

Desain Kapal *3-in-1 Multipurpose Container-Passenger-Vehicle* dengan Variasi Bangunan Atas *Portable* sebagai Penunjang Tol Laut di Wilayah Indonesia Timur

Anindra Ahmad Farras dan Hesty Anita Kurniawati

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

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

Abstrak—Sebagai penunjang untuk membantu penyebaran logistik di Indonesia, pemerintah membangun banyak kapal perintis yang tersebar di berbagai wilayah Indonesia. Salah satunya adalah kapal perintis yang memiliki muatan *3-in-1* yang mampu membawa tiga muatan berbeda secara langsung untuk meningkatkan pendapatan. Faktanya, kapal-kapal berpelayaran *multiport* memiliki kekurangan jika terjadi fluktuasi penumpang karena terdapat perbedaan kebutuhan di tiap daerah. Hal tersebut berpengaruh terhadap penurunan pendapatan karena terdapat ruangan yang tidak terisi. Oleh karena itu dibutuhkan kapal dengan modul bangunan atas *portable* agar dapat mengatur ruangan kapal sesuai yang dibutuhkan. Jika penumpang berkurang ruangan akan diganti oleh kontainer. Kapal tersebut beroperasi di wilayah timur Indonesia pada rute pelayaran Makassar-Bitung-Tertate-Ambon-Sorong-Jayapura untuk memfasilitasi ketersediaan barang di wilayah timur Indonesia. Dalam mendesain kapal dilakukan analisis teknis yang meliputi perhitungan ukuran utama, perhitungan stabilitas, perhitungan trim, dan perhitungan freeboard. Kapal yang didesain memiliki ukuran Panjang antar Garis Tegak (Lpp): 139,8 meter, lebar (B): 24 meter, Tinggi (H): 12,8 meter, dan Sarat (T): 5,95 meter dengan kecepatan: 18 knots. Dengan ukuran tersebut kapal memiliki dua pilihan bangunan atas pada kondisi pertama kapal dapat mengangkut 1400 penumpang, 41 TEUs kontainer, 40 unit mobil dengan panjang kurang dari 5 meter, 12 unit truk atau bus dengan panjang 7 meter sampai 10 meter, dan 322 unit sepeda motor. Sedangkan untuk kondisi kedua kapal dapat mengangkut 1400 penumpang, 41 TEUs kontainer, 40 unit mobil dengan panjang kurang dari 5 meter, 12 unit truk atau bus dengan panjang 7 meter sampai 10 meter, dan 322 unit sepeda motor.

Kata Kunci— Bangunan Atas *Portable*, Desain Kapal, Analisis Teknis, Kapal *3-in-1*, Wilayah Timur Indonesia.

I. PENDAHULUAN

INDONESIA adalah salah satu negara dengan tingkat perekonomian berkembang memiliki peran penting dalam perekonomian. Letak wilayah Indonesia yang diapit oleh dua samudera menjadikan Indonesia sebagai negara yang strategis untuk dilewati kapal-kapal dari Eropa menuju Asia Timur dan sebaliknya. Kondisi ini dimanfaatkan di era kepresidenan Joko Widodo. Peluang bidang maritim diangkat menjadi salah satu fokus pengembangan di Indonesia dengan memaksimalkan potensi maritim yang ada di Indonesia. Tujuan untuk memfokuskan pengembangan potensi maritim adalah menjadikan Indonesia sebagai menjadi poros maritim dunia. Tidak hanya pengembangan kemaritiman Indonesia keluar, Indonesia sebagai poros maritim dunia juga direncanakan untuk pemanfaatan sumber daya alam di Indonesia. Program

Tol laut adalah salah satu program andalan untuk menjadikan Indonesia sebagai poros maritim dunia tersebut, dimana Tol Laut ini memiliki fungsi sebagai konektivitas pendistribusian logistik secara merata ke seluruh wilayah Indonesia dengan adanya kapal yang melayari secara rutin dan terjadwal dari barat sampai ke timur Indonesia.

