



JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

ANALISIS STABILITAS KAPAL OIL TANKER 10850 DWT PERAIRAN BINTAN - LHOKSEUMAWE

Rangga Jati Kusuma^{*}, Berlian Arswendo¹⁾, Deddy Chrismianto¹⁾

¹⁾Laboratorium Teknologi Kapal Kecil dan Perikanan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*}e-mail : ranggajk25@gmail.com

Abstrak

Stabilitas kapal merupakan salah satu komponen penting yang perlu diperhitungkan saat perancangan kapal. Perhitungan stabilitas akan sangat mempengaruhi keselamatan kapal saat melakukan operasi pelayaran. Penelitian ini akan menganalisis stabilitas dari kapal Oil Tanker MT Arcturus dengan kapasitas 10850 DWT yang memiliki jalur pelayaran Bintan - Lhokseumawe. Penelitian ini akan berfokus pada analisa stabilitas kapal dalam tiga kondisi muatan berbeda dengan menggunakan soft maxsurf. Penelitian ini akan tetap mengacu pada IMO yang mana memiliki standar untuk keselamatan kapal. Analisis akan dilakukan pada tiga kondisi kapal yaitu saat keadaan muatan penuh, muatan kosong, dan muatan kapal kosong dengan terisi sebagian pada tangki operasional lainnya. Sesuai dengan tiga kondisi yang sudah ditentukan maka analisis dilakukan dengan maxsurf dan akan didapatkan nilai stabilitas serta LC diagram yang menggambarkan perbandingan sudut oleng kapal dengan lengan kopel, hasil ini akan menunjukkan kemampuan kapal dalam menjaga stabilitasnya hingga sudut kemiringan tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa stabilitas kapal MT Arcturus dalam tiga kondisi yang telah ditentukan memiliki nilai stabilitas yang baik dilihat dari kurva GZ yang bernilai positif hingga sudut kemiringan 90°. Nilai stabilitas yang diperoleh juga dibandingkan dengan standar IMO dan menunjukkan bahwa memenuhi standar tersebut dalam setiap kondisi muatan yang dianalisis, sehingga dapat disimpulkan bahwa kapal MT Arcturus layak untuk beroperasi di perairan yang ditentukan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam perancangan kapal oil tanker di masa depan.

Kata Kunci : Oil Tanker, Intact Stability, Ship Stability, IMO, Maxsurf Stability

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai negara maritim yang artinya memiliki wilayah laut yang luas, memberikan potensi lautan yang begitu besar. Dengan kawasan laut mencapai 3.257.357 km², menyebabkan kebutuhan transportasi laut yang besar. Dengan kebutuhan sehari - hari yang begitu besar dan diperlukannya pengiriman logistik yang melalui laut, kebutuhan transportasi laut ini terus meningkat. Kebutuhan ini dipenuhi dengan beragam jenis kapal yang berfokus pada pengiriman bahan - bahan kebutuhan tersebut, salah satunya ini menjadi fungsi dari oil tanker. Kapal jenis oil tanker merupakan kapal yang dirancang untuk mengangkut minyak mentah ataupun olahan dari minyak tersebut melalui suatu

jalur pelayaran. Keberadaan kapal ini sangat penting untuk memenuhi ekonomi, logistik, serta kehidupan sehari - hari, dan dikarenakan bentuk negara yang kepulauan maka bahan minyak sangat bergantung pada kapal jenis oil tanker. Kapal ini memiliki peran khusus untuk mengangkut minyak yang artinya muatan yang dibawanya memiliki sifat mudah terbakar untuk itu butuh penanganan khusus dan banyaknya aspek penting yang diperhatikan saat perancangan. [1] juga menyatakan bahwa kapal oil tanker memiliki risiko kecelakaan yang besar terutama dipengaruhi oleh ukuran dan usia kapal, kualifikasi perancangan. Perancangan yang kurang sesuai atau bahkan tidak sesuai dengan kaidahnya dapat membahayakan saat proses pelayaran.

Sebuah kapal dirancang menyesuaikan aspek dan peraturan yang berlaku. Kapal yang dirancang

dengan tepat dan sesuai dengan aspek dan peraturan yang ada akan dapat memenuhi tujuan kapal tersebut dibangun dan memastikan keamanan kapal ketika beroperasi di lautan lepas sesuai dengan jalur pelayarannya. Sejak tahap perancangan karakteristik geometri kapal, ketahanan kerja, maupun aspek keselamatan yaitu stabilitas dan olah gerak kapal harus sudah dirancang dan diprediksi [2]. Kapal oil tanker pun tidak luput dari kemungkinan bahaya yang mungkin terjadi saat proses pelayaran bila tidak dibangun berdasarkan perhitungan rancang yang tepat. Dalam proses perancangan kapal, salah satu aspek penting adalah memperhitungkan juga stabilitas kapal, yang mana hal ini berhubungan erat dengan keselamatan pelayaran [3]. Stabilitas sendiri merupakan kemampuan kapal untuk mempertahankan posisinya kembali dan tetap bergerak secara stabil tanpa tergulingkan ketika berlayar, dapat memastikan keselamatan kapal terutama ketika proses pengiriman muatan.

