dengan menggunakan tenaga listrik untuk kebutuhan navigasi dan komunikasi. Desain kapal penanggulangan tumpahan minyak. Oil Spill Recovery Boat ini memiliki lambung katamaran yang perancangannya menggunakan aplikasi Maxsurf. Adapun metode yang digunakan untuk menentukan ukuran utama Oil Spill Recovery Boat ini adalah regresi linier, yaitu dengan menggunakan kapal pembanding yang telah dihimpun untuk kemudian disesuaikan dengan jumlah tumpahan minyak di area penelitian. Dengan menggunakan software Maxsurf, didapat ukuran utama yaitu $L = 10,0$ m, $B = 4,42$ m, $H = 1,34$ m dan $T = 0,61$ m. Kapal ini memiliki awak 3 orang.

Kata Kunci: Oil Spill, Katamaran, Panel Surya, Pelabuhan Tanjung Priok.

Abstract

*In recent years, trade traffic through Tanjung Priok Port has always increased. An increase in the economy always has a negative impact on the environment. Because every ship that docks has the potential to dump waste in the port area. Most of the causes of marine pollution in Indonesia are caused by ship waste, of course this is related to the lack of awareness of ship operators about the cleanliness of the environment around the port. Related to this, this research was conducted to plan an environmentally friendly Oil Spill Recovery Boat, by using electric power for navigation and communication needs. Oil spill control vessel design. This Oil Spill Recovery Boat has a catamaran hull designed using the Maxsurf application. The method used to determine the main size of the Oil Spill Recovery Boat is linear regression, namely by using comparison vessels that have been compiled and then adjusted to the number of oil spills in the research area. By using Maxsurf software, the main dimensions obtained are $L = 10.0$ m, $B = 4.42$ m, $H = 1.34$ m and $T = 0.61$ m. This ship has a crew of 3 people.***Keyword:** Oil Spill, Catamaran, Solar Panel, Port of Tanjung Priok

1. PENDAHULUAN

Laut adalah ekosistem dengan sumber daya hayati yang melimpah dan memiliki berbagai manfaat. Manfaat ini akan sangat berpengaruh kepada kehidupan manusia, sehingga kelestarian dan keberlangsungan kehidupan organisme di dalamnya harus dijaga. Sesuai PP no.19 Tahun 1999 [1] wacana “Pengendalian Pencemaran dan atau Perusakan laut”. Bab V Pasal 15(1) “Setiap orang atau penanggung jawab usaha serta/atau kegiatan yang mengakibatkan pencemaran dari/atau perusakan laut wajib melakukan penanggulangan pencemaran dan /atau perusakan laut yang diakibatkan oleh kegiatannya”. Pelabuhan internasional yang ada di Indonesia salah satunya adalah Pelabuhan Tanjung Priok yang terletak di Teluk Jakarta. Selain aktifitas pelayaran, kawasan Teluk Jakarta juga digunakan untuk daerah pemukiman, industri, pariwisata dengan berbagai aktivitas yang dapat memberikan distribusi limbah yang cukup besar [2]. Tumpahan minyak di perairan pantai dan laut



