



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Stabilitas Kapal Kontainer 25000 DWT Rute Perairan Surabaya - Kobe

Indrajati Restu Ladosa¹⁾, Andi Trimulyono¹⁾, Samuel¹⁾

¹⁾Laboratorium Teknologi Hidrodinamika Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
e-mail : forsch@students.undip.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis stabilitas kapal kontainer MV Barakallah dengan kapasitas 25.000 DWT pada rute perairan Surabaya-Kobe, berdasarkan standar IMO Code A.749(18) Chapter 3. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data primer dan sekunder, pemodelan ulang kapal menggunakan software Maxsurf Modeler, serta analisis stabilitas dengan Maxsurf Stability. Analisis dilakukan pada tujuh kondisi pembebanan yang mencakup variasi tingkat muatan dan pengisian tangki. Hasil menunjukkan bahwa ketujuh kondisi memenuhi standar IMO, sementara tiga kondisi, yaitu kondisi 1, 2, dan 3 tidak memenuhi kriteria stabilitas pada kriteria angel of heel karena tidak memenuhi syarat minimal nilai dari angel of heel pada standar IMO. Perbedaan hasil antara analisis menggunakan Microsoft Excel dan Maxsurf Stability menunjukkan pentingnya verifikasi metode perhitungan. Penelitian ini menekankan perlunya memperhatikan distribusi muatan, pengaturan ballast, dan desain sistem stabilitas untuk meningkatkan keselamatan operasional kapal. Temuan ini dapat menjadi acuan dalam perancangan kapal kontainer yang aman dan efisien sesuai standar internasional.

Kata Kunci : Kapal Kontainer, Stabilitas Kapal, Analisis Stabilitas, Standar IMO, Maxsurf Stability

1. PENDAHULUAN

Sumber daya perdagangan nasional maupun internasional telah mengalami pertumbuhan yang cukup pesat dalam beberapa tahun terakhir. Indonesia yang dikenal sebagai negara maritim yang artinya memiliki wilayah laut yang luas, memberikan potensi lautan yang begitu 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 kontainer. Kapal jenis kontainer merupakan kapal yang dirancang untuk mengangkut peti kemas melalui suatu jalur pelayaran. Keberadaan kapal ini sangat penting untuk memenuhi ekonomi, logistik, serta kehidupan

sehari - hari.

Kontainerisasi, atau pengangkutan peti kemas telah menjadi bagian yang cukup dominan dalam dunia perdagangan internasional dan transportasi laut. Peti kemas adalah container yang dirancang untuk pengangkutan barang dalam jumlah yang besar. Ada beberapa ukuran dan tipe untuk peti kemas itu sendiri, seperti 40 kaki, dan 45 kaki, serta ada container khusus untuk barang tertentu seperti barang proyek, bahan perusahaan, dan barang konsumen sebagai penunjang dalam kebutuhan kehidupan sehari - hari, maupun dalam bidang industri. Dengan demikian peti kemas telah menjadi sarana penting dalam dunia perdagangan nasional maupun internasional dan transportasi laut modern dalam menyediakan solusi yang efisien, aman dan terpadu untuk pengangkutan barang. 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. Kapal kontainerpun 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. Perhitungan stabilitas 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 pengejaran serta pengangkutan barang, terutama terhadap keselamatan kapal dan juga efisiensi pergerakannya. Dalam proses perancangan kapal yang baik, bila ingin menciptakan kapal jenis kontainer 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 kontainer. Perancangan ini akan disesuaikan dengan tujuan kapal, ukuran utama kapal, serta jalur pelayarannya. Penelitian ini akan berfokus pada nilai stabilitas pada kapal tersebut sembari tetap mengacu pada IMO.

Penelitian yang berfokus pada nilai stabilitas kontainer ini diharapkan dapat memberi gambaran baru mengenai pentingnya memperhatikan kedua aspek tersebut sejak proses perancangan awal kapal. Nilai stabilitas kapal juga akan berpengaruh dari jalur pelayarannya. Dengan menganalisis lebih dalam keadaan kapal MV Barakallah diharapkan mengetahui dengan pasti nilai stabilitas tersebut serta mengetahui tingkat keselamatan rancangan kapal tersebut yang telah disesuaikan juga dengan karakteristik dari gelombang pada jalur perairan kapal tersebut. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan untuk proses perancangan kedepannya serta dapat memberi saran ataupun rekomendasi terhadap keadaan kapal yang telah ada.

Berdasarkan latar belakang dan pokok permasalahan yang ada, diambil rumusan masalah sebagai berikut. Bagaimana nilai stabilitas kapal MV Barakallah jenis container, dan Bagaimana

nilai stabilitas yang sesuai menurut standa IMO untuk kapal.