Sebagai penunjang untuk membantu penyebaran logistik di Indonesia, pemerintah membangun banyak kapal perintis yang tersebar di berbagai wilayah Indonesia. Walaupun sudah ada kapal yang mampu meningkatkan keuntungan dengan cara mengangkut tiga muatan berbeda secara langsung, akan tetapi masih terdapat kekurangan jika jumlah penumpang berfluktuasi. Jumlah penumpang di kapal berpelayaran *multiport* pada umumnya memiliki jumlah penumpang yang berfluktuasi tergantung pada keadaan daerahnya sehingga ruangan-ruangan pada kapal pada waktu tertentu kosong dan tidak termanfaatkan. Hal tersebut dikarenakan pada wilayah tertentu sudah memiliki fasilitas transportasi alternatif seperti pesawat yang memiliki waktu perjalanan yang lebih cepat dibandingkan kapal laut akan tetapi di wilayah lainnya transportasi kapal masih lebih efektif dan efisien untuk berpergian. Dari masalah tersebut karena ruangan-ruangan yang disediakan untuk penumpang terkadang kosong dan tidak terpakai menyebabkan keuntungan perusahaan berkurang.

Dari masalah di atas, dibutuhkan kapal yang dapat beroperasi sesuai dengan ketersediaan penumpang. Sehingga ruangan-ruangan yang terdapat di kapal tidak kosong tidak mengalami penurunan keuntungan. Oleh sebab itu, pada penelitian ini akan dianalisis kapal *3-in-1 multipurpose* dengan bangunan atas *portable* yang dapat menyesuaikan ruangan kapal sesuai dengan perubahan jumlah penumpang. Kapal tersebut direncanakan berlayar di wilayah Indonesia Timur pada pelabuhan-pelabuhan di bawah PELINDO IV. Penentuan wilayah tersebut didasari dari dibutuhkanannya fasilitas untuk mendistribusikan barang-barang ke wilayah Indonesia Timur.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tol Laut

Tol Laut adalah konektivitas di perairan Indonesia yang efektif adanya kapal-kapal yang berlayar secara rutin dan terjadwal dari barat sampai ke timur Indonesia. Salah satu program untuk mendukung Indonesia sebagai poros maritim dunia 2045 ini berfokus dalam penggerak roda perekonomian

secara merata di seluruh wilayah Indonesia. Dengan adanya konsep tersebut selain bisa meratakan pertumbuhan ekonomi di seluruh wilayah Indonesia, pergerakan kapal dagang internasional di wilayah dalam Indonesia dapat diminimalisir dan juga menjadikan perusahaan pelayaran lokal dapat bermain di wilayahnya sendiri dengan lebih maksimal [1].

B. Pelabuhan Indonesia Timur

Untuk menunjang program Tol Laut, pelabuhan-pelabuhan yang ada di Indonesia dibangun sesuai dengan fungsi dan kebutuhan pelabuhan dan pelayaran. Fasilitas-fasilitas dari pelabuhan tersebut sangat berpengaruh terhadap kapal-kapal yang bisa bersandar. Sudah terdapat enam pelabuhan yang direncanakan untuk pelabuhan-pelabuhan Tol Laut yang berada di wilayah Indonesia Timur yaitu pelabuhan Makassar, pelabuhan Bitung, pelabuhan Ternate, pelabuhan Ambon, pelabuhan Sorong, pelabuhan Jayapura [1].

C. Kapal 3-in-1

Kapal 3-in-1 merupakan sebuah inovasi khususnya di Indonesia yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan logistik. PT. Pelni sebagai salah satu perusahaan pelayaran di Indonesia sudah memiliki kapal 3-in-1 pengangkut penumpang, kontainer, dan barang dari hasil modifikasi kapal single purpose pengangkut penumpang. Modifikasi awalnya dilakukan pada salah satu kapal KM. Dobonsolo yang bisa mengangkut 300 unit kendaraan, 40 kontainer, dan 1200 orang penumpang [2].