merupakan permasalahan serius yang sangat berdampak pada lingkungan. Di seluruh dunia, tumpahan berupa bahan bakar minyak mencapai 48% dari total minyak yang tumpah ke laut, sementara tumpahan minyak mentah mencapai 29% [3]. Oil Spill adalah merupakan tumpahan minyak yang mengakibatkan pencemaran akibat dari hasil operasional kapal tanker, perbaikan atau perawatan kapal, proses bongkar-muat di tengah laut STS (Ship to Ship), dan bocornya pipa minyak bawah laut, dan juga kecelakaan kapal [4]. Sebagaimana fungsinya sebagai pelabuhan, banyaknya kapal berlalu-lalang di dalam pelabuhan menimbulkan kemungkinan terjadinya tumpahan minyak dari kapal yang mengakibatkan laut di sekitaran pelabuhan menjadi tercemar. Selain potensi-potensi tersebut, kawasan ini juga mempunyai potensi ancaman yang besar untuk mengalami pencemaran minyak. Hal tersebut dikarenakan selain Pelabuhan Tanjung Priok pelabuhan minyak yang besar, juga merupakan jalur lalu lintas laut yang cukup ramai (baik kapal penumpang dan kapal barang), yang kesemuanya sangat berpotensi mencemari laut dan pesisir di sekitarnya. Sebagai hasil dari kepedulian lingkungan tentang polusi udara, semakin banyak aplikasi kelautan di mana mesin thermal tradisional bukan pilihan terbaik untuk mengatasi batasan peraturan dan kendala, seperti dalam kasus transportasi penumpang di perairan kota pantai atau di kawasan perlindungan laut. Untuk mencapai Zero Emission Vehicle (ZEV) untuk kawasan lindung laut, sistem elektrik dianggap sebagai kandidat terbaik untuk menggantikan mesin pembakaran internal. Tenaga listrik yang bersih dapat dihasilkan dengan menggunakan sumber energi terbarukan salah satunya seperti energi matahari [5].

2. METODE

2.1. Metode Regresi Linear

Metode yang menggunakan dua variabel yang digambarkan pada suatu grafik dengan garis lurus dan dijadikan sebagai parameter rasio untuk menentukan ukuran utama kapal..

2.2. Metode Perhitungan Rencana Garis Dan Rencanan Umum

Principal particulars diperoleh menggunakan membuat layout terlebih dahulu untuk mendapatkan dimensi yang dibutuhkan untuk menampung jumlah barang dan awak kapal. Beberapa perhitungan principal particulars yaitu :

- a) Menentukan Length Between Perpendicular (LBP)
- b) Menentukan Length Over All (LOA)
- c) Menentukan Length Water Line (LWL)
- d) Menentukan Breadth (B)
- e) Menentukan Draft (T)
- f) Menentukan Height (H)

Progres selanjutnya yaitu membuat permodelan dengan menggunakan perangkat lunak berbasis CAD dan Maxsurf dari ukuran utama yang didapat, sehingga menghasilkan desain yang berupa gambar rencana garis (*linesplan*) dan gambar rencana umum (*general arrangement*). Model/desain yang telah dibuat ini tentunya sudah melalui proses perhitungan teknis sehingga ukurannya dinyatakan optimum

2.3. Metode Perhitungan Stabilitas Kapal

Untuk menghitung stabilitas kapal yang dirancang menggunakan metode A.N-Krylov agar didapatkan hasil yang sesuai dengan menggunakan standar yang di berikan oleh IMO. Pada kapal, apakah dalam posisi tegak atau miring ke sudut φ , dua gaya bertindak: Berat kapal (W) dan gaya apung (F_b) yang sama tapi beraksi berlawanan arah. Bobot kapal adalah gaya gravitasi yang diukur dalam Newton, gaya apung yang juga diukur dalam Newton disebut juga displacement (*force*). Untuk displacement (*massa*) kapal, diukur dalam ton simbol Δ yang digunakan. Untuk volume di bawah air dari lambung, disebut volumetric displacement, simbol ∇ yang digunakan. (A.N-Krylov)

2.4. Metode Perhitungan Sistem Panel Surya

1. Total Energy Demand Total permintaan energi (Eload) terdiri dari energi yang dibutuhkan oleh tenaga penggerak (Eprop) dan energi yang dibutuhkan oleh peralatan listrik untuk tujuan layanan (Eserv). Energi



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

tenaga propulsi adalah fungsi dari daya propulsi dan durasi jelajah kapal, sedangkan energi layanan adalah produk daya peralatan listrik dan durasi penggunaan masing-masing peralatan. Dalam hal ini, kapal Total permintaan energi dinyatakan oleh Persamaan.