Batasan masalah yang digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir sehingga sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan. Adapun batasan permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah perancangan dan analisa kapal menggunakan software *Maxsurf Modeler*, dan *Autocad*. Dan analisa sebatas stabilitas kapal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa nilai stabilitas kapal MV Barakallah, dan untuk menganalisa nilai stabilitas kapal sesuai dengan standar IMO untuk kapal MV Barakallah

2. METODE

2.1. Umum

Sebuah karya ilmiah yang baik sejatinya memiliki tahapan penelitian yang baik dan runtut, serta berdasarkan data yang tepat. Metodologi penelitian merupakan tahapan penelitian yang menjelaskan secara runtut tahapan proses penelitian tersebut, mulai dari identifikasi permasalahan, pembahasan mengenai data yang riil yang dibutuhkan hingga proses serta cara analisa dan pembahasan penelitian tersebut.

2.2. Object Penelitian

Tabel 1. *Principal Dimension kapal MV Barakallah*

No	Dimensi Kapal	Unit
1	<i>Length overall</i> (LOA)	197,6 m
2	<i>Length waterline</i> (LWL)	190,7 m
3	<i>Length between perpendicular</i> (LPP)	181,7 m
4	<i>Breadth</i> (B)	28,02 m
5	<i>Height</i> (H)	14,01 m
6	<i>Draft</i> (T)	9,94 m
7	<i>Dead weight</i>	25000 ton
8	<i>Service speed</i> (Vs)	16,5 knot

Kapal kontainer merupakan kapal yang dirancang secara khusus untuk pengangkutan barang berupa peti kemas melalui laut atau perairan. Kapal ini akan berlabuh dari suatu pelabuhan muat ataupun langsung pelabuhan produksi menuju ke pelabuhan bongkar lainnya. Dalam proses perancangannya kapal kontainer harus memenuhi persyaratan khusus yang dibuat untuk tujuannya. Secara umum persyaratan ini ada karena dibutuhkan penanganan khusus ketika mengangkut jenis muatannya. Object yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah kapal MV Barakallah dengan

ukuran 25000 Dwt untuk rute perairan Surabaya – Kobe. Sebelum dilakukan penelitian, diperlukan data *principal dimension* dan *lines plan* dari kapal MV Barakallah. Berikut adalah data *principal dimension* dari kapal MV Barakallah.

2.3. Stabilitas Kapal

Stabilitas merupakan kemampuan sebuah kapal untuk kembali memposisikan keadaanya ke posisi semula setelah menerima gaya - gaya dari luar. Menurut Womack dan Johnson, pada dasarnya stabilitas adalah kemampuan sebuah objek yang mengapung untuk kembali ke posisi tegak awalnya setelah mengalami gangguan dari gaya lain disekitarnya. Dalam dunia kapal terutama kontainer sendiri, stabilitas yang dimaksud merupakan kemampuan kapal untuk kembali ke posisi tegak awalnya setelah menerima berbagai gaya luar, seperti angin, ombak, ataupun gaya yang muncul dari proses operasi pengangkutan barang. Satu - satunya kapal dianggap tegak pada titik nya adalah ketika berada di dock kapal ataupun tepat sebelum kapal diluncurkan untuk pertama kalinya. Dalam proses perancangan kapal, maka nilai stabilitas kapal akan sangat diperhitungkan, hal ini karena berpengaruh juga pada keselamatan kapal ketika beroperasi pengangkutan barang ataupun sekedar berlayar. Kapal yang dirancang dengan haruslah melalui uji dan dinyatakan stabil, kontainer yang stabil merupakan kapal yang memiliki nilai stabilitas yang cukup untuk menghadapi gaya dari luar yang umumnya muncul dari keadaan cuaca di laut ataupun dalam proses pengangkutan barang.. Sementara kapal dinyatakan tidak stabil ketika tidak memiliki nilai stabilitas yang cukup untuk menghadapi gaya dari luar yang muncul dari keadaan cuaca pada jalur pelayarannya dan juga gaya yang muncul dari proses pengangkutan barang.

Banyak faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas pada kapal, secara gampangnya faktor yang mempengaruhi tersebut dibagi menjadi faktor eksternal dan faktor internal. Faktor internal yang dimaksudkan berhubungan dengan berbagai hal yang berada atau berasal dari kapal itu sendiri, hal ini termasuk ukuran kapal, pembagian sekat, serta material pembuatan kapal itu sendiri. Hal ini juga menunjukkan bahwa nilai stabilitas kapal wajib diperhitungkan bahkan ketika proses perancangan kapal, sedari awal ketika proses perancangan tersebut sudah dapat terlihat keadaan stabilitas kapal yang sedang dirancang. Faktor Eksternal yang dimaksudkan adalah faktor dari luar yang mampu mempengaruhi keseimbangan kapal itu sendiri, seperti kondisi alam tempat kapal berlayar. Pembahasan mengenai stabilitas kapal secara umum akan dipengaruhi oleh tiga titik, yaitu titik berat

kapal (G), titik tekan (B), dan titik metasentra (M).