Seperti yang sudah disebutkan diatas bahwa perhitungan stabilitas kapal akan mempengaruhi implikasi desain dan operasi kapal pada saat pelayaran, terutama terhadap keselamatan kapal dan juga efisiensi pergerakannya [4]. Dalam proses perancangan kapal yang baik, bila ingin menciptakan kapal jenis oil tanker yang memiliki stabilitas yang baik maka kita perlu mengacu pada peraturan serta acuan yang ada. Perancangan kapal di Indonesia mengacu pada IMO, yang menyangkut secara rinci mengenai perhitungan stabilitas serta olah gerak kapal yang baik untuk berbagai jenis kapal termasuk kapal oil tanker. Perancangan ini akan disesuaikan dengan tujuan kapal, ukuran utama kapal, serta jalur pelayarannya. Melihat pentingnya nilai stabilitas kapal pada saat perancangan, maka penelitian ini ada untuk melihat lebih dalam mengenai stabilitas kapal oil tanker MT Arcturus dengan ukuran 10850 DWT.

Stabilitas kapal yang memiliki arti kemampuan kapal dalam mempertahankan posisinya setelah mengalami kemiringan, yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti desain lambung, distribusi muatan kapal, dan kondisi jalur pelayaran [5] dapat mengacu pada keadaan kapal saat kondisi muatan tertentu ataupun mengacu pada keadaan kapal dalam kemiringan tertentu. Penelitian yang berfokus pada nilai stabilitas kapal oil tanker ini akan mengacu pada kemampuannya dalam kemiringan tertentu, sehingga diharapkan dapat memberi gambaran baru mengenai pentingnya memperhatikan aspek tersebut sejak proses perancangan awal kapal. Nilai stabilitas kapal juga akan berpengaruh dari jalur pelayarannya [6]. Dengan menganalisis lebih

dalam keadaan kapal MT Arcturus diharapkan mengetahui dengan pasti nilai stabilitas tersebut serta mengetahui tingkat disesuaikan juga dengan karakteristik dari gelombang pada jalur perairan kapal tersebut. Hasil penelitian ini membantu melihat lebih dalam mengenai keadaan kapal oil tanker mengenai responnya terhadap pengaruh dari luar, nilai stabilitas yang diteliti menggambarkan juga keamanan kapal saat pelayaran. Diharapkan penelitian dapat menjadi acuan untuk proses perancangan kedepannya, sehingga kemampuan stabilitas kapal akan menjadi acuan penting dalam prosesnya. Penelitian ini diharap dapat memberi saran ataupun rekomendasi yang dapat digunakan terhadap perancangan kapal.

METODE PENELITIAN

2.1 Data Kapal

Dalam penelitian ini dibutuhkan dua jenis data utama yaitu data primer dan data sekunder. Data primer berupa ukuran utama dari kapal MT Arcturus dan gambar rencana umum dari kapal MT Arcturus. Sementara data sekunder yang dibutuhkan berupa jurnal ilmiah serta hasil penelitian sebelumnya yang dapat menunjang penelitian ini. Kapal merupakan jenis Oil Tanker yang memiliki jalur pelayaran Bintang – Lhokseumawe

Data Ukuran Utama Kapal:

1. Tipe Kapal : Oil Tanker Ship
2. LPP : 142,41 m
3. LWL : 146,68 m
4. Breadth : 23,59 m
5. Height : 12,556 m
6. Draught : 9,27 m
7. Cb : 0,73

Dalam meneliti stabilitas kapal, penentuan berat kapal kosong serta keadaan rancangan tangki, serta distribusi muatannya menjadi salah satu data penting yang perlu dipertimbangkan [7]. Berat dari MT Arcturus dalam keadaan kosong adalah 6167,11 ton. Kapal ini juga dilengkapi 7 tangki muatan, yang total beratnya bila dalam keadaan penuh bisa mencapai 14.433 ton.

2.2 Pengolahan Data

Dalam analisa stabilitas kapal MT Arcturus terdapat beberapa tahapan yaitu:

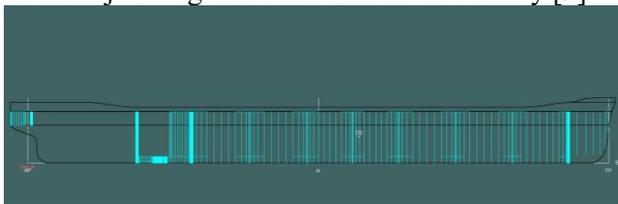
1. Pemodelan 3D kapal Mt Arcturus dengan menggunakan Software Maxsurf
2. Pembuatan Sekat dan tangki dalam model 3D

3. Penelitian dilakukan terhadap 3 kondisi muatan berbeda
4. Menganalisa stabilitas kapal menggunakan software maxsurf stability

