

ANALISA TEKNIS PENAMBAHAN PANJANG KAPAL UNTUK MENAMBAH KAPASITAS MUATAN STUDI KASUS KMP. RODITHA MILIK PT. ASDP INDONESIA FERRY (PERSERO)

Wilan Ramadhan Kirmandi^[1], Erifive Pranatal^[1], dan Pramudya Imawan Santosa^[1]

[1]Jurusan Teknik Perkapalan – Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

e-mail: wilan.kirmandi@gmail.com

ABSTRAK

KMP. Roditha merupakan kapal jenis penyeberangan atau *ferry Ro-Ro* milik PT. ASDP Indonesia ferry. KMP. Roditha beroperasi dengan lintas pelayaran Lembar – Padang Bai. Dengan ramainya lalu lintas serta semakin banyak fasilitas penyebrangan maka pihak owner mengambil keputusan yakni dengan menambah panjang kapal. Menurut peraturan IMO chapter 7 bahwa penambahan berat diatas 2% dari berat sebelumnya maka harus dilakukan perhitungan ulang terkait penentuan titik berat baru karena terdapat pergeseran titik berat kapal. Penelitian ini dilakukan dengan menghitung ulang mengenai aspek teknis kapal terutama pada stabilitas kapal akibat penambahan panjang tersebut. Perhitungan dan desain ulang menggunakan *software Autocad, maxsurf 3D* dan *hydromax*. Dari hasil perhitungan stabilitas sudut untuk lengan stabilitas statis maksimum memenuhi persyaratan IMO yakni harus >25° lalu pada simulasi beban 100%, 75% dan 50% didapatkan hasil sudut lengan sebesar >30°. Untuk perhitungan tahanan kapal dilakukan dengan metode Holtrop dengan nilai BHP (*Break Horse Power*) yang dihasilkan sebesar 952,22 HP, maka untuk mesin penggerak utama kapal tetap menggunakan mesin awal yakni “*Daihatsu Diesel Engine type 6 DSM- 32L*”.

Kata kunci: Ferry Ro-Ro ship, konstruksi, penambahan panjang, permesinan, stabilitas.

1. PENDAHULUAN

Menurut data dari PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero) pertumbuhan jumlah penumpang kapal yang naik setiap tahunnya yakni di tahun 2019 mencapai 6,83 juta penumpang sedangkan di tahun 2018 tercatat 7,1 juta penumpang. Terlihat ketidaksesuaian antara jumlah calon penumpang dengan armada transportasi laut khususnya kapal penyebrangan / Ferry Ro-Ro Ship. Ketidaksesuaian ini mengakibatkan kerugian baik dari pihak penumpang maupun perusahaan pelayaran. Presentase kenaikan jumlah penumpang pada transportasi laut khususnya kapal penumpang yakni 5% per tahun menjadi faktor utama tren pemanfaat mode transportasi penyebrangan. (Hutabarat, 2017)

[illegible]

Sumber : Laporan Jadwal Penyebrangan Kapal Lintas Lembar – Padang Bai, (Ependi, 2020)

Gambar 1: Jadwal Kapal Penyebrangan Lintas Lembar – Padang Bai 2020

Berdasarkan kenaikan 5% ini seluruh armada pelayaran baik swasta maupun perusahaan milik negara memikirkan cara untuk mengoptimalkan waktu pelayaran dengan sebaik – baiknya agar dapat menambah pemasukan khususnya bagi perusahaan tersebut. Pada peraturan Menteri Perhubungan No. PM 62 Tahun 2019 tentang Standar Pelayanan Minimum Angkutan Penyeberangan bahwa pada pasal 4 ayat 3 disebutkan bahwa kecepatan dinas kapal harus sesuai dengan jadwal pemuatan angkutan kapal (*loading and unloading*).

Dapat disimpulkan bahwa penambahan armada atau modifikasi fasilitas transportasi laut merupakan solusi untuk mengoptimalkan waktu pelayaran agar proses pemuatan dapat berjalan sesuai dengan jadwal perjalanan kapal. Dalam penelitian ini aan menganalisa secara teknis modifikasi KMP. Roditha dengan penambahan panjang kapal berdasar peraturan IMO dan klasifikasi BKI (Biro Klasifikasi Indonesia).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Macam – Macam Sistem Konstruksi

Pemilihan jenis sistem konstruksi untuk suatu kapal ditentukan oleh ukuran kapal sehubungan dengan kebutuhan akan kekuatan memanjang, selain itu jenis dan fungsi kapal juga yang menjadi dasar pertimbangan pemilihan jenis sistem konstruksi. Berikut adalah macam-macam sistem konstruksi:

2.1.1 Sistem Kontruksi Melintang

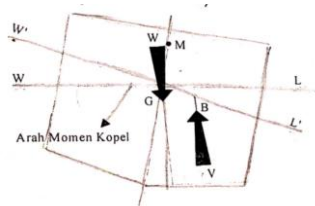
Sistem konstruksi melintang merupakan konstruksi dimana beban yang bekerja pada konstruksi diterima oleh pelat kulit dan balok-balok memanjang dari kapal dengan pertolongan balok-balok yang terletak melintang kapal. (Hanandis, 2012)

2.2 Stabilitas Kapal

Stabilitas merupakan kemampuan suatu benda dalam kondisi melayang atau mengapung yang dimiringkan, untuk kembali ke posisi tegak lurus kembali. Pada kapal kita mengenal stabilitas memanjang (waktu kapal trim) dan stabilitas melintang (saat kapal oleng) (Siswanti, 2014).

Pada penelitian ini akan diulas mengenai keseimbangan dari benda mengapung yang ditentukan oleh jarak antara titik metasentra (M) terhadap titik beratnya (G). Letak titik M terhadap titik G itu terdapat tiga kemungkinan:

a. Posisi M di atas G (Gambar 3)



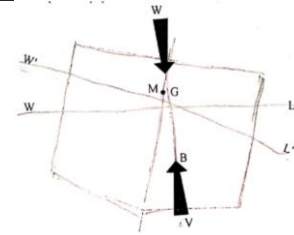
Sumber : (Analisa Stabilitas KMP. Dharma Ferry Akibat Penambahan Konstruksi, 2010)

Gambar 3: Kondisi M-G positif (Kapal Stabil)

Pada gambar 3 yakni pada saat kapal oleng akan tampak bahwa gaya tekanan ke atas yV dan gaya berat kapal W tidak bekerja pada satu garis kerja sehingga terjadi momen koppel yang akan mengembalikan kapal ke keadaan semula, maka keseimbangan benda dinyatakan "**STABIL**". Pada gambar 3 disebut "**MG Positif**".

b. Posisi M pada G ($M=G$) (Gambar 4)

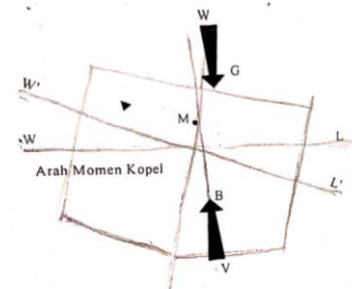
Keseimbangan yang terjadi pada gambar 4 disebut dengan keseimbangan sembarang (INDIFFEREN). Sebab gari gaya apung dan garis berat benda tida membentuk momen Koppel karena terletak berimpitan (momen Koppel = 0) dengan demikian maka benda tersebut dalam segala kedudukan adalah seimbang. Sehingga kondisi seperti ini **stabilitasnya adalah NOL**.



Sumber : (Analisa Stabilitas KMP. Dharma Ferry Akibat Penambahan Konstruksi, 2010)

Gambar 4: Kondisi stabilitas "0"

c. Posisi M dibawah G (Gambar 5)



Sumber : (Analisa Stabilitas KMP. Dharma Ferry Akibat Penambahan Konstruksi, 2010)

Gambar 5: Kondisi stabilitas labil

Kesimbangan pada gambar 5 disebut "**LABIL**". Sebab momen Koppel yang dibentuk oleh gaya apung dan berat benda akan mem memperbesar sudut lambungnya, maka **stabilitasnya dinyatakan Negatif (MG Negatif)**.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan pada kapal KMP. Roditha merupakan kapal jenis penyebrangan atau *ferry Ro-Ro* milik PT. ASDP Indonesia ferry. Alat yang digunakan untuk perhitungan dan desain ulang menggunakan *software Autocad, maxsurf 3D* dan *hydromax*.

Data yang digunakan yaitu data karakteristik kapal berupa data modifikasi penambahan panjang kapal dengan membandingkan dengan data kapal existing dan dengan kapal hyang telah dilakukan modifikasi. Untuk variabel yang digunakan yakni dengan percobaan kapasitas muatan 100% , 70%, 50% dan 0% (Muatan kosong).

Langkah – langkah dan metode yang digunakan dalam penyusunan skripsi adalah sebagai berikut :

3.2 Identifikasi Masalah

Perumusan masalah dilakukan pertama kali agar skripsi terarah dan selalu terfokus. Permasalahan yang diangkat dalam tugas skripsi ini yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya adalah bagaimana desain konstruksi yang sesuai dengan rules BKI pada kasus penambahan panjang pada bagian tengah kapal (midship) ke arah haluan.