D. Sistem Modul Ruangan

Modul ruangan seperti pada Gambar 1. adalah sistem yang membagi ruang besar menjadi beberapa bagian dengan ukuran yang standar dan disesuaikan [3].



Gambar 1. Sistem Modular Ruangan.

Fungsi dari sitem modular dalam perencanaan dan pembangunan adalah memudahkan dan mempercepat dalam penataan dan proses pembangunan. Selain itu sistem modular dapat digunakan sebagai ruangan yang portable sehingga ruangan dapat menjadi fleksibel dan berfungsi sesuai dengan kebutuhan yang ada.

III. METODOLOGI

Penelitian ini diawali dengan identifikasi masalah yang ada

dilanjutkan dengan pengumpulan data dan studi literatur. Dari data yang ada dilakukan analisis rute dan penentuan ukuran utama awal kapal. Ukuran utama awal dioptimasi menggunakan metode 256 dengan menganalisis teknis sehingga didapatkan ukuran utama akhir dengan displacement yang cukup dan BHP terendah. Tahap terakhir adalah menghasilkan rencana garis, rencana umum, model 3D, dan safety plan.

IV. ANALISIS TEKNIS

A. Analisis Rute

Dari data pelabuhan yang ada, diambil rute dari jarak yang terdekat antar pelabuhan. Sehingga rute dari kapal 3-in-1 adalah pelabuhan Makassar (A) - Bitung (B) - Ternate (C) - Ambon (D) - Sorong (E) - Jayapura (F) dan sebaliknya seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Rute Kapal.

B. Penentuan Muatan Kapal

Muatan kapal ini dibagi menjadi dua yaitu saat modul bangunan atas terpasang dan modul bangunan atas dilepas. Muatan penumpang diambil dari data jumlah penumpang yang ada pada tiap pelabuhan, sementara kontainer dan kendaraan ditentukan dari kapal yang sudah ada KM. Dobonsolo. Berikut hasil analisis teknis penentuan muatan kapal 3-in-1 berupa jumlah penumpang, kendaraan, dan juga kontainer. Pada kondisi modul bangunan atas dipasang, muatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.

Muatan Modul Bangunan Atas Terpasang		
Muatan	Jumlah	Berat (ton)
Penumpang	1400 orang	105
Mobil L<5 m	40 unit	200
Truk 7 m<L<10 m	12 unit	192
Sepeda Motor	322 unit	96,6
Kontainer	41 TEUs	1.230
Berat total		1.823,6

Untuk kondisi modul bangunan atas dilepas, muatan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2.

Muatan Modul Bangunan Atas Dilepas		
Muatan	Jumlah	Berat (ton)
Penumpang	400 orang	30
Mobil L<5 m	40 unit	200
Truk 7 m<L<10 m	12 unit	192
Sepeda Motor	322 unit	96,6
Kontainer	89 TEUs	2.670
Berat Total		3.188,6

C. Penentuan Ukuran Utama

Selanjutnya adalah penentuan ukuran utama awal dengan menggunakan *parent ship* KM. Dobonsolo. Berikut nilai ukuran utama awal.

Tabel 3.
Ukuran Utama Awal

Ukuran Utama	Nilai	Satuan
Lpp	130	meter
B	23,4	meter
H	13,4	meter
T	5,9	meter

Ukuran utama awal tersebut dioptimasi 256 melalui kenaikan dan penurunan Fn, L/B, B/T, dan T/H sebanyak 5% dan 1,667% [4]. Dari 256 pasang ukuran utama dicari ukuran yang displacementsnya memenuhi, lebar kapal >22,7 m, dan memiliki BHP terkecil. Berikut nilai ukuran utama optimum.

Tabel 4.
Ukuran Utama Optimum

Ukuran Utama	Nilai	Satuan
Lpp	139,8	meter
B	24	meter
H	12,8	meter
T	5,95	meter

D. Hambatan dan Propulsi Kapal

Dari ukuran utama akhir dihitung koefisien bentuk badan kapal dan dilanjutkan dengan menghitung hambatan, propulsi kapal sehingga kapasitas mesin induk dapat ditentukan.