$$E_{load}(t) = \int_0^t P_{prop}(t) \cdot dt + P_{serv}(t) \quad (1)$$

2. Energi Solar PV didefinisikan sebagai energi matahari yang dipanen oleh modul Solar PV yang dinyatakan oleh Persamaan.

$$E_{PV}(t) = \frac{P_{PV}}{1000} \cdot \eta_s \cdot \eta_c \cdot x_1 \int_0^t \frac{I_{rr}(t)}{G_{STC}} dt \quad (2)$$

di mana PPV adalah daya watt puncak modul Solar PV dalam watt; Irr adalah radiasi matahari dalam kW / m2 dan GSTC adalah radiasi pada kondisi uji standar yang sama dengan 1 kW / m2. K s adalah efisiensi sistem Solar PV yang merupakan kehilangan energi karena konverter, kabel, suhu, dll. K c adalah efisiensi pengisian yang merupakan kehilangan energi karena proses pengisian energi Solar PV ke baterai, dan x1 adalah jumlah modul Solar PV yang akan dioptimalkan.

3. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi kapasitas baterai seperti suhu, arus pengisian atau pemakaian tidak dipertimbangkan.

$$E_{batt} = \frac{V_{batt} \cdot C_{batt} \cdot X_2}{1000 \cdot \eta_4} \quad (3)$$

Dimana Vbatt adalah tegangan nominal baterai dalam volt dan Cbatt adalah kapasitas baterai dalam Ampere-jam, Kd adalah efisiensi pemakaian baterai yang mewakili kehilangan energi selama proses pengeluaran energi, dan x2 adalah jumlah baterai yang akan dioptimalkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa Penentuan Ukuran Utama Kapal

Berikut adalah data kapal katamaran yang dijadikan sebagai acuan dalam parameter rasio ukuran utama kapal rancangan :

Tabel 1 Data Kapal Katamaran

No	Nama Kapal Pembanding	L (m)	B (m)	H (m)	T (m)
1	The aqua View	12,00	5,50	1,80	0,50
2	BT T 405	13,60	7,70	2,70	1,10
3	BT A-307	12,80	6,70	2,40	1,30
4	Bahia 46	14,00	7,00	2,90	1,30
5	Salina 48 Evolution	14,30	7,70	2,80	1,10
6	Nautitch 47	14,50	7,60	3,00	1,20
7	Yellow Cat II	14,90	6,70	2,20	1,10
8	Fastford	12,00	4,50	1,80	1,20
9	Whitemorph	14,80	5,40	1,80	1,20
10	Gulftslansd	14,60	6,70	2,10	1,10
11	Gulfts Urveyor	14,60	5,20	1,90	1,30
12	Ikaterre	14,20	5,70	2,40	1,20
13	Deodar II	14,50	6,90	1,90	0,80
14	Bobkat1250	12,00	5,00	1,50	0,50
15	Clipper III	14,40	6,60	1,80	0,70
16	Catamaran Ha1245	12,50	4,40	1,50	0,40