3.3 Studi literatur

Studi literatur atau studi pustaka adalah proses untuk mendapatkan bahan referensi atau informasi yang relevan sebagai penunjang bagi penulis yang baik berupa jurnal, paper, artikel, buku, diskusi maupun pengamatan lapangan dari media elektronik.

3.4 Studi Lapangan

Studi lapangan adalah pengumpulan data lapangan, pada tahap pengumpulan data ini penulis melakukan pengambilan foto dan melakukan wawancara terlebih dahulu dengan pihak – pihak yang bersangkutan untuk mengetahui lebih jelasnya tentang permasalahan yang dialami oleh KMP Roditha.

3.5 Pengolahan Data

Dari hasil pengumpulan data, tahap selanjutnya adalah proses pengolahan data. Pada tahap ini dibagi menjadi 2 pemodelan kapal yang dilakukan yaitu sebelum dan setelah dilakukan penambahan panjang kapal.

1. Perhitungan konstruksi kapal.
2. Perhitungan Stabilitas Kapal
3. Perhitungan Kapasitas Mesin (*Powering*).

3.6 Analisa dan Kesimpulan

Berisi tentang kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil analisa data dan perhitungan yang dilakukan sebelumnya. Kesimpulan yang dihasilkan merupakan jawaban dari permasalahan yang dibahas di dalam penelitian ini. Dan merupakan rangkuman dari proses penelitian dan pengolahan data yang dilakukan.

4. PEMBAHASAN

Berikut adalah data utama kapal KMP. Roditha dan kapasitas muatan baru yang telah penulis dapat dari narasumber yang bekerja pada pihak galangan.

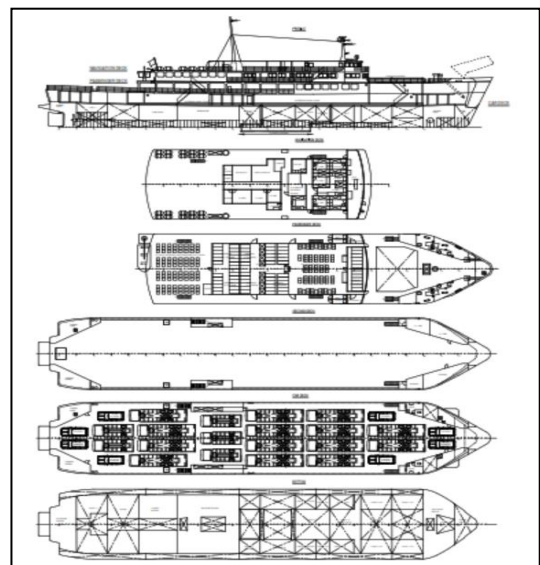
LPP	: 72,00 m
LWL	: 74,88 m
LOA	: 78,60 m
B	: 14,2 m
H	: 4,5 m
T	: 3,4 m
Vs	: 15 knots

Cb	: 0,6
Tipe	: Ferry
Nama Kapal	: KMP Roditha

Untuk kapasitas penumpang tetap akan tetapi untuk bagian car deck menjadi tambah panjang dan rincian muatan adalah sebagai berikut :

Penumpang	: 550 orang
Mobil	: 8 buah
Truk engkel	: 10 buah
Truk tronton	: 14 buah

Hal ini dapat dilihat dari gambar rencana umum yang telah penulis dapat dari narasumber bahwa KMP. Roditha dirancang dengan satu geladak kendaraan serta dua geladak penumpang. Geladak kendaraan pertama untuk muatan kendaraan dengan ukuran besar seperti truk trailer, tronton, mobil dan sepeda motor. Sedangkan geladak penumpang utama diisi dengan fasilitas tempat duduk 200 orang dan geladak kedua dapat memuat seluruh penumpang sebanyak 250 orang.



Gambar 6: General Arrangement KMP. Roditha (setelah ditambah panjang)

4.1 Perhitungan Konstruksi

4.1.1 Rekapitulasi Perhitungan Konstruksi

Setelah dilakukan perhitungan konstruksi ulang didapatkan hasil perhitungan konstruksi akibat penambahan panjang. Berikut adalah hasil perhitungan konstruksi KMP. Roditha akibat penambahan panjang yang dilakukan.