Tabel 5.
Koefisien Bentuk Badan Kapal dan Kebutuhan Propulsi Kapal

	Nilai	Keterangan
C _B	0,664	
C _P	0,676	
C _M	0,982	
C _{WP}	0,761	
LCB	64,457	meter dari AP
Displ (volume)	13.785,953	m ³
Displ (mass)	14.130,602	ton
R _T	13.412,238	kN
BHP@MCR	4.296,890	kW/mesin
Daya Mesin	4.500	kW/mesin
Daya Genset	2.218	kW/mesin

E. Berat dan Titik Berat Kapal

Dalam analisis teknis, dihitung DWT dan LWT beserta titik berat dari komponen dari tiap-tiap kondisi modul bangunan atas. Berikut hasil dari perhitungan DWT dan LWT beserta titik berat dari masing-masing komponen.

Tabel 6.
Berat Kapal saat Modul Bangunan Atas Terpasang

Komponen	Nilai	Keterangan
DWT	2.974,009	ton
LWT	9.940,852	ton
Koreksi	8.603%	Max 10% (Acc)
LCG Total	63,516	m dari AP
VCG Total	5,929	m dari AP

Tabel 7.
Berat Kapal saat Modul Bangunan Atas Dilepas

Komponen	Nilai	Keterangan
DWT	3.629,008	ton
LWT	9.457,193	ton
Koreksi	7.391%	Max 10% (Acc)
LCG Total	63,516	m dari AP
VCG Total	4,975	m dari AP

F. Freeboard

Kapal 3-in-1 ini merupakan kapal tipe B sehingga perhitungan lambung timbul menggunakan tabel kapal tipe B. Nilai lambung timbul yang didesain harus bernilai lebih besar atau sama dengan dari nilai lambung timbul standar. Berikut hasil perhitungan lambung timbul yang telah dilakukan.

Tabel 8.
Perhitungan Freeboard

	Nilai	Keterangan
Lambung timbul standar	1.640	mm
Lambung timbul desain	6.850	mm
Status	Nilai desain > nilai standar	Accepted

G. Trim dan Stabilitas

Dalam analisis stabilitas dan trim, terdapat 16 kondisi dari tiap-tiap kondisi modul bangunan atas, sehingga total terdapat 32 *load case* (LC). Untuk analisis trim dilakukan dengan nilai maksimal trim yang diijinkan adalah ± 0.5% LWL atau ± 0,727 meter. Dari analisis awal, terdapat beberapa loadcase yang tidak memenuhi sehingga perlu ditambahkan *ballast* di beberapa tangki. Sehingga hasil akhir trim dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9.
Trim saat Modul Bangunan Atas Dipasang

	Nilai Ta-Tf	Keterangan
LC1	0,280	Accepted
LC2	0,351	Accepted
LC3	0,397	Accepted
LC4	0,103	Accepted
LC5	-0,591	Accepted
LC6	-0,128	Accepted
LC7	-0,486	Accepted
LC8	-0,036	Accepted
LC9	0,287	Accepted
LC10	0,000	Accepted
LC11	0,392	Accepted
LC12	0,102	Accepted
LC13	-0,600	Accepted
LC14	-0,142	Accepted
LC15	-0,496	Accepted
LC16	-0,052	Accepted

Tabel 10.
Trim saat Modul Bangunan Atas Dilepas

	Nilai Ta-Tf	Keterangan
LC1	0,056	Accepted
LC2	0,456	Accepted
LC3	0,061	Accepted
LC4	0,566	Accepted
LC5	0,655	Accepted
LC6	0,363	Accepted
LC7	-0,017	Accepted
LC8	0,455	Accepted
LC9	-0,091	Accepted
LC10	0,420	Accepted
LC11	0,025	Accepted
LC12	0,528	Accepted
LC13	0,616	Accepted
LC14	0,320	Accepted
LC15	0,717	Accepted
LC16	0,421	Accepted