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pemodelan 3D

Data yang diperoleh berupa ukuran utama kapal dan rancangan umum dari kapal MT Arcturus. Berdasarkan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penelitian analisa stabilitas kapal MT Arcturus dapat menggunakan software maxsurf stability, yang sebelumnya dapat dibuat pemodelan 3D dari kapal tersebut terlebih dahulu [8]. Proses pemodelan kapal dapat dilakukan dengan menggunakan software maxsurf modeler menggunakan data yang sudah diperoleh. Pemodelan dilakukan secara detail terutama berfokus pada perancangan sekat dan letak tangki yang ada dalam Mt Arcturus. Dalam software maxsurf modeler untuk model 3D kapal yang telah dibuat juga dilengkapi dengan data berat kapal yang dapat menjadi acuan dalam penentuan titik berat dan sentral gravitasi dari kapal tersebut. Data berat yang perlu diperhatikan adalah berat kapal kosong, berat tangki muatan, berat tangki bahan bakar, berat tangki pelumas, berat tangki *fresh water*, berat tangki balast. Dalam penelitian ini penggunaan maxsurf modeler pada proses pemodelan kapal merupakan hal yang krusial. Software ini memberikan hasil model 3D lambung yang akurat serta pembagian sekat dan tangki yang optimal, dari pemodelan ini juga diperoleh data yang dibutuhkan untuk penelitian stabilitas lebih lanjut dengan software maxsurf stability [9]



Gambar 1 Model 3D kapal MT Arcturus

Gambar 1 Menunjukkan hasil dari pemodelan kapal MT Arcturus yang dibuat dengan menggunakan software maxsurf modeler. Pemodelan diperoleh dengan memperhatikan data ukuran utama kapal dilengkapi dengan data dari rancangan umum kapal, data ini membantu membuat model 3D yang akurat dengan pembagian sekat dan ruang - ruang muatan sesuai dengan kaidah perancangannya. Model 3D yang diperoleh juga akan mencakup data lengkap untuk berat dari kapal, termasuk berat dari tangki dan muatan kapal MT Arcturus. Data ini akan

sangat menunjang kebutuhan analisa stabilitas yang selanjutnya akan dilakukan dengan software maxsurf stability.

3.2. Analisa Stabilitas dengan Maxsurf

Analisa stabilitas kapal akan berfokus untuk melihat kemampuan kapal kembali menegak pada kemiringan - kemiringan tertentu, seperti bagaimana definisi dari stabilitas itu sendiri [10]. Stabilitas kapal sangat erat dipengaruhi muatan dari kapal itu sendiri, oleh karena itu penelitian akan dilakukan terhadap 4 kondisi kapal yang berbeda [11]. Kondisi yang berbeda mengacu pada perbedaan kondisi muatan kapal dalam pelayaran. Analisa akan dilakukan menggunakan maxsurf stability dengan menggunakan model 3D yang sudah di rancang sebelumnya dalam software tersebut. Pada penelitian sebelumnya metode analisa yang sama sudah diterapkan dan terbukti memberikan hasil data yang cukup baik. Penelitian oleh Amiadji et al menunjukkan bagaimana software maxsurf stability digunakan untuk meneliti stabilitas kapal RO-RO saat melakukan proses bongkar muat, dengan hasil yang diperoleh sesuai dengan standar IMO [12]. Selain itu penelitian oleh Kusuma juga menunjukkan bagaimana penggunaan software maxsurf stability dapat menganalisa stabilitas kapal dalam berbagai kondisi muatan dan kemiringan tertentu, dimana hasil yang diperoleh memenuhi standar IMO [13].

Analisa stabilitas kapal MT Arcturus dengan menggunakan software maxsurf stability akan memperoleh hasil yang menampilkan nilai stabilitas kapal serta LC diagram. Diagram ini akan menampilkan hubungan antara lengan kopel dengan derajat kemiringan kapal, dimana akan terlihat pada kemiringan 0° hingga 90°. Kurva GZ dan MG juga akan ditampilkan dalam LC diagram, yang akan menunjukkan kemampuan kapal dalam mempertahankan posisinya agar kembali menegak pada kemiringan tersebut. Diagram ini merupakan hasil penting dan utama dari penelitian stabilitas kapal, dimana studi sebelumnya oleh pratama et al menyatakan pentingnya ada simulasi yang menunjukkan respons kapal terhadap gaya internal, salah satunya dalam bentuk analisa stabilitas dan responnya dalam berbagai kemiringan kapal [14].

1) Kondisi 1

Kondisi dimana kapal yang mengangkut muatan hanya 25% ketika awal pelayaran, selain itu tangki lainnya diisi sesuai kebutuhan akomodasi. Pada kondisi ini tangki balast digunakan untuk membantu menjaga stabilitas kapal

2) Kondisi 2

Kondisi dimana kapal yang mengangkut muatan hanya 30% ketika awal pelayaran, selain itu tangki lainnya diisi sesuai kebutuhan akomodasi yaitu 80%. Pada kondisi ini tangki balast dikosongkan

3) Kondisi 3

Kondisi ini mengacu pada keadaan muatan yang sudah kosong. Sementara untuk tangki lainnya terisi sebanyak 50%, sesuai untuk pelayaran arah kembali