Tabel 1: Rekap perhitungan konstruksi KMP. Roditha setelah penambahan panjang

		Rekapitulasi Perhitungan Konstruksi Kapal "KMP RODITHA"					
		$L_{pp} = 72 \text{ m}$ $B = 14.2 \text{ m}$ $H = 4.5 \text{ m}$ $T = 3.4 \text{ m}$ $C_b = 0.550$					
No	Item	Kamar Mesin ($x/L < 0.2$)		Ruang Muat ($0.2 \leq x/L < 0.7$)		Ceruk Haluan ($0.7 \leq x/L$)	
1	Plat Lunas	1160,00 mm	1500 mm	1160,00 mm	1500 mm	1160,00 mm	1500 mm
2	Plat Atas	14,00 mm	14 mm	10,49 mm	14 mm	27,44 mm	14 mm
3	Plat Atas Dalam	8,49 mm	12 mm	8,49 mm	12 mm	25,44 mm	12,0 mm
4	Plat Baga	6,31 mm	9,0 mm	6,31 mm	9,0 mm	6,31 mm	9,0 mm
5	Plat Sisi	1160,0 mm	1800 mm	1160,0 mm	1800 mm	1160,0 mm	1800 mm
6	Plat Lajur Sisi Atas	8,49 mm	12 mm	8,49 mm	12 mm	25,44 mm	12,0 mm
7	Plat Geladak	1800 mm	1800 mm	1800 mm	1800 mm	1800 mm	1800 mm
8	Plat Lajur Sisi Atas	1160 mm	1500 mm	1160 mm	1500 mm	1160 mm	1500 mm
9	Plat Lajur Sisi Atas	12 mm	12 mm	11,00 mm	12,0 mm	12,00 mm	12 mm
10	Plat Geladak	6,94 mm	9 mm	8,10 mm	12 mm	6,94 mm	9 mm
11	Plat Top Side Tank	-	-	8,32 mm	8,0 mm	11,26 mm	9 mm
12	Plat Hopper Side Tank	-	-	7,49 mm	8 mm	7,49 mm	8 mm
13	Plat Sisi Main Deck	4,97 mm	7,0 mm	-	-	-	-
14	Plat Sisi Poop Deck	6,79 mm	10 mm	-	-	-	-
15	Plat Sisi Boat Deck	6,79 mm	9 mm	-	-	-	-
16	Plat Sisi Bridge Deck	8,78 mm	10 mm	-	-	-	-
17	Plat Sisi Navigation Deck	8,78 mm	9 mm	-	-	-	-
18	Plat Sisi Forecastle	-	-	-	-	22,71 mm	8,0 mm
19	Plat Geladak Poop Deck	6,94 mm	9 mm	-	-	-	-
20	Plat Geladak Boat Deck	6,94 mm	9 mm	-	-	-	-
21	Plat Geladak Bridge Deck	6,94 mm	8 mm	-	-	-	-
22	Plat Geladak Navigation Deck	7,91 mm	9 mm	-	-	-	-
23	Plat Geladak Top Deck	7,91 mm	8 mm	-	-	-	-
24	Plat Geladak Forecastle	-	-	-	-	7,25 mm	9 mm
25	Plat Dinding Main Deck (Depan)	5,77 mm	8,0 mm	-	-	-	-
26	Plat Dinding Main Deck (Belakang)	5,72 mm	7 mm	-	-	-	-
27	Plat Dinding Deck House (Depan)	4,73 mm	6 mm	-	-	-	-
28	Plat Dinding Deck House (Belakang)	5,20 mm	6 mm	-	-	-	-

Berikut adalah hasil perhitungan awal yang dibutuhkan untuk analisis stabilitas pada kapal KMP. Roditha :

Tabel 3: Perhitungan Awal Stabilitas Kapal

A_0	A_1	A_2	A_M	S	F	D	C_{PV}	d	L_d
7974,79	8054,53	4330,43	473,52	581,13	7,15	17,94	0,77	8,2	70,85

3. Hasil Perhitungan Stabilitas Kondisi Pemuatan 100%

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh harga $GG' \sin \phi$, $b_1 \sin 2\phi$, $b_2 \sin 4\phi$, $b_3 \sin 6\phi$ adalah sebagai berikut:

Tabel 4: Hasil Perhitungan nilai GZ kondisi pemuatan 100%.