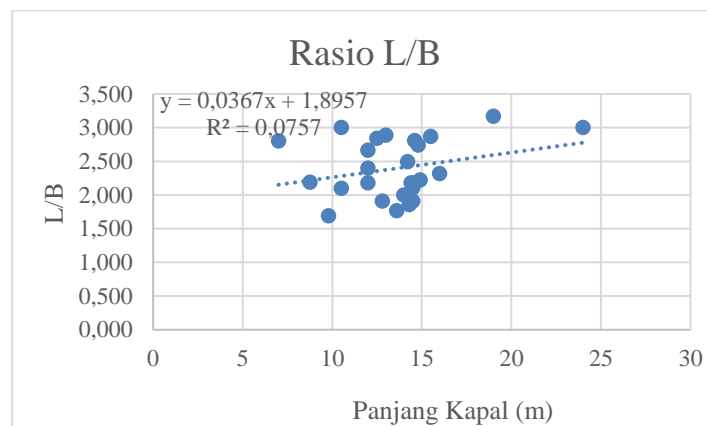


copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

17	Catamaran ferry	10,50	5,00	1,70	0,50
18	Passenger Ferry	8,76	4,00	1,00	0,40
19	19 m catamaran ferry	16,00	6,90	2,00	1,00
20	Cat Taxi	9,80	5,80	1,00	0,30
21	Omni-Catamaran	7,00	2,50	0,60	0,33
22	10,5 m POLLKITTEN	10,50	3,50	1,70	1,15
23	13 m POLLKITTEN	13,00	4,50	1,70	1,00
24	POLLCAT 15,5	15,50	5,40	2,15	1,30
25	POLLCAT 19	19,00	6,00	2,50	1,90
26	POLLCAT 24	24,00	8,00	2,50	1,90

Untuk mencari ukuran lebar dan tinggi di lakukan perbandingan rasio dengan metode regresi seperti grafik berikut.

- Rasio L/B



Gambar 1. Grafik rasio L/B

$$L/B = 0,0367x + 1,8957$$

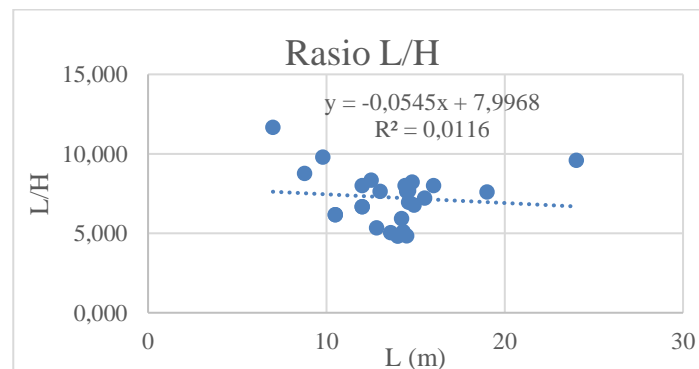
Dengan rumus perhitungan di atas dengan $L = 10$ m.

Maka, dihitung $L/B = 0,0367 \times 10 + 1,8957 = 2,2627$

Lalu, dihitung $B = \frac{10}{2,2627} = 4,42$ m

Jadi, didapatkan hasil $L = 10$ m, $B = 4,42$ m dan $L/B = 2,2627$

- Rasio L/H



Gambar 2 Grafik rasio L/H



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

$$L/B = 0,0545x + 7,9968$$

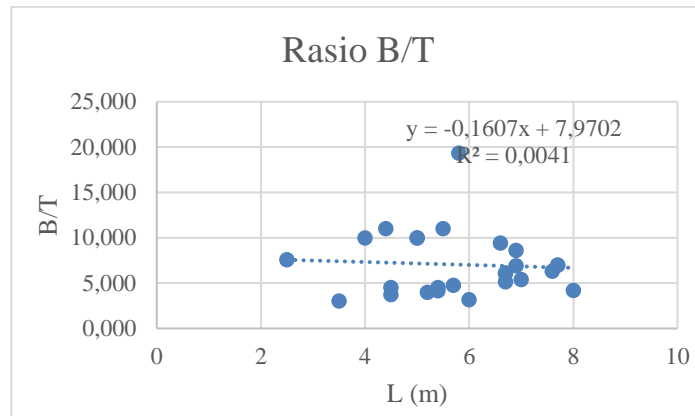
Dengan rumus perhitungan di atas dengan $L = 10$ m.

Maka, dihitung $L/h = 0,0545 \times 10 + 7,9968 = 7,4518$

Lalu, dihitung $H = \frac{10}{7,4518} = 1,34$ m

Jadi, didapatkan hasil $L = 10$ m, $H = 1,34$ m dan $L/H = 7,4518$

- Rasio B/T



Gambar 3. Grafik rasio B/T

$$B/T = 0,1607x + 7,9702$$

Dengan rumus perhitungan di atas dengan $B = 4,42$ m.