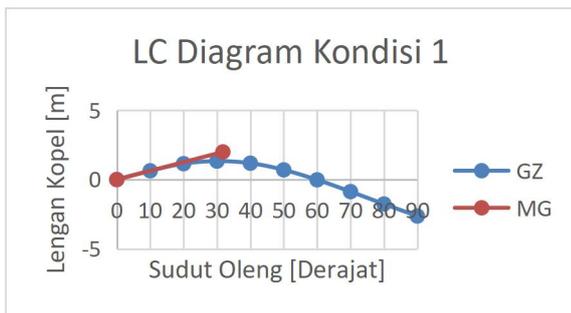
4) Kondisi 4

Kondisi ini mengacu pada keadaan muatan yang terisi 45%, Selain itu tangki lainnya seperti *fresh water*, tangki bahan bakar, ataupun tangki pelumas diisi sesuai kebutuhan akomodasi yaitu 50%, namun tangki balast akan dikosongkan.

Tabel 3. 1 Kondisi Muatan 1

Kondisi Kapal	: 1
Load	: 25%
Fuel Oil	: 80%
Lubricant Oil	: 80%
Diesel Oil	: 80%
AP dan FP	: 80%
Fresh Water	: 80%
Balast Water	: 90%

Tabel 3.1 ini menggambarkan kondisi saat muatan kapal terisi 25%, yaitu saat pergi menuju tujuan pengiriman muatan tersebut. Dalam keadaan ini tangki bahan bakar juga terisi untuk kebutuhan akomodasi yaitu 80%. Selain itu kapal juga dilengkapi dengan semua tangki lainnya, seperti *lubricant oil*, *diesel oil*, *fresh water*, tangki pada AP dan FP yang juga terisi 80% pada awal pelayaran.



Gambar 2 Grafik LC Diagram Kondisi 1

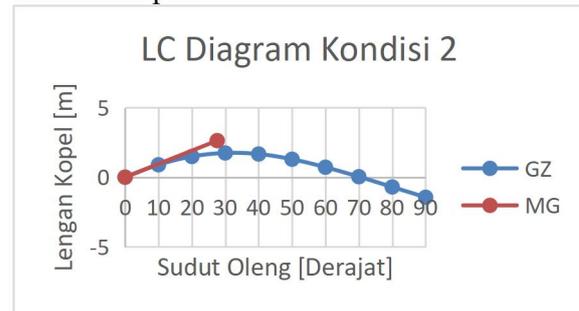
Grafik LC Diagram pada Gambar 4.4 menunjukkan perbandingan sudut oleng dengan lengan kopel pada kondisi muatan 1 untuk kapal MT Arcturus. Kurva GZ mengacu pada lengan penegak pada kapal tersebut untuk suatu sudut kemiringan, pada diagram ini kurva GZ menunjukkan nilai

positif hingga kemiringan 60°. Hal ini dapat diartikan bahwa hingga maksimal pada kemiringan 60° kapal masih memiliki stabilitas yang baik dan dapat kembali menegak.

Tabel 3. 2 Kondisi Muatan 2

Kondisi Kapal	: 2
Load	: 30%
Fuel Oil	: 80%
Lubricant Oil	: 80%
Diesel Oil	: 80%
AP dan FP	: 80%
Fresh Water	: 80%
Balast Water	: 0%

Tabel 3.2 menggambarkan kondisi saat muatan kapal terisi namun hanya sebesar 30%. Dalam keadaan ini tangki bahan bakar akan diisi sesuai dengan kebutuhan operasional pelayaran. Selain itu kapal juga dilengkapi dengan semua tangki lainnya, seperti *lubricant oil*, *diesel oil*, *fresh water*, tangki pada AP dan FP yang terisi untuk menunjang kebutuhan operasional kapal dalam pelayarannya menuju pelabuhan pengirimannya. Walau dalam keadaan muatan sedikit, tangki *water balast* diisi untuk menjaga stabilitas kapal.



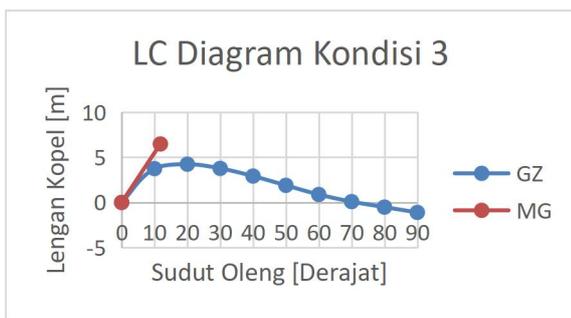
Gambar 3 Grafik LC Diagram Kondisi 2

Grafik LC Diagram pada gambar 3 menunjukkan perbandingan sudut oleng pada derajat tertentu dengan lengan kopel untuk kapal MT Arcturus pada kondisi 2 yang telah ditentukan. Kurva GZ mengacu pada lengan penegak pada kapal tersebut untuk suatu sudut kemiringan, pada diagram ini kurva GZ menunjukkan nilai positif hingga kemiringan 70°. Kondisi ini sangat dipengaruhi pembagian muatan dan berat dalam kapal, walau dalam keadaan muatan terisi sedikit dengan bantuan tangki balast kondisi kurva ini terbentuk. Hal ini dapat diartikan bahwa nilai stabilitas kapal pada kondisi ini sangat baik dan dapat benar - benar mempertahankan posisi tegaknya kembali.