Heel Angle (ϕ)	$GG' \sin \phi$ (feet)	$b_1 \sin 2\phi$	$b_2 \sin 4\phi$	$b_3 \sin 6\phi$	GZ (feet)
0°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5°	-0,264	0,867	0,323	-0,074	0,852
10°	-0,526	1,707	0,607	-0,129	1,660
15°	-0,783	2,496	0,818	-0,149	2,382
20°	-1,035	3,209	0,931	-0,129	2,975
25°	-1,279	3,824	0,931	-0,074	3,401
30°	-1,514	4,323	0,818	0,000	3,628
35°	-1,736	4,691	0,607	0,074	3,636
40°	-1,946	4,916	0,323	0,129	3,422
45°	-2,140	4,992	0,000	0,149	3,000
50°	-2,319	4,916	-0,323	0,129	2,403
55°	-2,480	4,691	-0,607	0,074	1,678
60°	-2,622	4,323	-0,818	0,000	0,883
65°	-2,743	3,824	-0,931	-0,074	0,076
70°	-2,845	3,209	-0,931	-0,129	-0,695
75°	-2,924	2,496	-0,818	-0,149	-1,395
80°	-2,981	1,707	-0,607	-0,129	-2,010
85°	-3,016	0,867	-0,323	-0,074	-2,546
90°	-3,027	0,000	0,000	0,000	-3,027

4.2 Stabilitas Kapal

Stabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh lengan dinamis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM. Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan statis (GZ). Kemudian setelah harga GZ didapat, maka dilakukan pengecekan dengan "Intact Stability Code, IMO". Perhitungan stabilitas ini dilakukan dengan teori Barnhart dan Thewlis.

1. Definisi input data

Berikut adalah data kapal KMP Roditha dalam satuan *feet* untuk perhitungan stabilitas kapal utuh :

Tabel 2: Input data perhitungan stabilitas

1 feet = 0,3048 m										
L	B	Bw	T	DM	SF	SA	Δ_0	CB	CW	CX
245,62	45,81	45,81	10,79	15,58	0,00	0,00	1899,19	0,55	0,71	0,95

2. Perhitungan Awal

Sehingga nilai lengan statis (GZ) pada kondisi pemuatan 100% dalam satuan meter adalah sebagai berikut:

Tabel 5: Lengan statis hasil perhitungan stabilitas kondisi pemuatan 100%

Lengan Statis (GZ) (meter)									
ϕ	0	5	10	15	20	25	30	35	40
GZ	0,0000	0,2597	0,5061	0,7261	0,9069	1,0366	1,1058	1,1084	1,0431

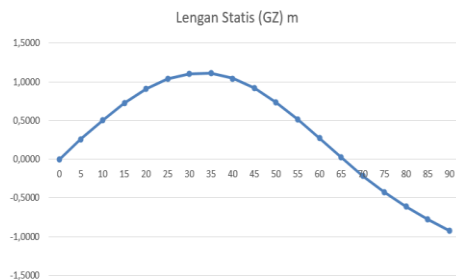
Lengan Statis (GZ) (meter)									
ϕ	50	55	60	65	70	75	80	85	90
GZ	0,7323	0,5115	0,2692	0,0231	0,2119	0,4252	0,6126	0,7761	0,9227

Setelah lengan statis diperoleh, selanjutnya adalah menghitung periode oleng pada kondisi pemuatan tersebut. berikut adalah hasil perhitungan periode oleng kondisi pemuatan 100% :

$$T = (0,44 * 14,2) / \sqrt{9,92}$$

$$= 1,20 \text{ detik}$$

Berikut adalah kurva lengan stabilitas kondisi pemuatan 100% pada KMP Roditha :



Gambar 7: Kurva lengan stabilitas kondisi pemuatan 100%.

Berdasarkan tabel dan kurva di atas, dapat diketahui bahwa nilai GZ maksimum adalah 1,108 meter dengan periode oleng selama 1,20 detik.

Setelah diketahui nilai GZ maksimum dan periode oleng, selanjutnya adalah menghitung sudut maksimum dari nilai GZ tersebut. Berikut adalah hasil perhitungan sudut maksimum:

Tabel 6: Hasil Perhitungan nilai GZ kondisi pemuatan 100%.

Sudut Maksimum												
GZ max	Kolom Ke -	Heel at GZ max	Titik						Hasil Perkalian Matrik			θ_{max}
			X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	a	b	c	
1,108	8	35	30	35	40	1,10	1,11	1,04	0,334	0,089	0,001	33

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai sudut maksimum adalah 33°.

4. Hasil Perhitungan Stabilitas Kondisi Pemuatan 75 %

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh harga $GG' \sin \phi$, $b_1 \sin 2\phi$, $b_2 \sin 4\phi$, $b_3 \sin 6\phi$ adalah sebagai berikut :

Tabel 7: Hasil Perhitungan nilai GZ kondisi pemuatan 100%.