2.3.1 Titik Berat

Merupakan titik tangkap dari resultan gaya berat yang terjadi pada sebuah kapal, letak titik ini akan berkaitan erat dengan rancangan konstruksinya. Arah dari titik berat adalah tegak lurus kebawah, ketika kapal pada posisi tegak titik berat terletak pada bidang simetris kapal yaitu bidang yang dibuat melalui linggi depan, linggi belakang dan lunas kapal. Titik berat ini akan dapat berpindah bila terjadi perubahan beban di atas kapal. Tinggi titik berat di atas lunas (KG) dapat dirumuskan dengan formula:

$$KG = KM - MG \quad (1)$$

2.3.2 Titik beban/Buoyancy (B)

Merupakan titik tangkap resultan semua gaya tekan ke atas air yang bekerja pada kapal yang sedang mengapung di dalam air. Letak dari titik tekan ini akan terus berubah - ubah mengikuti kemiringan kapal ketika berlayar. Sebagai contohnya bila kapal sedang dalam keadaan miring condong ke sisi kiri maka titik tekan ini akan ikut berpindah ke arah kiri begitu pula sebaliknya, hal ini disebabkan berpindahnya sisi kapal yang terbenam dalam air maka titik tekannya juga akan ikut berpindah. Fenomena ini juga akan berpengaruh pada stabilitas kapal, perpindahan titik tekan akan mengakibatkan berubahnya nilai stabilitas kapal tersebut. Perhitungan tinggi titik apung di atas lunas (KB) dapat menggunakan formula:

$$KB = Dx \left(\frac{Cw}{Cb} + Cb \right) \quad (2)$$

Dx = serat kapal (m)

Cw = koefisien garis air

Cb = koefisien blok

2.3.3 Titik Metasentra (M)

Merupakan titik putus yang busur ayunannya adalah lintasan yang dilalui oleh titik tekan kapal. Titik ini juga dapat berubah - ubah mengikuti kemiringan kapal, semakin tinggi sudut kemiringan kapal maka semakin jauh perpindahan dari titik metasentra. Tinggi titik metasentra secara melintang ataupun memanjang terdahap lunas kapal dapat dinyatakan dengan rumus:

$$KM = KB + BM \quad (3)$$

$$KML = KB + BML \quad (4)$$

Secara sederhana stabilitas kapal dapat diketahui dengan melihat ketiga titik di atas, nilai terpenting yang perlu diketahui adalah momen penegak yaitu kemampuan kapal untuk kembali ke

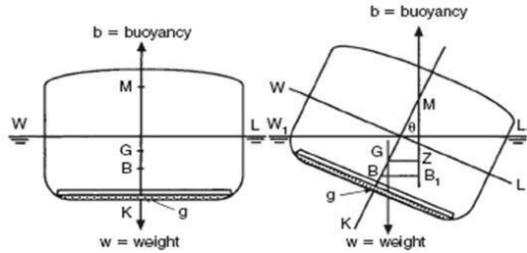
posisi tegaknya, yang mana dapat dihitung dengan formula:

$$RM = W \times Gz \quad (5)$$

RM = momen penegak

W = berat kapal

Gz = lengan kopel



2.4. Spektrum Gelombang

Selama masa berlayar gerakan kapal sangat berhubungan dengan keadaan laut, terutama konsep stabilitas serta kemampuan olah gerak kapal akan sangat dipengaruhi oleh gelombang laut. Gelombang laut muncul dari adanya angin yang bertiup, secara sederhana gelombang laut akan semakin besar bila angin yang bertiup juga besar. Mengetahui fakta begitu besar pengaruh dari gelombang laut terhadap gerakan dan stabilitas kapal, maka dalam proses perancangannya kita perlu mengetahui terlebih dahulu karakteristik atau keadaan gelombang tempat kapal itu berlayar, secara ilmiah kita perlu meneliti terlebih dahulu konsep spektrum gelombang. Pada dasarnya spektrum gelombang merupakan distribusi energi dari gelombang yang mana di telaah pada suatu waktu dan arah. Kecepatan dari sebuah gelombang bertambah bersama dengan panjang dari gelombang itu sendiri, sehingga umumnya kita dapat mengetahui keberadaan sebuah badai dari meningkatnya energi pada gelombang laut pada suatu periode. Spektrum gelombang ini membantu kita dalam mengetahui karakteristik dari gelombang pada suatu daerah perairan. Data mengenai bentuk spektrum gelombang laut dapat digunakan untuk mengetahui periode puncak gelombang dan panjang gelombang. Terdapat beberapa model untuk spektrum gelombang sendiri, umumnya digunakan formula model spektrum *Pierson-Moskowitz*, model *Bretschneider*, model *ISSC*, dan model *Jonswap*. Berdasarkan Subrata (2005) setiap model spektrum gelombang tersebut memiliki parameter tersendiri yang dibutuhkan.