Tabel 3.3 Kondisi Muatan 3

Kondisi Kapal	: 3
Load	: 0%
Fuel Oil	: 50%
Lubricant Oil	: 50%
Diesel Oil	: 50%
AP dan FP	: 50%
Fresh Water	: 50%
Balast Water	: 40%

Tabel 3.3 ini dapat menggambarkan kondisi kapal saat dalam perjalanan kembali ke pelabuhan asalnya, dalam kondisi ini muatan akan benar-benar kosong. Tangki lain seperti tangki bahan bakar akan diisi hingga 50% untuk mencukupi kebutuhan operasional pelayaran menuju pelabuhan asalnya. Walau dalam keadaan muatan kosong, tangki *water balast* akan tetap diisi untuk menjaga stabilitas kapal, hal ini akan lebih krusial dikarenakan kapal dalam keadaan hampir kosong tanpa beban tambahan.

**Gambar 4** Grafik LC Diagram Kondisi 3

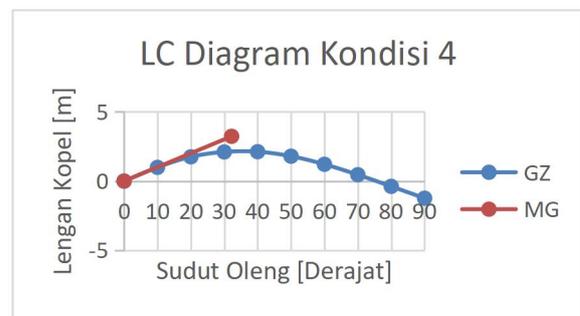
Grafik LC Diagram pada gambar 4 menunjukkan perbandingan sudut oleng dengan lengan kopel untuk kapal MT Arcturus pada kondisi 3 muatan yang telah ditentukan. Kurva GZ mengacu pada lengan penegak pada kapal tersebut untuk suatu sudut kemiringan. Dapat diperhatikan pada diagram ini kurva GZ menunjukkan nilai positif hingga kemiringan 70°. Hal ini dapat diartikan bahwa nilai stabilitas kapal pada kondisi ini sangat baik. Pada kondisi ini muatan kapal kosong, serta tangki lainnya tidak terisi penuh, hal yang mempengaruhi nilai terdapat pada tangki balas yang diisi penuh sehingga menjaga stabilitas kapal MT Arcturus.

Tabel 3.4 Kondisi Muatan 4

Kondisi Kapal	: 4
Load	: 45%
Fuel Oil	: 50%
Lubricant Oil	: 50%
Diesel Oil	: 50%
AP dan FP	: 30%

Fresh Water	: 50%
Balast Water	: 0%

Tabel 3.4 ini dapat menggambarkan kondisi kapal saat dalam perjalanan menuju tujuan pengiriman muatan, dalam kondisi ini muatan dalam keadaan 45%. Selain itu Tangki lain seperti tangki bahan bakar, tangki pelumas, tangki diesel, dan tangki fresh water akan diisi hingga 50% untuk mencukupi kebutuhan operasional pelayaran menuju tujuan pengiriman. Dalam kondisi ini, tangki balast akan dikosongkan, dikarenakan keadaan muatan yang masih cukup maka stabilitas kapal cenderung lebih baik sehingga tidak butuh bantuan dari air balast.

**Gambar 5** Grafik LC Diagram Kondisi 4

Grafik LC Diagram pada gambar 5 menunjukkan perbandingan sudut oleng dengan lengan kopel untuk kapal MT Arcturus pada kondisi 4 muatan yang telah ditentukan. Kurva GZ mengacu pada lengan penegak pada kapal tersebut untuk suatu sudut kemiringan. Dalam kondisi ini dapat diperhatikan pada diagram ini kurva GZ menunjukkan nilai positif hingga kemiringan kemiringan 78°. Hal ini dapat diartikan bahwa pada kondisi muatan ini kapal memiliki kemampuan untuk kembali menegak hingga kemiringan 78°, dan hal ini pun tergolong cukup baik. Pada kondisi ini muatan kapal terisi penuh serta tangki lainnya pun terisi penuh, karena itu stabilitas kapal relatif cukup baik dalam keadaan ini.

3.3. Analisa Stabilitas berdasarkan IMO

Dalam perancangan kapal kemampuan stabilitas kapal wajib mengacu pada peraturan standar yang ditetapkan dalam IMO [15]. Pemenuhan standar ini menjadi bukti standar keselamatan dalam pelayaran.

Analisa stabilitas kapal berdasarkan standar IMO A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships. Peraturan ini mengacu untuk stabilitas kapal pada kemiringan 0° - 30°, dimana nilainya tidak boleh kurang dari 3,1513 m deg.