Heel Angle (ϕ)	$GG' \sin \phi$ (feet)	$b_1 \sin 2\phi$	$b_2 \sin 4\phi$	$b_3 \sin 6\phi$	GZ (feet)
0°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5°	-0,284	0,867	0,323	-0,074	0,831
10°	-0,566	1,707	0,607	-0,129	1,620
15°	-0,844	2,496	0,818	-0,149	2,321
20°	-1,116	3,209	0,931	-0,129	2,895
25°	-1,379	3,824	0,931	-0,074	3,302
30°	-1,631	4,323	0,818	0,000	3,511
35°	-1,736	4,691	0,607	0,074	3,636
40°	-1,946	4,916	0,323	0,129	3,422
45°	-2,140	4,992	0,000	0,149	3,000
50°	-2,319	4,916	-0,323	0,129	2,403
55°	-2,480	4,691	-0,607	0,074	1,678
60°	-2,622	4,323	-0,818	0,000	0,883
65°	-2,743	3,824	-0,931	-0,074	0,076
70°	-2,845	3,209	-0,931	-0,129	-0,695
75°	-2,924	2,496	-0,818	-0,149	-1,395
80°	-2,981	1,707	-0,607	-0,129	-2,010
85°	-3,016	0,867	-0,323	-0,074	-2,546
90°	-3,027	0,000	0,000	0,000	-3,027

Sehingga nilai lengan statis (GZ) pada kondisi pemuatan 75% dalam satuan meter adalah sebagai berikut:

Tabel 8 : Lengan statis hasil perhitungan stabilitas kondisi pemuatan 75 %

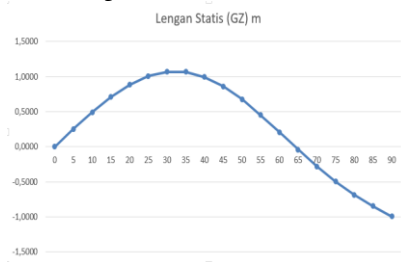
Lengan Statis (GZ) (meter)									
ϕ	0	5	10	15	20	25	30	35	40
GZ	0,00	0,25	0,49	0,71	0,88	1,01	1,07	1,07	0,99

Lengan Statis (GZ) (meter)									
Φ	50	55	60	65	70	75	80	85	90
GZ	0,68	0,45	0,21	-0,04	-0,27	-0,50	-0,68	-0,84	-0,99

Setelah lengan statis diperoleh, selanjutnya adalah menghitung periode oleng pada kondisi pemuatan tersebut. Berikut adalah hasil perhitungan periode oleng kondisi pemuatan 75%:

$$T = (0,44 * 14,2) / \sqrt{9,61} \\ = 1,21 \text{ detik}$$

Berikut adalah kurva lengan stabilitas kondisi pemuatan 75% pada KMP Roditha :



Gambar 8: Kurva lengan stabilitas kondisi pemuatan 75%.

Berdasarkan tabel dan kurva di atas, dapat diketahui bahwa nilai GZ maksimum adalah 1,07 meter dengan periode oleng selama 1,21 detik. Setelah diketahui nilai GZ maksimum dan periode oleng, selanjutnya adalah menghitung sudut maksimum dari nilai GZ tersebut. Berikut adalah hasil perhitungan sudut maksimum :

Tabel 9: Hasil perhitungan sudut maksimum kondisi pemuatan 75%.

Sudut Maksimum												
GZ max	Kolom Ke -	Heel at GZ max	Titik						Hasil Perkalian Matrik			θ_{max} [$^{\circ}$]
			X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	a	b	c	
1,070	7	30	25	30	35	1,01	1,07	1,07	-0,30	0,09	-0,001	32,30

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai sudut maksimum adalah 32,30°.

5. Hasil Perhitungan Stabilitas Kondisi Pemuatan 50%

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh harga $GG' \sin \phi$, $b_1 \sin 2\phi$, $b_2 \sin 4\phi$, $b_3 \sin 6\phi$ adalah sebagai berikut :

Tabel 10 : Hasil Perhitungan nilai GZ kondisi pemuatan 50%.