Maka, dihitung $B/T = 0,1607 \times 4,42 + 7,9702 = 7,260$

Lalu, dihitung $T = \frac{4,42}{7,260} = 0,61$ m

Jadi, didapatkan hasil $L = 10$ m, $T = 0,61$ m dan $B/T = 7,260$

Dari perhitungan diatas, maka didapatkan ukuran kapal sebagai berikut :

Tabel 2 Hasil Ukuran Utama Kapal dari Regresi Linear

No	Ukuran Utama	Panjang (m)
1	L	10,00
2	B	4,420
3	H	1,340
4	T	0,610

Untuk mendesain kapal dengan ukuran yang sudah di dapat, peneliti menggunakan *software maxsurf* dengan analisa hasil yang di dapat sebagai berikut.

Tabel 3 Ukuran Utama Kapal Rancangan

No	Ukuran Utama		Satuan
1	Loa	10,00	m
2	Lwl	9,740	m
3	B	4,420	m
4	H	1,340	m
5	T	0,610	m
6	bl	1,434	m



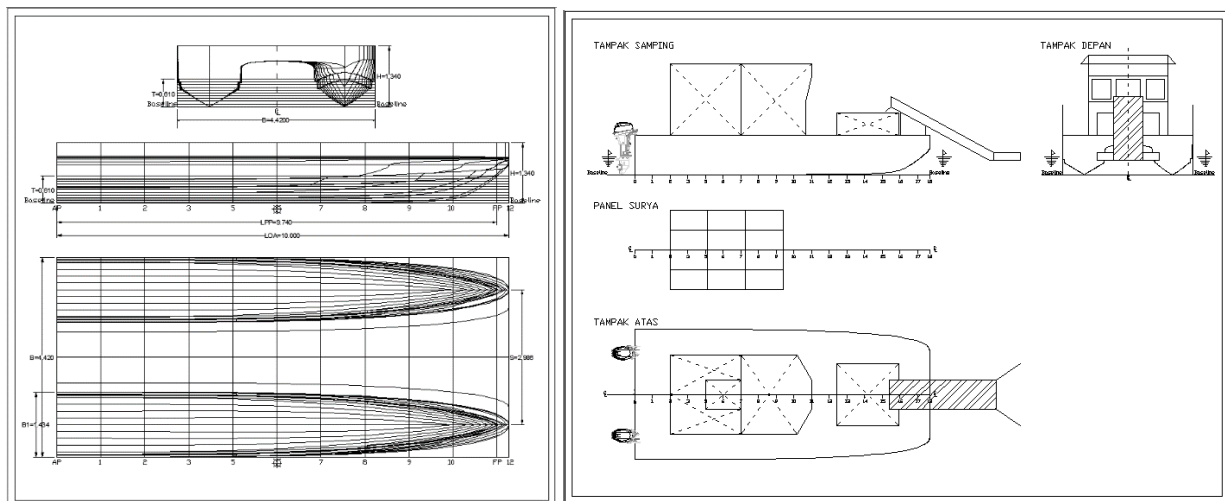
copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

7	Cb	0,505	
8	Cwp	0,816	
9	Cp	0,780	
10	Cm	0,648	
11	Lcb	3,172	
12	Lcf	3,311	
13	Vdisp	4,565	m3
14	Displacement	4,679	ton
15	Wsa	22,994	m2

Batasan rasio parameter untuk ukuran utama kapal rancangan menurut Insel & Molland (1912) dan Regresi Linear adalah sebagai berikut :

Tabel 4 Rasio Parameter Ukuran Utama

No	Rasio Parameter	Rancangan	Insel & Molland (1912)	Regresi Linier	Keterangan
1	L/bl	6,973	5,9 – 11,1	-	Memenuhi
2	L/H	7,463	5,9 – 11,1	4,828 – 11,667	Memenuhi
3	B/H	3,299	0,7 – 4,1	2,059 – 5,800	Memenuhi
4	S/L	0,299	0,19 – 0,51	-	Memenuhi
5	S/bl	2,082	0,9 – 4.	-	Memenuhi
6	bl/T	2,351	0,9 – 3,1	-	Memenuhi
7	Cb	0,505	0,36 – 0,59	-	Memenuhi