Tabel 3. 1 Area GZ 0° - 30°

Kondisi	Area 0° - 30°	
	MT Arcturus	Status
1	24,933	Pass
2	27,477	Pass
3	103,029	Pass
4	38,621	Pass

Tabel 3.4 menunjukkan hasil perbandingan analisa stabilitas kapal MT Arcturus dengan standar IMO pada empat kondisi yang telah dianalisa. Nilai stabilitas yang diperoleh dari software maxsurf terdiri dari tiap titik kemiringan 0° hingga 90°, untuk tabel ini ditampilkan nilai dari sudut kemiringan 0° hingga 30°, yang dimana untuk empat kondisi kapal yang telah ditentukan memenuhi standar IMO, yaitu tidak boleh kurang dari 3,1513 m deg. Hal ini dapat diartikan untuk empat kondisi yang dianalisa pada kemiringan 0° hingga 30° memiliki kemampuan untuk kembali menegak yang sangat baik.

Analisa stabilitas kapal berdasarkan standar IMO A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships. Peraturan ini mengacu untuk stabilitas kapal pada kemiringan 0° - 40°, dimana nilai dari GZ tidak boleh kurang dari sama dengan 5,1566 m deg untuk setiap kondisi yang telah ditentukan.

Tabel 3. 5 Area GZ 0° - 40°

Kondisi	Area 0° - 40°	
	MT Arcturus	Status
1	37,764	Pass
2	43,213	Pass
3	136,778	Pass
4	21,0477	Pass

Tabel 3.5 menunjukkan hasil perbandingan analisa stabilitas kapal MT Arcturus dengan standar IMO untuk empat kondisi yang telah dianalisa. Nilai stabilitas yang menjadi fokus pada tabel ini adalah dari sudut kemiringan 0° hingga 40°, yang dimana untuk empat kondisi kapal yang telah ditentukan nilai GZ telah memenuhi standar IMO. Standar yang telah ditentukan berupa nilai GZ yang tidak boleh kurang dari 5,1566 m deg. Hal ini dapat diartikan untuk empat kondisi yang dianalisa pada kemiringan 0° hingga 40° memiliki

kemampuan untuk kembali menegak yang sangat baik, terutama terlihat bahwa nilai yang ditampilkan jauh melebihi standar IMO.

Analisa stabilitas kapal berdasarkan standar IMO A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships. Peraturan ini mengacu untuk stabilitas kapal pada kemiringan 30° - 40°, dimana nilai dari GZ tidak boleh kurang dari sama dengan 1,7189 m deg untuk empat kondisi yang telah ditetapkan sebelumnya. Hal ini diperlukan untuk melihat kemampuan menegak kapal yang menunjang keselamatan berlayar. Sesuai dengan pendapat Setiawan, *et al.* yang menyatakan bahwa nilai GZ pada stabilitas kapal pada kemiringan 30°-40° tidak boleh kurang dari samadengan 1,718 m deg untuk memastikan kapal mampu menunjang keselamatan berlayar [16]

Tabel 3. 6 Area GZ 30° - 40°

Kondisi	Area 30° - 40°	
	MT Arcturus	Status
1	12,830	Pass
2	15,736	Pass
3	33,749	Pass
4	21,388	Pass

Tabel 3.6 menunjukkan hasil perbandingan analisa stabilitas kapal MT Arcturus yang diperoleh dengan software maxsurf stability dengan standar IMO untuk empat kondisi berbeda. Nilai stabilitas yang menjadi fokus pada tabel ini adalah dari sudut kemiringan 30° hingga 40°, dimana untuk empat kondisi kapal tersebut memenuhi standar IMO, yaitu nilai GZ atau kemampuan kapala kembali menegak tidak boleh kurang dari 1,7189 m deg. Hal ini menunjukkan kemampuan kapal MT Arcturus untuk kembali menegak dalam kemiringan 30° hingga 40° untuk empat kondisi yang telah ditentukan sangat baik.

Analisa stabilitas kapal berdasarkan standar IMO A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships. Peraturan ini mengacu untuk stabilitas kapal pada kemiringan lebih dari 30°, dimana nilai GZ tidak boleh kurang dari sama dengan 0,2 m [17]. nilai ini akan memperlihatkan kemampuan kapal kembali menegak, sehingga semakin besar nilainya maka semakin baik stabilitasnya.

Tabel 3. 7 Area GZ 30° Greater

Kondisi	Area 30° Greater	
	MT Arcturus	Status
1	1,33	Pass
2	1,596	Pass
3	3,774	Pass
4	2.154	Pass

Tabel 3.7 menunjukkan hasil perbandingan analisa stabilitas kapal MT Arcturus yang diperoleh dengan software maxsurf stability dengan standar IMO sebagai acuan standar dalam perancangan kapal. Nilai stabilitas yang menjadi fokus pada tabel ini adalah dari sudut kemiringan lebih dari 30°, dimana untuk empat kondisi kapal tersebut terlihat memenuhi standar IMO. Standar dari IMO yang telah ditentukan berupa nilai GZ yang tidak boleh kurang dari 0,2 m deg. Dalam tabel terlihat bahwa kondisi 1 dan kondisi 4 memiliki nilai yang mendekati standar tersebut, hal ini berarti kondisi 1 dan 4 memiliki stabilitas yang kurang baik dibandingkan kondisi muatan lainnya, namun masih memenuhi standar IMO. Hal ini menunjukkan kemampuan kapal MT Arcturus dalam stabilitas atau mempertahankan posisinya masih tergolong cukup baik dan layak untuk operasi pelayarannya.