Heel Angle (ϕ)	$GG' \sin \phi$ (feet)	$b_1 \sin 2\phi$	$b_2 \sin 4\phi$	$b_3 \sin 6\phi$	GZ (feet)
0°	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5°	-0,317	0,867	0,323	-0,074	0,799
10°	-0,631	1,707	0,607	-0,129	1,555
15°	-0,941	2,496	0,818	-0,149	2,225
20°	-1,243	3,209	0,931	-0,129	2,768
25°	-1,536	3,824	0,931	-0,074	3,144
30°	-1,817	4,323	0,818	0,000	3,324
35°	-2,085	4,691	0,607	0,074	3,288
40°	-2,336	4,916	0,323	0,129	3,032
45°	-2,570	4,992	0,000	0,149	2,571
50°	-2,784	4,916	-0,323	0,129	1,937
55°	-2,977	4,691	-0,607	0,074	1,180
60°	-3,148	4,323	-0,818	0,000	0,357
65°	-3,294	3,824	-0,931	-0,074	-0,475
70°	-3,415	3,209	-0,931	-0,129	-1,266
75°	-3,511	2,496	-0,818	-0,149	-1,982
80°	-3,579	1,707	-0,607	-0,129	-2,608
85°	-3,621	0,867	-0,323	-0,074	-3,151
90°	-3,635	0,000	0,000	0,000	-3,635

Sehingga nilai lengan statis (GZ) pada kondisi pemuatan 50% dalam satuan meter adalah sebagai berikut:

Tabel 11 : Lengan statis hasil perhitungan stabilitas kondisi pemuatan 50 %

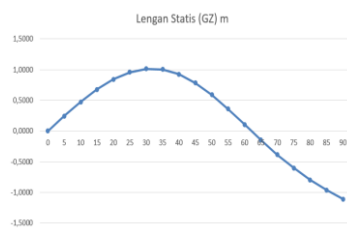
Lengan Statis (GZ) (meter)										
Φ	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
GZ	0,00	0,24	0,47	0,68	0,84	0,96	1,01	1,00	0,92	0,78

Lengan Statis (GZ) (meter)									
Φ	50	55	60	65	70	75	80	85	90
GZ	0,59	0,36	0,11	-0,14	-0,38	-0,60	-0,79	-0,96	-1,11

Setelah lengan statis diperoleh, selanjutnya adalah menghitung periode oleng pada kondisi pemuatan tersebut. Berikut adalah hasil perhitungan periode oleng kondisi pemuatan 50% :

$$T = (0,44 * 14,2) / \sqrt{9,23} \\ = 1,22 \text{ detik}$$

Berikut adalah kurva lengan stabilitas kondisi pemuatan 50% pada KMP Roditha :



Gambar 9 : Kurva lengan stabilitas kondisi pemuatan 50%.

Berdasarkan tabel dan kurva di atas, dapat diketahui bahwa nilai GZ maksimum adalah 1,01 meter dengan periode oleng selama 1,22 detik. Setelah diketahui nilai GZ maksimum dan periode oleng, selanjutnya adalah menghitung sudut maksimum dari nilai GZ tersebut. Berikut adalah hasil perhitungan sudut maksimum :

Tabel 12: Hasil perhitungan sudut maksimum kondisi pemuatan 50%.

Sudut Maksimum												
GZ max	Kolom Ke -	Heel at GZ max	Titik						Hasil Perkalian Matrik			θ_{max}
			X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	a	b	c	
1,013	7	30	25	30	35	0,96	1,01	1,00	-0,30	0,08	-0,001	31,66

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai sudut maksimum adalah 31,66°.

4.3 Pengecekan Stabilitas Utuh

Pengecekan perhitungan stabilitas beberapa kondisi pemuatan menggunakan "Intact Stability Code, IMO" Regulasi A.749 (18) yaitu:

1. Kondisi pemuatan 100%, 75% dan 50%

Berikut adalah hasil nilai kondisi pemuatan 100% sesuai kriteria yang telah ditetapkan oleh IMO :

Tabel 13: Batasan stabilitas menurut IMO 100%

e [m . rad]			GZ	θ_{max}	MR	GM ₀	
30°	40°	30° - 40°	30°	[X°]	[m.t]	[feet]	[m]
0,09	0,19	0,10	1,12	33	9,92	3,02	0,09

Tabel 14 : Batasan stabilitas menurut IMO 75%

e [m . rad]			GZ	θ_{max}	MR	GM ₀	
30°	40°	30° - 40°	30°	[X°]	[m.t]	[feet]	[m]
0,09	0,18	0,10	1,07	32	9,61	2,93	0,09

Tabel 15 : Batasan stabilitas menurut IMO 50%

e [m . rad]			GZ	θ_{max}	MR	GM ₀	
30°	40°	30° - 40°	30°	[X°]	[m.t]	[feet]	[m]
0,08	0,17	0,09	1,01	32	9,24	2,82	0,08

Tabel 16 : Kriteria Menurut aturan IMO terhadap simulasi beban 100% , 75% dan 50%

Kriteria IMO Regulation A. 749 (18)					
$\theta_{0,30^\circ} \geq 0,055$	$\theta_{0,40^\circ} \geq 0,09$	$\theta_{30,40^\circ} \geq 0,03$	$h_{30^\circ} \geq 0,2$	$\phi_{max} \geq 25^\circ$	$GM_0 \geq 0,15$
Accepted	Accepted	Accepted	Accepted	Accepted	Accepted

Kriteria IMO Regulation A. 749 (18)			Status
MR $\leq 10^\circ$	$\phi_{max} \leq 10^\circ$		
Accepted	Accepted		OK

Berdasarkan hasil pengecekan seperti pada tabel di atas, dapat diketahui bahwa stabilitas kapal kondisi pemuatan 100% , 75%, dan 50% telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh IMO.