Gambar 4. Linesplan dan General Arrangement kapal Rancangan

3.2. Analisa Stabilitas Kapal Rancangan

Perhitungan Stabilitas Kapal menggunakan software Maxsurf Stability. Dengan mengacu kepada kriteria Intact Stability (IS) High Speed Craft (HSC) 2000 Annex 7 Multihull dan IMO A.749 (18) Chapter 3. Pada perhitungan ini dilakukan pada beberapa kriteria loadcase dengan hasil analisa sebagai berikut.

Tabel 5 Result Loadcase 1 Intact kapal Rancangan

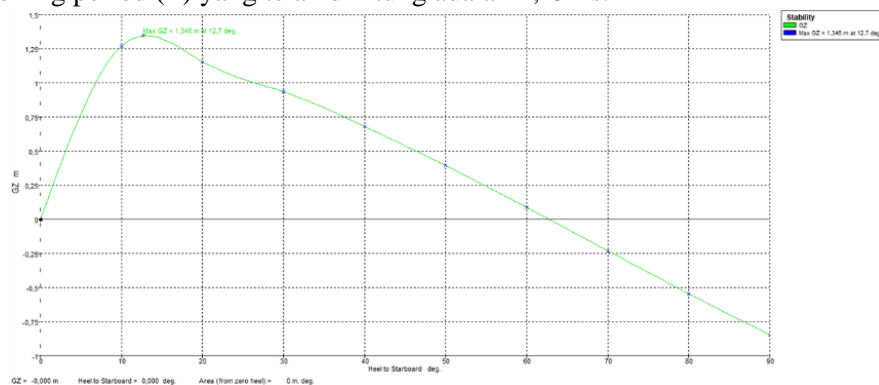
No	Heel to Starboard Degree	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1	GZ m	0,00	1,27	1,16	0,93	0,68	0,39	0,09	-0,23	-0,55	-0,85
2	Area under GZ curve	0,00	7,26	20,11	30,44	38,58	43,95	46,36	45,64	41,75	34,77
3	Displacement t	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37	3,37



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

4	Draft at FP m	0,24	0,06	-0,26	-0,62	-1,08	-1,73	-2,75	-4,69	-10,3	n/a
5	Draft at AP m	0,44	0,43	0,19	-0,13	-0,51	-1,01	-1,75	-3,12	-7,01	n/a
6	WL Length m	7,47	7,62	7,56	7,50	7,39	7,17	7,02	7,11	7,26	7,36
7	Beam max extents on	4,42	4,02	2,20	2,14	1,97	1,72	1,43	1,13	1,08	1,06
8	Wetted Area m ²	20,31	15,34	13,66	13,63	13,81	14,01	14,12	14,10	14,06	14,03
9	Waterpl. Area m ²	15,78	10,35	8,94	8,98	8,55	8,07	7,62	7,20	6,88	6,68
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,58	0,53	0,55	0,55	0,57	0,59	0,60	0,59	0,57	0,56
11	Block coeff. (Cb)	0,35	0,28	0,42	0,40	0,42	0,45	0,47	0,47	0,48	0,48
12	LCB from zero pt.	2,66	2,63	2,61	2,60	2,59	2,58	2,56	2,56	2,55	2,55
13	LCF from zero pt.	3,01	2,90	3,14	3,16	3,31	3,42	3,45	3,39	3,30	3,21
14	KB m	0,24	0,35	0,39	0,42	0,45	0,49	0,53	0,57	0,60	0,63
15	GMt corrected m	10,07	2,36	-1,18	-1,36	-1,56	-1,71	-1,80	-1,82	-1,78	-1,67
16	GML m	15,83	10,76	8,70	8,61	7,88	7,34	6,84	6,26	5,98	6,02
17	Max deck inclination	1,44	10,34	20,23	30,15	40,11	50,08	60,07	70,05	80,03	90,00
18	Trim angle	1,44	2,70	3,29	3,60	4,19	5,28	7,26	11,35	23,10	n/a

Untuk hasil Rolling period (T) yang telah dihitung adalah 1,492 s.