2.4.1 Spektrum Pierson-Moskowitz

Pada teori ini dinyatakan bahwa gelombang akan memiliki nilai keseimbangan dengan angin

dikala angin berembus pada waktu dan luasan tertentu. Teori muncul bersamaan dengan percobaan yang dilakukan pada laut atlantik utara, dengan mengukur gelomban menggunakan *accelerometer* dalam kurun waktu tertentu. Spektrum ini menggunakan satu parameter utama yaitu frekuensi awal. Dalam konteks spektrum ini, maka hubungan antara frekuensi awal dengan tinggi gelombang dapat dirumuskan :

$$\omega_0 = \frac{0,163H_s}{g} \quad (6)$$

Selain itu, model spektrum ini dapat dideskripsikan juga dengan paramater kecepatan angin rata-rata, dimana jika dihubungkan dengan frekuensi awal maka akan dapat dirumuskan:

$$\delta = H_s^{\frac{1}{3}} = \sqrt[4]{M_0} \quad (7)$$

2.4.2 Spektrum Jonswap

Teori spektrum gelombang yang dikembangkan oleh *Joint North SeaWave Project* ini banyak digunakan dalam dunia industri kelautan. Sejatinya spektrum *jonswap* menggunakan 5 parameter, namun umumnya hanya 2 saja yang didapatkan dari metode ini, yaitu frekuensi awal serta tinggi gelombang signifikan. Penggunaan spektrum ini dianggap cukup signifikan, karena dikembangkan dengan memakai pertimbangan dari pertumbuhan gelombang pada *limited fetch* dan pengurangan kecepatan gelombang pada laut dangkal.

2.5. Materi Penelitian

Materi penelitian yang dimaksudkan merupakan data - data yang bersifat primer maupun sekunder, serta berbagai teori dan referensi yang akan menjadi dasar dalam proses penelitian ini

2.5.1 Data – data Penelitian

a. Data primer

Data yang dibutuhkan meliputi *Principal Dimension* dari kapal MV Barakallah dan rencana umum dari Kapal MV Barakallah

b. Data Sekunder

Data yang dimaksudkan merupakan data pendukung yang dapat diperoleh dari berbagai jurnal, buku, serta penelitian sebelumnya.

2.5.2 Teori dan Referensi Penelitian

Teori serta referensi yang digunakan sebagai dasar dari pengolahan dan analisa data penelitian diantaranya, tinjauan kapal container, teori

stabilitas kapal, dan *Manual Book* dari beberapa *Software* yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, *Autocad dan Maxsurf*.

2.6. Pengumpulan Data

Dalam pengambilan data, metode yang digunakan antara lain :

a. Data primer

Data primer diperoleh dari wawancara dengan pemilik kapal dan perancang kapal dari MV Barakallah

b. Data sekunder

Sebagai data pendukung serta penunjang dalam menganalisis permasalahan dalam penelitian ini, data sekunder didapati dari studi literatur sebagai referensi yang berhubungan. Sumber dari referensi ini berupa buku, artikel, penelitian, dan jurnal yang berhubungan dengan karakteristik kapal container terutama stabilitas.

2.7. Analisa dan Pengolahan Data

Proses analisa serta pengolahan data akan dilakukan dengan tahapan berikut :

a. Penggambaran Ulang Rancangan Kapal

Setelah memperoleh data mengenai ukuran utama kapal, maka perlu dilakukan penggambaran ulang mengenai rancangan kapal MV Barakallah. Rancangan yang dibutuhkan yaitu gambar rencana garis serta rancangan umum dari setiap kapal yang dianalisa.

b. Pemodelan Kapal

Setiap data kapal kontainer yang diperoleh akan dibuatkan model 3D dengan *Software Maxsurf*

c. Analisa Stabilitas Kapal

Hasil pemodelan kapal akan dimasukan ke software untuk menganalisa stabilitas kapal tersebut. *Software Maxsurf Stability* khusus stabilitas kapal akan digunakan untuk menganalisa setiap model kontainer dengan beberapa kondisi muatan kapal.

d. Verifikasi Hasil Analisa

Hasil dari analisa model kapal baik stabilitas kapal berikutnya harus melalui fase verifikasi dengan menggunakan metode analitik. Verifikasi diperlukan untuk memastikan hasil dari analisis stabilitas sehingga hasil yang diperoleh dalam penelitian ini semakin sesuai dan relevan.

e. Kesimpulan Hasil

Hasil akhir dari penelitian ini akan mengacu dalam menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan. Pada akhir penelitian maka akan diperoleh bentuk rancangan kapal serta model 3D. Hasil analisa berupa nilai stabilitas kapal MV Barakallah yang akan dibandingkan dengan standar IMO. Seluruh bagian dari hasil penelitian ini akan diringkas dalam kesimpulan akhir.