Setelah analisis trim, semua kondisi yang telah memenuhi aturan trim diperiksa. Kriteria Stabilitas dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11.
Kriteria Stabilitas

Kriteria	
Area 0 to 30	≥ 3.151 m.rad
Area 0 to 40	≥ 5.157 m.rad
Area 30 to 40	≥ 1.719 m.rad
Max GZ at 30 or Greater	≥ 0.200 m
Angle of Maximum GZ	≥ 25.000 m
Initial GMt	≥ 0.150 m
Passenger Crowding	≤ 10 deg
Angle of Equilibrium	≤ 10 deg

Setelah dilakukan analisis, stabilitas dari bangunan atas terpasang dan Dilepas dapat dilihat pada Tabel 12 dan Tabel 13. Pada tiap kondisi modul bangunan atas, kapal 3-in-1 ini sudah memenuhi kriteria stabilitas.

Tabel 12.
Stabilitas saat Modul Bangunan Atas Terpasang

Load Case	Area 0 to 30	Area 0 to 40	Area 30 to 40	Max GZ at 30 or Greater	Angle of Maximum GZ	Initial GMt	Passenger Crowding	Angle of Equilibrium
	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual
1	34.434	60.985	26.551	3.874	45.500	3.800	1.500	0.000
2	24.792	43.443	18.650	1.929	40.000	2.551	2.400	0.000
3	35.364	62.427	27.064	2.930	45.500	3.921	1.500	0.000
4	26.833	47.518	20.685	2.166	40.900	2.796	2.100	0.000
5	35.150	61.058	25.908	2.743	42.700	3.912	1.700	0.000
6	28.745	50.364	21.619	2.265	40.900	3.062	2.000	0.000
7	37.518	65.910	28.392	3.066	45.500	4.194	1.500	0.000
8	27.444	47.407	19.964	2.057	39.100	2.918	2.400	0.000
9	35.425	62.601	27.176	2.946	45.500	3.924	1.500	0.000
10	26.941	47.773	20.832	2.183	40.900	2.808	2.100	0.000
11	36.391	64.095	27.704	3.003	45.500	4.049	1.500	0.000
12	27.748	48.985	21.237	2.225	40.900	2.916	2.100	0.000
13	37.579	66.087	20.508	3.082	45.500	4.200	1.500	0.000
14	27.691	47.691	20.139	2.078	39.100	2.930	2.400	0.000
15	38.643	67.710	29.068	3.142	45.500	4.349	1.500	0.000
16	28.510	49.048	20.537	2.117	39.100	3.070	2.300	0.000

Tabel 13.
Stabilitas saat Modul Bangunan Atas Dilepas

Load Case	Area 0 to 30	Area 0 to 40	Area 30 to 40	Max GZ at 30 or Greater	Angle of Maximum GZ	Initial GMt	Passenger Crowding	Angle of Equilibrium
	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual	Actual
1	31.774	56.763	24.988	2.702	44.500	3.467	0.400	0.000
2	22.388	39.844	18.650	1.808	39.100	2.239	0.700	0.000
3	32.579	58.039	25.459	2.753	44.500	3.566	0.400	0.000
4	23.101	40.899	17.799	1.842	39.100	2.329	0.400	0.000
5	40.684	71.285	30.601	3.355	47.300	4.616	0.400	0.000
6	30.954	53.380	22.425	2.338	40.900	3.370	0.500	0.000
7	45.423	80.927	35.504	4.143	54.500	5.471	0.200	0.000
8	37.540	66.834	29.294	3.262	48.200	4.409	0.300	0.000
9	37.341	66.989	29.648	3.419	52.700	4.558	0.300	0.000
10	29.719	53.663	23.945	2.627	45.500	3.509	0.400	0.000
11	38.042	68.226	30.184	3.478	52.700	4.617	0.300	0.000
12	30.353	54.740	24.386	2.675	46.400	3.563	0.400	0.000
13	44.738	79.792	35.053	4.090	54.400	5.382	0.300	0.000
14	36.893	65.800	28.907	3.219	48.200	4.329	0.300	0.000
15	45.656	81.325	35.669	4.164	54.400	5.483	0.200	0.000
16	37.760	67.201	29.442	3.280	48.200	4.421	0.300	0.000

H. Cargo Securing

Penjagaan cargo dibagi menjadi dua yaitu penjagaan untuk kontainer dan kendaraan. Penjagaan kontainer meliputi penjagaan untuk kontainer muatan (cargo container) dan kontainer ruangan (accommodation modules).