Analisa stabilitas kapal berdasarkan standar IMO A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships. Peraturan ini mengacu untuk nilai GZ maksimum, dimana nilai GZ merupakan kemampuan kapal dalam kembali menegak pada suatu kemiringan. Kurva GZ yang baik berada di nilai positif dan akan selalu mengalami nilai maksimumnya pada suatu derajat kemiringan tertentu, karena itu derajat kemiringan dimana nilai GZ mencapai maksimum harus diperhatikan [18]. Dalam peraturan ini disebutkan derajat kemiringannya tidak boleh kurang dari sama dengan 25° untuk nilai GZ maksimum.

Tabel 3. 8 Nilai GZ Maksimum

Kondisi	GZ Maksimum	
	MT Arcturus	Status
1	30,9	Pass
2	33,6	Pass
3	16,4	Fail
4	34,5	Pass

Tabel 3.8 menunjukkan hasil perbandingan analisa stabilitas kapal MT Arcturus yang diperoleh dengan software maxsurf stability dengan standar IMO sebagai acuan standar dalam perancangan kapal. Pada tabel ini ditampilkan nilai GZ yang merupakan kurva dari kemampuan penegak kapal terhadap suatu kemiringan tertentu, dimana kurva GZ akan selalu memiliki nilai maksimum pada suatu kemiringan tertentu. Nilai yang ditampilkan dalam tabel merupakan derajat kemiringan tertentu dimana nilai GZ mencapai nilai maksimumnya, dibandingkan dengan standar IMO sebagai acuan perancangan kapal yang baik. Dalam tabel terlihat bahwa empat kondisi yang dianalisa dengan software maxsurf stability menunjukkan bahwa nilai GZ menacapai nilai maksimum pada kemiringan lebih dari standar IMO, yang mana standarnya adalah 25°. Tabel ini juga menunjukkan bahwa dari empat kondisi yang diteliti, kondisi 1 dan kondisi 4 memiliki stabilitas yang kurang baik dibandingkan kondisi lainnya. Walau terlihat kurang baik namun, kondisi 1 dan 4 masih menunjukkan memenuhi standar dari IMO, sehingga dapat disimpulkan bahwa kapal MT Arcturus memiliki stabilitas yang baik dan kelayakan dalam berlayar.

Analisa stabilitas kapal berdasarkan standar IMO A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships. Peraturan ini meliputi perancangan dasar kapal mengenai nilai GMT, yang dapat diartikan sebagai kemampuan stabilitas awal kapal. Pada dasarnya semakin besar nilai GMT maka, semakin besar kemampuan kapal untuk kembali menegak setelah terkena gaya dari luar. Pada peraturan ini ditetapkan bahwa nilai GMT awal kapal tidak boleh kurang dari sama dengan 0,15 m.

Tabel 3. 9 Nilai GMT Minimum

Kondisi	GMT Minimum	
	MT Arcturus	Status
1	3,598	Pass
2	3,891	Pass
3	31,461	Pass
4	2,299	Pass

Tabel 3.9 menunjukkan hasil perbandingan antara analisa stabilitas kapal MT Arcturus yang diperoleh dengan software maxsurf stability dengan standar IMO sebagai acuan standar dalam perancangan kapal. Pada tabel ini ditampilkan nilai GMT yang merupakan nilai kemampuan awal kapal dalam kembali menegak setelah miring dikarenakan gaya eksternal. IMO sebagai standar perancangan menetapkan nilai GMT awal kapal minimal 0,15 m. Dalam tabel terlihat bahwa empat kondisi yang dianalisa dengan software maxsurf stability memiliki nilai lebih dari standar IMO yang telah ditetapkan, nilai GMT yang semakin tinggi menunjukkan stabilitas kapal yang semakin baik [21]. Hal ini menunjukkan stabilitas kapal MT Arcturus yang tergolong sangat baik, dilihat dari nilai GMT pada empat kondisi tersebut.

KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengolah data kapal MT Arcturus, yang berupa ukuran utama kapal dan rancangan umum kapal dengan tujuan memperoleh data kurva GZ yang dapat menggambarkan keadaan stabilitas kapal. Data tersebut menjadi acuan untuk membuat model 3D yang hasilnya akan dianalisa dengan software maxsurf stability dengan membaginya dalam empat kondisi berbeda. Hasil dari penelitian ini diperoleh bahwa:

1) Kurva GZ stabilitas kapal MT Arcturus menunjukkan nilai positif hingga kemiringan 70° untuk keempat kondisi yang telah ditentukan. Hal ini menunjukkan kemampuan stabilitas kapal yang baik.

2) Stabilitas kapal MT Arcturus dinyatakan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan IMO, kecuali pada kondisi 3 mengenai nilai GZ maksimum.