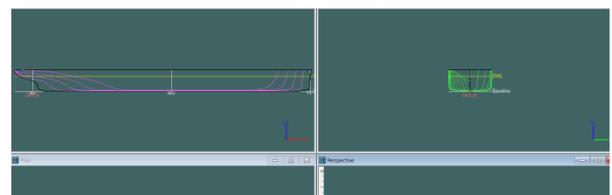
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Permodelan Kapal

Permodelan kapal menggunakan *Software Maxsurf Modeller* dengan menggunakan Lines Plan sebagai acuan untuk permodelannya. Kemudian dilakukan perbandingan antara lines plan model 3D dengan lines plan asli. Dengan tujuan untuk memastikan bahwa model 3D mempunyai keakuratan untuk dijadikan sebagai acuan dalam pembuatan model 3D dan analisa menggunakan *Software*.

3.2. Hasil Analisis Stabilitas

Analisis stabilitas menggunakan *Software*



Gambar 2. Model 3D kapal MV Barakallah



Maxsurf Stability. Hasil dari analisis kapal kontainer MV Barakallah dengan 7 kondisi pembebanan memenuhi standar kriteria *IMO (International Maritime Organization) Code A.749(18) Ch.3 design criteria applicable to all ships* dengan data sebagai berikut :

Tabel 2. Kriteria IMO A749(18) Ch.3

Kode	Kriteria	Limit	Kondisi		Units
			1	2	
749(18) A ch. 3	Area 0 to 30	3.1513	25.0840	19.0044	m.deg
749(18) A ch. 3	Area 0 to 40	5.1566	35.7940	25.4866	m.deg
749(18) A ch. 3	Area 30 to 40	1.7189	10.7099	6.4823	m.deg
749(18) A ch. 3	Max GZ at 30 or greater Angle of maximum GZ	0.200	1.131	0.767	m
749(18) A ch. 3	Initial GMt	25.0	24.5	21.8	deg
749(18) A ch. 3		0.150	4.174	3.208	m

Tabel 3. Kriteria IMO A.749(18) Ch.3

Kode	Kriteria	Limit	Kondisi			Units
			1	2	3	
749(18)	Area 0 to 30	3.151	5	6	7	m.deg
749(18)	Area 0 to 30	3.151	55.084	27.373	63.7921	m.de
749(18)	Area 0 to 30	3	4	4	40.1353	m.deg
749(18)	Area 0 to 40	5.156	85.879	39.673	104.702	m.de
749(18)	Area 30 to 40	1.7189	7.2422	12.8325	0	m.deg
749(18)	Area 30 to 40	1.718	30.794	12.300	40.9099	m.de
749(18)	Max GZ at 30 or greater	0.200	0.822	1.325		m
749(18)	Angle of maximum GZ	0.200	3.141	1.264	4.347	m
749(18)	Angle of maximum GZ	25.0	21.8	26.4		deg
749(18)	Initial GMt	0.150	3.591	4.199		m
749(18)	Initial GMt	0.150	8.228	4.604	8.682	m

Tabel diatas menunjukkan hasil analisis sesuai dengan kriteria IMO A.749 Ch.3 yaitu area dibawah *Righting lever curve* (kurva GZ) tidak boleh kurang dari 0,055 m.rad atau 3,151 m.deg hingga 30° dan tidak boleh kurang dari 0,09 m.rad atau 5,157 m.deg hingga 40°, serta area dibawah *Righting lever curve* (kurva GZ) antara 30° dan 40° tidak boleh kurang dari 0,03 m.rad atau 1,719 m.deg. *Righting lever curve* (kurva GZ) minimal harus 0,2 m paada *angle of heel* sama dengan atau lebih besar dari 30°. *Righting lever curve* (kurva GZ) maksimal harus terjadi pada *angle of heel* tidak kurang dari 25°. ketinggian metasentrik tidak boleh kurang dari 0,150 m. Hasil analisis kriteria untuk kondisi 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 dinyatakan (*Pass*) memenuhi standar persyaratan *IMO*. Tetapi pada kondisi 1, 2, dan 3 untuk *angle of heel maximum GZ* dinyatakan (*Fail*) tidak memenuhi standar persyaratan *IMO*, karena nilai maksimum GZ kurang dari 25.0 m.deg yaitu 24.5 deg dan 21.8 deg. Dengan maksimum nilai GZ terdapat pada kondisi 7 senilai 43.6 deg.

Analisis stabilitas kapal menggunakan *Software Maxsurf Stability*. Analisis dilakukan dengan maengacu pada 7 kondisi. Dari hasil *Running* pada *Software Maxsurf Stability* didapatkan grafik LC diagram.