4.4 Perhitungan Kapasitas Mesin

Dalam menentukan kebutuhan daya penggerak utama dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode holtrop dimana menghasilkan data sebagai berikut :

Tabel 17 : Perhitungan Tahanan Dengan Metode Holtrop

R _w / W	C _A	W	R _{Total}	R _{Total}	R _{Total+15%}
		[N]	[N]	[kN]	[kN]
0,00598	0,0006	18929	84366,38	84,37	97,02

Setelah dilakukan perhitungan tahanan, lalu selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan daya yang dibutuhkan kapal dimana perhitungan tersebut dilakukan dengan menggunakan kurva K_t dan K_q *polynomial Wageningen* – B dimana menghasilkan nilai total *Break Horse Power*

(BHP) **952,22**. Maka jenis mesin yakni **DAIHATSU DIESEL ENGINE 6 DSM- 32L** yang telah terpasang pada kapal sesuai dengan hasil perhitungan.

MAIN MACHINE

No.	Merk	Manufacture	Cyl	Tenaga	RPM	Year	Model	Serie	Position
1.	DAIHATSU	DAIHATSU DIESEL ENGINE CO., LTD.	6	2200 HP	600	1973	6 DSM-32 L	D.632029	PS
2.	DAIHATSU	DAIHATSU DIESEL ENGINE CO., LTD.	6	2200 HP	600	1973	6 DSM-32 L	D.632028	SB

Gambar 10 : Mesin KMP. Roditha type “Daihatsu 6 DSM – 32L”

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian skripsi yang dilakukan yaitu *Analisa Teknis Penambahan Panjang Kapal untuk Menambah Kapasitas Muatan Studi Kasus KMP. Roditha milik PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero)*, maka dapat disimpulkan beberapa informasi teknis sebagai berikut:

1. Selisih yang didapat dari berat konstruksi yang ditambah yakni $LWT_{\text{setelah}} - LWT_{\text{awal}} = 518,99 \text{ Ton} - 444,77 \text{ Ton} = \mathbf{74,22 \text{ Ton}}$
2. Analisis stabilitas kapal menurut IMO (*International Maritime Organization*) A.749 (18), yaitu: (i) Kondisi pemuatan **100%**: GZ maksimum: 1,10 m pada *heel angle* 40°, *Roll periode*: **1,20 detik**. (ii) Kondisi pemuatan **75%**: GZ maksimum: 1,07 m pada *heel angle* 35°, *Roll periode*: **1,21 detik**. (iii) Kondisi pemuatan **50%**: GZ maksimum: 1,01 m pada *heel angle* 30°, *Roll periode*: **1,22 detik**
3. Untuk Perhitungan kapasitas mesin didapatkan nilai BHP **952,22** HP. Dimana mesin awal yang digunakan telah mencukupi kebutuhan yang diperlukan untuk operasional KMP. Roditha yakni type mesin “**DAIHATSU DIESEL ENGINE 6 DSM- 32L**”.

DAFTAR PUSTAKA

- Ependi, E. (2020). *Jadwal Pelayaran Lintas Lembar Padang Bai*. Surabaya. : s.n., 2020.
- Hanandis, S. (2012). *Konstruksi Kapal (Midship Section)*. Universitas Hasanudin Makassar : Jurusan Perkapalan Fakultas Teknik.
- Hutabarat, C. (2017). *Jasa Transportasi Penyebrangan*. Jakarta, Jakarta, Indonesia : s.n., 12 22.
- Nantra. (2018). Jelang Mudik, Syahbandar Siapkan 34 Kapal. *nusabali*. [Online] May 21, 2018. www.nusabali.com.

Siswanti, H. (2014). *HIDROSTATIK & BONJEAN*. [book auth.] Politeknik Negeri Madura. 2014, pp. 1-3.

Wahyudi, F., T. (2010). *Analisa Stabilitas KMP. Dharma Ferry Akibat Penambahan Konstruksi*, Skripsi, Jurusan teknik Perkapalan, FTMK-ITATS, Surabaya.