1. Cargo Container

Penjagaan kontainer muatan menggunakan *Lashing Rod*, *Twist Lock*, dan *Turnbuckle* [5].

2. Accommodation Modules

Penjagaan modul bangunan atas menggunakan, *Lashing Rod*, *Twist Lock*, *Turnbuckle*, dan *Bridge Lock* [5].



Gambar 3. Container Bridge Fitter.

Untuk penjagaan kendaraan meliputi mobil (L<5m), truk (7m<L<10m) dan motor.

1. Mobil (L<5m)

Penjagaan mobil direncanakan menggunakan *D Rings* dan *Straps*.

2. Truk (7m<L<10m)

Penjagaan truk direncanakan menggunakan *D ring*, *Chain with Hook*, dan *Truck Speed Lash*.

3. Motor

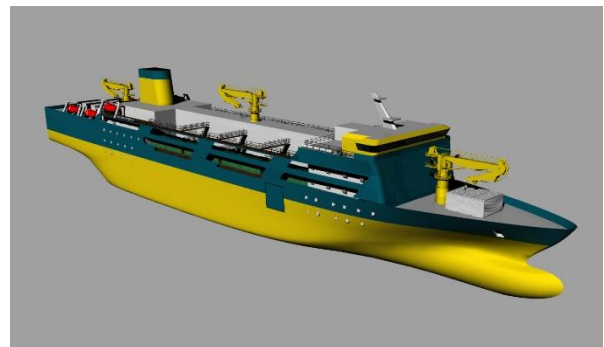
Penjagaan motor direncanakan menggunakan *D Rings* dan *Straps*.

V. LAMPIRAN

A. Desain 3D Kapal



Gambar 4. Model 3D Kapal Bangunan Atas Terpasang



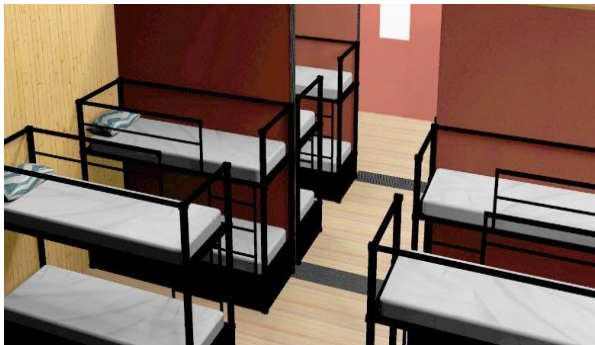
Gambar 5. Model 3D Kapal Bangunan Atas Dilepas



Gambar 6. Kamar Kelas II (Portable Module)



Gambar 8. Interior Kamar Kelas I (Fixed Room) (a).