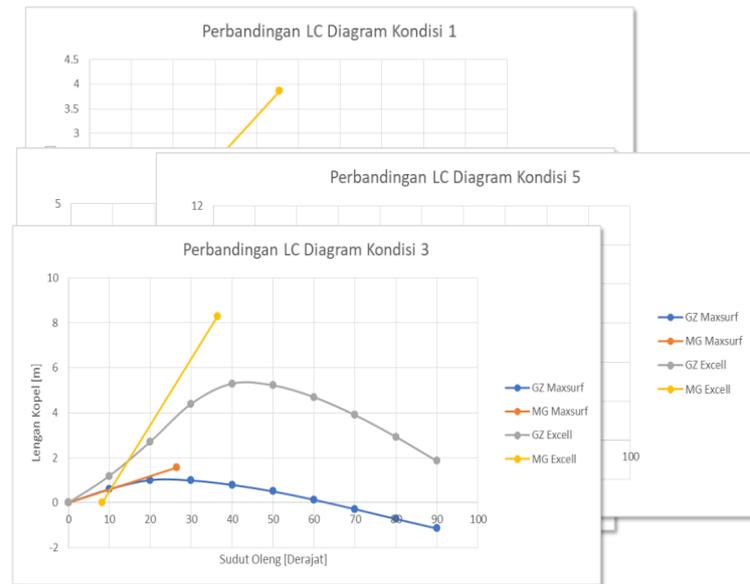
Berikut adalah grafik LC diagram dari kondisi 1 dimana muatan kapal, bahan bakar, pelimas, *diesel oil*, persediaan air bersih, tangki ceruk haluan, dan tangki ceruk buritan terisi 100%. Untuk tangki *Ballast* tidak terisi sama sekali (0%)

Dari grafik LC diagram pada kondisi 1 yang ada pada gambar, didapatkan bahwa titik GZ maksimum terletak pada sudut antara 20° dan 30°. Pada sudut 80° nilai GZ telah menjadi negatif.

Dan untuk analisis kriteria pada gambar bahwa hasil perhitungan analisis stabilitas antara perhitungan dengan menggunakan *Microsoft excel* dan dengan perhitungan menggunakan *Software Maxsurf Stability* semuanya dinyatakan memenuhi kriteria (*Pass*).

Selanjutnya adalah analisis stabilitas kapal pada kondisi 2, diamana muatan kapal terisi 100%, bahan bakar kapal, pelumas, *diesel oil*, persediaan air bersih, tangki ceruk haluan, dan tangki ceruk buritan terisi 70%, sedangkan untuk tangki *Ballast* tidak terisi sama sekali (0%).

Dari grafik LC diagram pada kondisi 2 yang ada pada gambar, didapatkan bahwa titik GZ



maksimum terletak pada sudut antara 20° dan 30°. pada sudut 60° nilai GZ telah menjadi negatif. Untuk perhitungan analisis menggunakan *Microsoft Excel* dan menggunakan *Software Maxsurf Stability* semuanya dinyatakan memenuhi kriteria (*Pass*).

Gambar 5. Perbandingan LC diagram kondisi 3

Selanjutnya adalah analisis stabilitas kapal pada kondisi 3, dimana muatan kapal terisi 100%, bahan bakar kapal, pelumas, *diesel oil*, persediaan air bersih, tangki ceruk haluan, dan tangki ceruk buritan terisi 30%, sedangkan untuk tangki *Ballast* tidak terisi 100%.

Kemudian dari grafik LC diagram pada gambar 5 didapat bahwa kapal memiliki titik tertinggi nilai GZ pada sudut antara 20° dan 30°. Dan untuk perhitungan analisis stabilitas kapal pada kondisi 3 antara perhitungan menggunakan *Microsoft Excel* dengan perhitungan menggunakan *Software Maxsurf Stability* dinyatakan memenuhi kriteria (*Pass*)

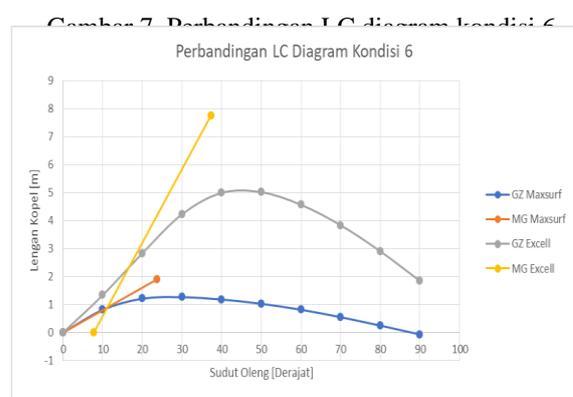


Selanjutnya adalah analisis stabilitas kapal pada kondisi 4, di mana muatan kapal terisi 100%, bahan bakar kapal, pelumas, *diesel oil*, persediaan air bersih terisi 100%, tangki ceruk haluan, dan tangki ceruk buritan terisi 0%, dan tangki *Ballast* terisi 0%.