Penelitian ini telah merangkum mengenai kemampuan stabilitas kapal MT Arcturus yang adalah jenis oil tanker 10850 DWT. Hasil dari penelitian dapat dijadikan acuan dan referensi dalam proses perancangan kapal serupa. Penelitian lebih lanjut tetap butuh untuk dilakukan,

terutama mengetahui bahwa penelitian stabilitas tidak terbatas pada intact stability, namun ada damaged stability. Maka saran penulis untuk dilakukan penelitian lebih lanjut terutama berfokus pada stabilitas pada saat mengalami tabrakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Forsyth, C.J. 1991. Factors affecting tanker safety. *Policy Manag*, **18**(4)
- [2] Jung, S. K., M., I. Roh, and K. S. Kim. 2018. Arrangement method of a naval surface ship considering stability, operability, and survivability. *J. Ocean Engineering*, **152**(1): 316-333.
- [3] Eliopoulou, E., A. Alisafaki, A. Papanikolaou. 2023. Statistical analysis of accidents and review of safety level of passenger ships. *J. of Marine Scie. And Eng.* **11**(2).
- [4] Bačkalov I, B., Bulian, and J. Cichowicz. 2016. Ship stability, dynamics and safety: status and perspectives from are view of recent. *Ocean Engineering*, **116**: 312-349.
- [5] Dianiswara, A. 2023. Evaluasi *intact stability offshore support vessel A.H.T.S. Kittiwake* milik PT Baruna Raya Logistik ketika mentransport muatan ke Offshore Platform. *Zona Laut Jurnal Inovasi Sains dan Teknologi Kelautan*, **4**(3): 219–226
- [6] Wang, Z., Y. Liu, S. Chen, Y. Wang, Z. Wang, and M. Huang. 2024. Structural design of the acrylic vessel for the Jinping Neutrino Experiment. *Journal of Instrumentation*, **19**(7).
- [7] Yudo, H., W. Amiruddin, and M. Guna. 2022. The fixed baffle effect analysis to filling tanks variation on the stability of 4999 DWT tankers. *JMEST*. **2**(3): 72-78.
- [8] Nitonye S., C. Feniobu, and N. B. O. Eragbai. 2023. Floodable length analysis of a container vessel using computer aided design. *Global. J. Eng. Technol. Adv.* **14**(3): 84-98.

- [9] Samian Y., and A. N. A. M. Shah. 2021. The effect of hull elongation to the vessel's performance for small ship. *JTSE*. **5**(1)
- [10] Andi ana Humaerah Amran, "stabilitas Kapal" 2023, PT Mafy Media Literasi Indonesia, Solok, hal. 1.
- [11] Firdhaus, A. 2023. IMO-Compliant analysis of the large angle stability to chemical taners during the loading and unloading liquid caustic soda. *JRM*. **14**(3): 891-900.
- [12] Amiadji, A., S. Sunarsih, and A. N. Rizaldi. 2019. Development of marine loading and unloading system for ro-ro vessel. *IJEMJR*.**4**(3)
- [13] Kusuma, C. 2023. Stealth Fast Attack Vehicle (SFAV) 18 meters using numerical method as coastal patrol vessel. *IJOCE*. **7**(1)
- [14] Pratama, A., A. R. Prabowo, and T. Tuswan. 2023. Fast patrol boat hull design concepts on hydrodynamic performances and survivability evolution. *J. Appl. Eng Science*.
- [15] Santoso B, N. Abdurahman, dan Sarwoko. 2016. Analisis teknis stabilitas LCT 200 GT. *Jurnal Rekayasa Mesin*. **11**(1).
- [16] Setiawan, D. E., B. Hascaryo, F. Purwangka, V. Rumanti, A. Purbayanto, and B. Wibowo. 2024. Design of Solar Powered Cooling Engine For Fishing Vessel \leq 5 GT. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, **9**(2): 225-232.
- [17] Aborgela, T., A. S. Shehata, M. A. Kotb, and A. Radwan. 2022. Heavy lift semi-submersible ships utilization in offshore wind turbines industry. *Energy Reports*, **8**(1): 834-847.
- [18] Riadi, A., and A. Kurniawan. 2024. Optimizing pioneer vessel efficiency: empirical insights and mini-container integration in remote maritime transport. *Journal of Maritime Research*, **21**(2): 103-109.
- [19] Pamikiran, R. D. C., K. W. Masengi, F. E. Kaparang, H. V. Dien and S. B. Pratasik.. 2020. Stability Of redesigned hull line of manado prototype purse seine vessel. *International Journal of Scientific & Technology Research*. **9**(12): 159-163.
- [20] Wen, P., and A. Fadilah. 2022. The effect of trim on stability and seakeeping of tanker, container, and bulk carrier. *in: IOP Conference Ser: Eartch Environ. Sci*.
- [21] Wu, W., Y. B. Yang, and J. Zang. 2018. Study on striking ship with loading impact on the performance of the double hull oil tanker collision. *Polish Maritim Research*. **25**(1): 42-45.