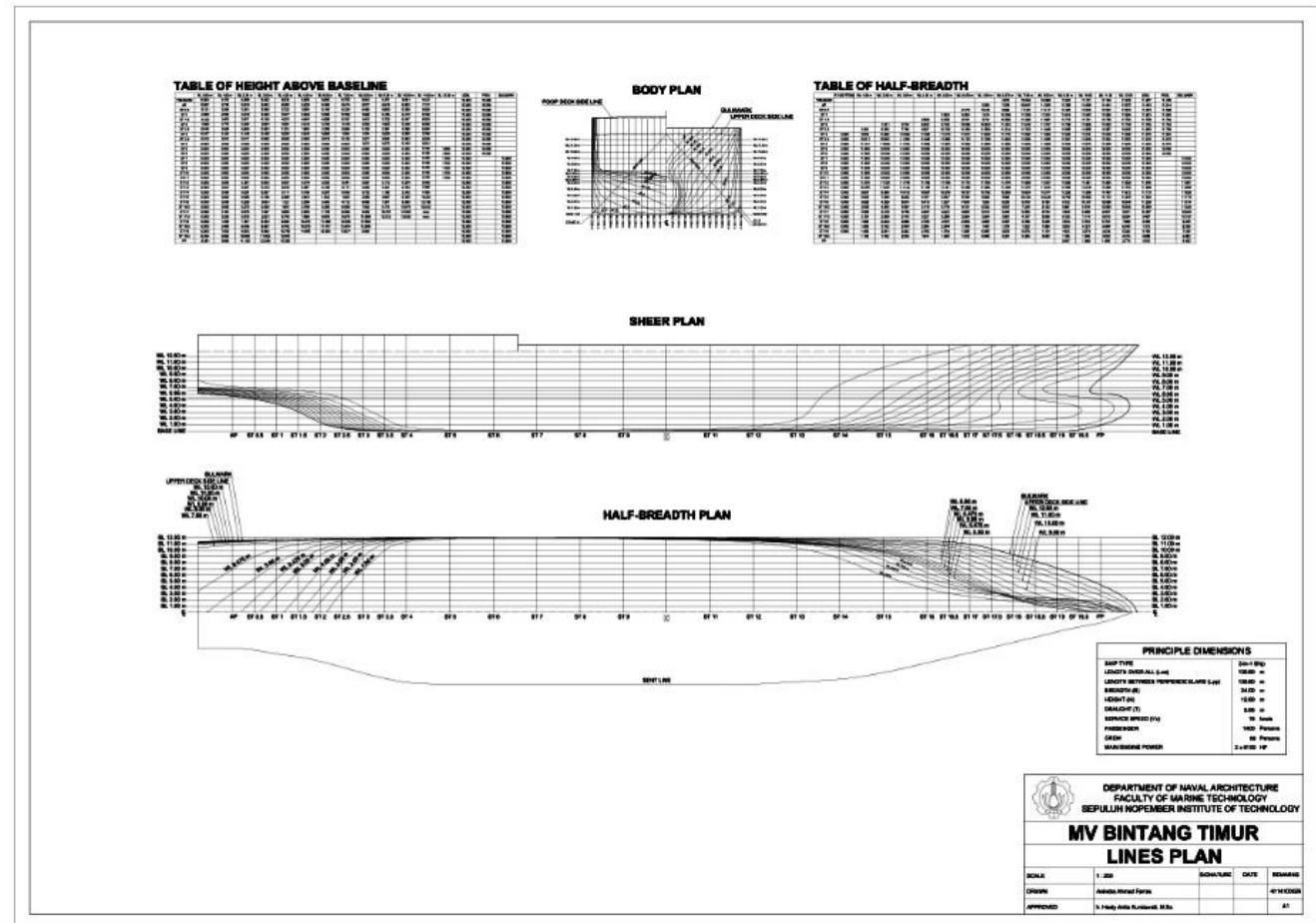


Gambar 7. Interior Kamar Kelas II (Portable Module).