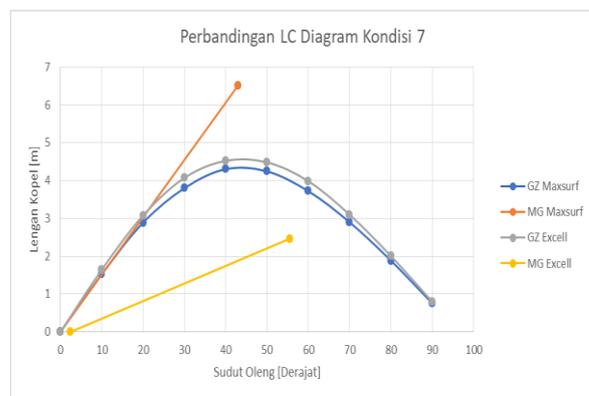
Kemudian dari grafik LC diagram pada kondisi 4, didapatkan bahwa titik maksimum GZ terletak pada sudut 30°, dan pada sudut 80° nilai GZ telah menjadi negatif. Dan pada perhitungan analisis kapal pada kondisi 4 perhitungan menggunakan *Microsoft Excel* dengan perhitungan menggunakan *Software Maxsurf Stability* dinyatakan memenuhi kriteria (*Pass*).

Tabel diagram LC pada analisis stabilitas kapal kondisi 5 menunjukkan titik maksimum GZ terletak pada sudut 40°, dan pada sudut 90° telah menjadi negatif. Perhitungan analisis stabilitas kapal pada kondisi 5 ini dinyatakan (*Pass*) memenuhi syarat kriteria. Analisis stabilitas kapal pada kondisi 5, di mana muatan kapal terisi 0% atau kosong, bahan bakar kapal, pelumas, *diesel oil*, persediaan air bersih terisi 50%, tangki ceruk haluan, dan tangki ceruk buritan terisi 0%, dan

Gambar 6. Perbandingan LC diagram kondisi 5



Analisis stabilitas kapal pada kondisi 6 dimana muatan kapal, bahan bakar kapal, pelumas, *diesel oil*, persediaan air bersih terisi 100%, tangki ceruk haluan, dan tangki ceruk buritan terisi 0%, dan tangki *Ballast* terisi 100%. Kemudian dari grafik LC diagram pada analisis stabilitas kapal kondisi 6 nilai GZ memiliki titik tertinggi pada sudut 30°, dan pada sudut 90° nilai GZ telah menjadi negatif. Analisis stabilitas menggunakan *Microsoft Excel* dan *Software Maxsurf Stability* keduanya dinyatakan memenuhi kriteria (*Pass*).



Gambar 9. Perbandingan LC diagram kondisi 7

Analisis stabilitas kapal pada kondisi 7 memiliki titik maksimum GZ yang terletak pada sudut antara 40° dan 50° pada sudut 90° nilai GZ belum menjadi negatif, yang dimana analisis stabilitas kapal pada kondisi 7 ini terisi dengan muatan 0% atau kosong, sedangkan bahan bakar kapal, pelumas, *diesel oil*, persediaan air bersih, tangki ceruk haluan, tangki ceruk buritan, dan tangki *Ballast* terisi 100%. Analisis stabilitas menggunakan *Microsoft Excel* dan *Software Maxsurf Stability* keduanya dinyatakan memenuhi kriteria (*Pass*).

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berfokus pada analisis nilai stabilitas kapal kontainer MV Barakallah dengan

membandingkan hasil perhitungan stabilitas kapal terhadap standar yang ditetapkan oleh *IMO (International Maritime Organization)*, khususnya dalam hal peraturan stabilitas kapal yang diatur dalam *IMO Code A.749(18) Chapter 3*. Hasil analisis stabilitas kapal berdasarkan tujuh kondisi berbeda menunjukkan beberapa temuan penting:

Kesesuaian dengan Standar IMO dari tujuh kondisi pembebanan yang diuji memenuhi standar stabilitas IMO, dengan hasil stabilitas kapal yang positif dan nilai GZ (*Righting Lever*) yang mencukupi untuk memastikan kapal dapat kembali ke posisi tegak setelah terpengaruh oleh gaya luar seperti angin dan ombak.

Kondisi yang tidak memenuhi Standar menunjukkan bahwa kapal tidak dapat kembali ke posisi tegak setelah mengalami oleng. Hal ini menunjukkan adanya potensi risiko keselamatan yang tinggi pada kondisi tersebut. Selain itu, pada kondisi 1, 2, dan 3 meskipun kapal memenuhi sebagian besar kriteria, nilai maksimum GZ sedikit lebih rendah dari standar IMO yang mengharuskan nilai maksimum GZ berada pada 25° dengan minimal GZ sebesar 0,2 meter.

Perbandingan hasil perhitungan hasil perhitungan stabilitas kapal menggunakan *Microsoft Excel* dan *Software Maxsurf Stability* secara umum menunjukkan kesesuaian, meskipun terdapat beberapa perbedaan hasil pada kondisi tertentu. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan software stabilitas kapal harus disertai dengan verifikasi menggunakan metode perhitungan analitik untuk memastikan akurasi dan keandalan hasil analisis.