Gambar 5. Angle Stability Loadcase 1

3.3. Analisa Perhitungan Sistem Panel Surya

Tabel 6 Kebutuhan Listrik Kapal Peralatan Navigasi dan Komunikasi

No	Peralatan	Daya (W)	Jumlah	Total Daya (w)
1	Radio VHF	15	1	15
2	Echo Sounder	24	1	24
3	Radar/Monitor	250	1	250
4	Kompas Magnetik	24	1	24
5	GPS	9	1	9
6	Lampu Ruangan	3	5	15

Dari data yang dihipung, maka didapatkan hasil total 0,337 kW.

1. Total Kebutuhan Energi

$$E_{load}(t) = \int_0^t P_{prop}(t). dt + P_{serv}(t) \quad (1)$$

Dari data total daya baterai yang telah dihitung telah didapatkan hasil diatas. Maka, diasumsikan lama beroperasi kapal 8 jam.

$$E_{load} = (0,337 \text{ kW} \times 8) = 2,696 \text{ Kwh}$$

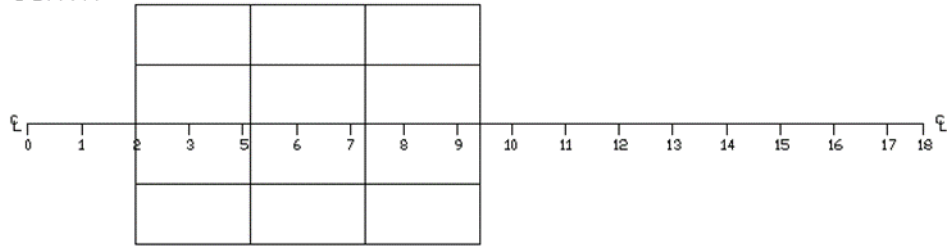
2. Jumlah Panel Surya pada Kapal

Pada penelitian ini jumlah panel surya yang digunakan berdasarkan luasan atap dari bangunan diatas main deck yaitu 12 buah panel surya.



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

PANEL SURYA



Gambar 6. Layout Panel Surya yang digunakan

3. Total Energi pada Kapal

$$E_{PV}(t) = \frac{P_{PV}}{1000} \cdot \eta_s \cdot \eta_c \cdot x_1 \int_0^t \frac{I_{rr}(t)}{G_{STC}} dt \quad (2)$$

η_s dan η_c masing-masing diasumsikan 80% dan 85%. X_1 adalah jumlah banyak modul solar PV pada masing-masing ukuran kapal. T di estimasikan waktu penyinarannya adalah 5 jam.

$$Total\ Energi = \frac{150}{1000} \times 85\% \times 80\% \times 12 \times \frac{4}{1} = 4,896\ kW$$