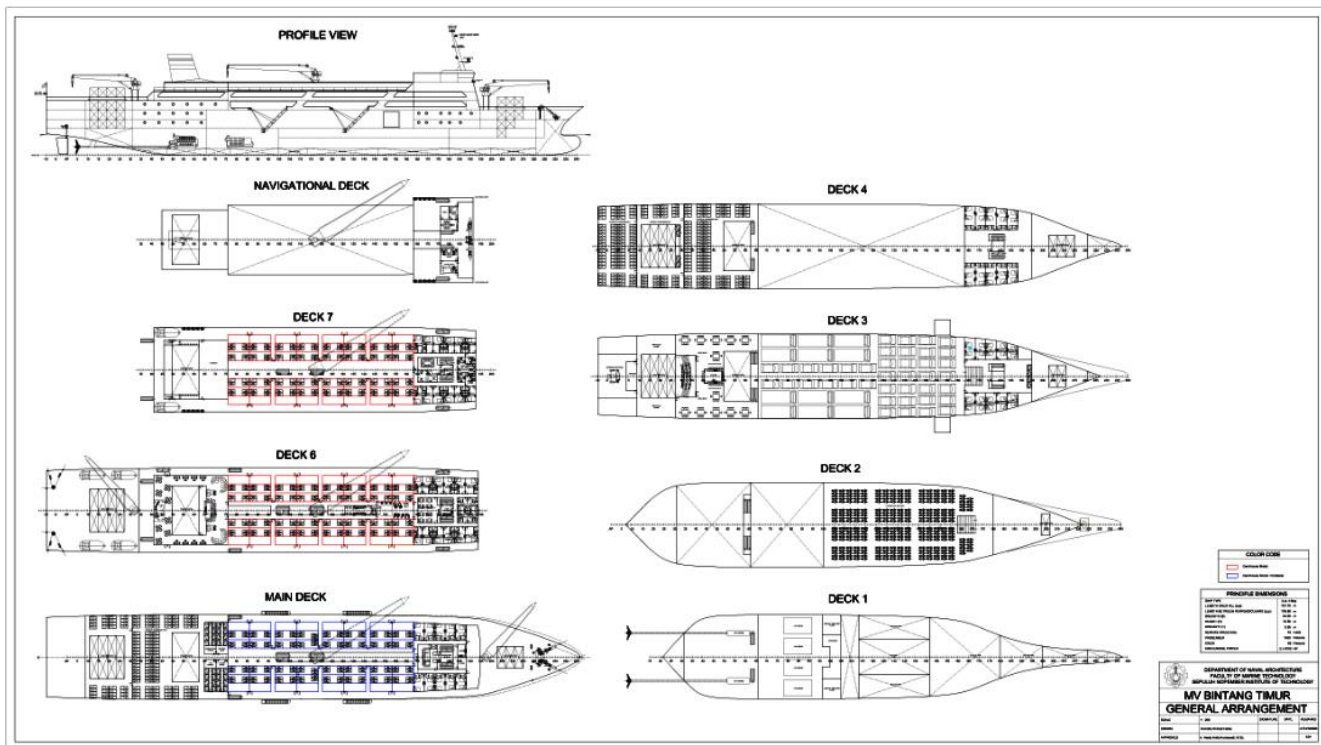
Gambar 9. Interior Kamar Kelas I (Fixed Room) (b).

B. Rencana Garis



Gambar 10. Rencana Garis

C. Rencana Umum



Gambar 11. Rencana Umum.

VI. KESIMPULAN

Telah didesain kapal 3-in-1 multipurpose dengan bangunan atas portable dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:

1. Rute pelayaran Makassar - Bitung - Ternate - Ambon - Sorong - Jayapura dan sebaliknya.
2. Ukuran utama kapal sebagai berikut:
 - Length of perpendicular (Lpp) : 139,8 meter
 - Breadth (B) : 24 meter
 - Height (H) : 12.8 meter
 - Draft (T) : 5.95 meter
3. Memenuhi aturan stabilitas, titik berat, trim, dan freeboard.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Prihartono, *Pengembangan Tol Laut Dalam RPJMN 2015-2019 dan Implementasi 2015*. Jakarta: Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional, 2015.
- [2] PT. Pelayaran Nasional Indonesia, *Camar Caraka Maritim*, 19th ed. Jakarta: PT. Pelayaran Nasional Indonesia, 2013.
- [3] Inhabitat, "The Modules: LEED Silver Modular Housing At Temple University," 2010. [Online]. Available: <https://inhabitat.com/the-modules-leed-silver-modular-housing-at-temple-university>.
- [4] J. Tupan, "Analisis Teknis dan Ekonomis Pengadaan Kapal Barang untuk Kapet Seram," Surabaya, 2005.
- [5] Outback Storage, "Bridge Fitting," 2017.