Rekomendasi untuk Desain Kapal selanjutnya berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar perancangan kapal MV Barakallah memperhatikan peningkatan stabilitas pada kondisi tertentu, terutama untuk kondisi muatan yang rendah atau kosong, di mana kapal cenderung kehilangan stabilitas lebih cepat. Penyesuaian distribusi muatan, penambahan *ballast*, dan desain ulang sistem stabilitas dapat membantu meningkatkan keselamatan kapal dalam kondisi-kondisi tersebut.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa perhitungan stabilitas yang akurat dan sesuai dengan standar IMO sangat penting dalam perancangan kapal, terutama untuk memastikan keselamatan operasional kapal kontainer seperti MV Barakallah di jalur pelayarannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfuruqi M., A. Trimulyono, and A. F. Zakki, "Perancangan Kapal *Container* 21300 Dwt Untuk Rute Pelayaran Jakarta – Makassar", *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. XX, No X, Juni 2024.
- [2] Abizzar M. A., A. W. B. Santosa, and S. J. Sisworro, "Perancangan Kapal *Container* 4000 Teu Untuk Rute Jakarta – Shanghai", *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. 12, No. 2, April 2024
- [3] Dharmala A. P., Kiryanto, and A. W. B. Santosa, "Perencanaan Kapal *Container* 12500 Dwt Untuk Rute Pelayaran Surabaya – Banjarmasin", *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. 12, No. 03, Juli 2024
- [4] Abdurohman A., A. Trimulyono, and W. Amirudin, "Analisa Hambatan Angin Dan Stabilitas Kapal *Super Container* 18.000 Teus (*Malacca-Max*)", *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. 4, No. 1, Januari 2016
- [5] Adietya B. A., D. Chrismianto, and L. M. Fatwa, "Pengembangan Desain Hull Kapal *Container* 190 Teus Sebagai Alternatif Tol Laut Untuk Pelayaran Banyuwangi – Jakarta", *KAPAL*, Vol. 12, No. 3, Oktober 2015
- [6] Caamano L. S., M. M. Gonzalez, and V. D. Casas, "On the Feasibility of a Real Time Stability Assessment for Fishing Vessels", *Ocean Engineering*, 159, 76-87.
- [7] Bačkalov I, B. Bulian, and J. Cichowicz, "Ship Stability, Dynamics and Safety: Status and Perspectives from are View of Recent STAB Conferences and ISSW Events", *Ocean Engineering*, 116, 312-349, 2016.
- [8] Jung S. K., M. I. Roh, and K. S. Kim, "Arrangement Method of a Naval Surface Ship Considering Stability, Operability, and Survivability. *Journal Ocean Engineering*, 152, 316-333, 2018.
- [9] Marlantes, K. E., S. Kim, and L. A. Hurt, "Implementation of The IMO Second Generation Intact Stability Guidelines" *Jurnal of Marine Science and Engineering*, 10, 41, 2022.
- [10] Anggriani A. D. E., et.al. "Intact Stability Analysis of a Container Ship Due to Containers Stowage on Deck" *IOP Conf. Series: Earth and Enviromental Science*, 972, 2022.
- [11] G. W. Kayadoe, H. V. Dien, and R. D. C. Pamikiran, "Kajian tentang stabilitas KM. Surya Prima yang dibuat di Desa Borgo, Kec. Tanawangko, Kab. Minahasa," *J. Ilmu Dan Teknol. Perikan. Tangkap*, vol. 2, no. 1, pp. 19–22, 2015, doi: 10.35800/jitpt.2.1.2015.8330.
- [12] N. S. A. Shahrom et al., "Feasibility study of monsoon effect on wave power for wave energy converter in Sabah, Malaysia," *Trans. Marit. Sci.*, vol. 10, no. 2, pp. 396–403, 2021, doi: 10.7225/toms.v10.n02.w05.
- [13] D. Jin, H. L. Kite-Powell, E. Thunberg, A. R.

Solow, and W. K. Talley, "A model of fishing vessel accident probability," *J. Safety Res.*, vol. 33, no. 4, pp. 497–510, 2002, doi: 10.1016/S0022-4375(02)00050-6.

- [14] R. H. Ardiansyah, Samuel, and I. P. Mulyatno, "Analisa Stabilitas Kapal Roro Passanger 5000GT Merak-Bakauheni Dengan Variasi Lebar Dan Panjang Bilge Keel," *Tek. Perkapalan*, vol. 2, no. 3, pp. 345–351, 2014.
- [15] C. A. Adhitama, E. S. Hadi, and S. Jokosisworo, "Analisa Stabilitas Dan Olah Gerak (*Seakeeping*) Kapal Pada MV. Pan Marine Setelah Dikonversi Dari Kapal Kru Menjadi Kapal Wisata," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 07, no. 1, pp. 37–48, 2019.