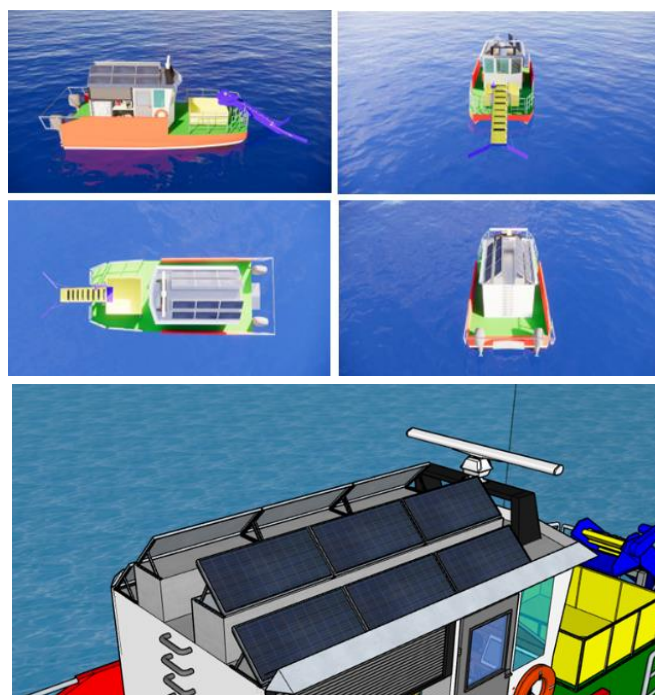
4. Total Daya Baterai

$$E_{batt} = \frac{V_{batt} \cdot C_{batt} \cdot X_2}{1000 \cdot \eta_4} \quad (3)$$

η_d diasumsikan 85%. X_2 adalah jumlah banyaknya baterai pada kapal. V_{batt} dan C_{batt} dapat dilihat pada Bab IV.

$$Total\ Energi = \frac{48 \times 100 \times 2}{1000} \times 85\% = 8,160\ kW$$

3.4. Gambar 3D



Gambar 7. Tampak Samping, Depan, Atas, Belakang, dan Panel Surya 3D Kapal

4. KESIMPULAN

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah:

1. Didapatkan ukuran utama (*linesplan* dan *general arrangement*) yang optimum yaitu dengan ukuran $L = 10,0$ m, $B = 4,42$ m, $H = 1,34$ m, $T = 0,61$ m yang sesuai dengan kebutuhan pembersihan tumpahan minyak di Pelabuhan Tanjung Priok.
2. Desain *Oil Spill Recovery Boat* yang memiliki konfigurasi lambung *catamaran* dan dilengkapi beberapa peralatan penunjang seperti *conveyor oil skimmer*, *temporary storage tank* dan *oil dispersant system*, merupakan desain yang cocok dan peralatan yang dibutuhkan untuk Pelabuhan Tanjung Priok
3. Pada perhitungan jumlah panel surya yang dibutuhkan untuk peralatan komunikasi dan navigasi didapatkan hasilnya adalah kebutuhan daya listrik kapal selama 8 jam untuk perlengkapan adalah 2,696 kWh dengan menggunakan baterai sebesar 10 kWh sebanyak 2 unit dan jumlah panel surya untuk memenuhi kebutuhan daya baterai adalah 12 panel dengan daya setiap panelnya 8,28 W. Dengan jumlah panel yang tersedia di kapal untuk mengisi daya baterai tenaga penggerak dapat memenuhi maka dari itu baterai tenaga penggerak tidak harus di charge penuh di pelabuhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih diucapkan kepada Kukuh Izatullah E.H.A S.T dan Rizky Irvana, S.T.,M.T atas saran dan masukan yang berharga dalam penyusunan jurnal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Republik Indonesia. 1999. Peraturan Pemerintah No. 19 Tahun 1999 tentang Pengendalian dan/atau Perusakan Laut. Lembaran Negara RI Tahun 1999
- [2] Indriani, Netty, dan Muhammad Hendri. 2010. "Simulasi Pemodelan Arus Pasang Surut di Luar Kolam Pelabuhan Tanjung Priok Menggunakan Perangkat Lunak SMS 8.1". Palembang. Maspari Journal 01-79/83.
- [3] Brekke, C., & Solberg, A. H. S. (2005). Oil spill detection by satellite remote sensing. Remote Sensing of Environment.
- [4] Sulistyono, 2002. "Dampak Tumpahan Minyak (Oil Spill) Di Perairan Laut Pada Kegiatan Industri Migas Dan Metode Penanggulangannya". Forum Teknologi, 03(1), 49-57.
- [5] Balsamo, F., C. Capasso, G. Miccione, and O. Veneri. 2017. Hybrid Storage System Control Strategy for All-Electric Powered Ships. Science Direct. 6-8. September 2017. Italy

