

TESIS

**ANALISIS PEMINDAHAN RUANG AWAK KAPAL DARI
GELADAK KENDARAAN KE GELADAK BANGUNAN ATAS
TERHADAP STABILITAS KAPAL FERRY RO-RO**

MUSHAWWIR RAZAK

P3100216003



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2020

TESIS

**ANALISIS PEMINDAHAN RUANG AWAK KAPAL DARI
GELADAK KENDARAAN KE GELADAK BANGUNAN ATAS
TERHADAP STABILITAS KAPAL FERRY RO-RO**

MUSHAWWIR RAZAK

P3100216003



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2020

**ANALISIS PEMINDAHAN RUANG AWAK KAPAL DARI
GELADAK KENDARAAN KE GELADAK BANGUNAN ATAS
TERHADAP STABILITAS KAPAL FERRY RO-RO**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Perkapalan

Disusun dan diajukan oleh

MUSHAWWIR RAZAK

P3100216003

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

TESIS
ANALISIS PEMINDAHAN RUANG AWAK KAPAL DARI
GELADAK KENDARAAN KE GELADAK BANGUNAN ATAS
TERHADAP STABILITAS KAPAL FERRY RO-RO

Disusun dan diajukan oleh

MUSHAWWIR RAZAK

Nomor Pokok P3100216003

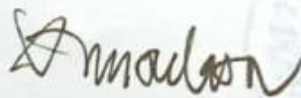
Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

Pada tanggal 13 November 2020

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

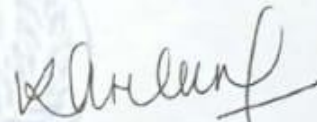
Menyetujui

Komisi Penasihat,



Dr. Ir. Syamsul Asri, MT.

Ketua



Daeng Paroka, ST.MT. Ph.D.

Anggota

Ketua Program Studi
Magister Teknik Perkapalan



Dr. Ir. Syamsul Asri, MT.

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. M. Arsyad Thaha, MT.

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : MUSHAWWIR RAZAK

Nomor mahasiswa : P3100216003

Program studi : Teknik Perkapalan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 13 November 2020

Menyatakan

MUSHAWWIR RAZAK

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa dengan selesainya tesis ini.

Gagasan yang melatari tajuk permasalahan ini timbul dari hasil pengamatan penulis terhadap banyaknya kejadian kecelakaan akibat dari cuaca buruk khusus untuk kapal kayu yang belum diatur sejak menyeluruh, Penulis bermaksud menyumbangkan beberapa masukan dan pandangan terhadap kejadian-kejadian tersebut. Banyak kendala yang dihadapi oleh penulis dalam rangka penyusunan tesis ini, yang hanya berkat bantuan berbagai pihak, maka tesis ini selesai pada waktunya. Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih kepada Dr. Ir. Syamsul Asri. MT. sebagai Ketua Komisi Penasihat dan Daeng Paroka, ST. MT. PhD. selaku anggota komisi penasihat yang telah banyak memberikan masukan mulai pengembangan minat sampai terhadap permasalahan penelitian ini, pelaksanaan penelitiannya sampai dengan penulisannya dan Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Dosen penguji Dr. Ir. Misliah Idrus. MS. Tr., Dr. Ir. Ganding Sitepu. Dipl. Ing. Dr. Eng. Suandar Baso, ST. MT. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Hj. Hasnirawati (istri tercinta), rekan-rekan mahasiswa S2 Teknik Perkapalan yang telah banyak membantu dalam rangka pengumpulan data dan informasi dan terima kasih kepada keluarga saya yang telah memberikan support yang tinggi serta teman-teman pascasarjana Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin dan terakhir ucapan terima kasih juga disampaikan kepada mereka yang namanya tidak tercantum tetapi telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini

Makassar, 13 November 2020

MUSHAWWIR RAZAK

ABSTRAK

Pemindahan ruang awak kapal dari geladak kendaraan ke bangunan atas dilakukan untuk meningkatkan kapasitas muat di geladak kendaraan akan tetapi dengan penambahan tersebut justru akan memberikan pengaruh terhadap lengan stabilitas perubahan tersebut dipengaruhi oleh perubahan titik berat, displacement, sarat, lambung timbul dan titik-titik stabilitas, sehingga perlu dievaluasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah *Benyamin* dihitung dengan bantuan program *Maxsurf stability* dan di evaluasi berdasarkan kriteria umum dan kriteria cuaca pada *Intact stability code*. Hasil yang didapatkan setelah pemindahahan ialah lengan stabilitas akan mengecil karena penambahan konstruksi pada bangunan atas membuat naiknya titik berat kapal dan penambahan tinggi sarat karena penambahan jumlah kendaraan. Perubahan lengan stabilitas lebih signifikan akibat perubahan titik berat dibandingkan dengan variable lainnya untuk KMP. Lakaan presentase kenaikan KG 28.43 % dan KMP Bahter Mas II 37.24%. Berdasarkan evaluasi untuk kriteria umum untuk kedua kapal tersebut masih memenuhi akan tetapi pada kriteria cuaca tidak memenuhi kriteria.

Kata kunci : *Ferry ro-ro*, stabilitas dan kriteria IMO

ABSTRACT

The move of the crew space from the deck of the car deck to the deck house is carried out to increase the loading capacity on the deck of the car but with the addition will instead affect the stability. The change in the stability arm of the change is influenced by changes in the center of gravity, displacement, draught, freeboard and stability points, so it needs to be evaluated. The method used in this study is that Benjamin's is calculated with the software maxsurf stability and evaluation based on general criteria and weather criteria in the Intact stability code. The results obtained after moving is that stability arm will shrink as the addition of construction on deck house makes the increase center of gravity ship and the increase in draft ship. Stability arm changes are more significant due to center of gravity compared to other variables. KMP Lakaan presentase increase KG 37.71% and KMP Bahtera Mas II 53.5%. Based on the evaluation of the general criteria for both ships still met but on the weather criteria do not meet the criteria

Keyword : Ferry ro-ro, stability and IMO criterion

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar belakang	1
B. Identifikasi masalah	3
C. Tujuan penelitian	4
D. Kegunaan penelitian	4
E. Batasan penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Gambaran umum kapal ferry	6

B. Optimasi pemilihan ukuran utama kapal	7
C. Waktu tempuh	8
D. Pemilihan tipe kapal ferry	8
E. Pengertian stabilitas	10
F. Jenis-jenis stabilitas kapal	12
G. Lengan stabilitas	16
H. Kriteria Cuaca	22
I. Software maxsurf	33
III. METODOLOGI PENELITIAN	
A. Rancangan penelitian	36
B. Lokasi dan waktu penelitian	36
C. Pengumpulan Data	36
D. Analisa Data	37
E. Kerangka alur penelitian	39
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Data kapal	40
B. Perhitungan Hidrostatik	42
C. Perhitungan lengan stabilitas pemindahan ruangan ABK Kebangunan atas KMP Lakaan (750 GT)	46
D. Perhitungan lengan stabilitas pemindahan ruangan ABK Kebangunan atas KMP Bahtera Mas II (500 GT)	55
V. PENUTUP	66
Daftar pustaka	68

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Tabel 1. IMO A.749 (18) <i>Intact Stability Code</i>	21
Tabel 2. Ukuran utama	40
Tabel 3. Data Muatan, Daya Mesin dan Kecepatan Dinas	40
Tabel 4. Hidrostatik KMP. Lakaan (750 GT)	42
Tabel 5. Hidrostatik KMP. Bahtera Mas II (500 GT)	44
Tabel 6. Akumulasi komponen berat di KMP. Lakaan sebelum Pemindahan	46
Tabel 7 . Perhitungan berat konstruksi setelah pemindahan ruang abk KMP Lakaan 750 GT	48
Tabel 8. Hasil perhitungan komponen berat di KMP. Lakaan setelah pemindahan	50
Tabel 9. Evaluasi kriteria umum Intact stability, 2008 sebelum dan setelah pemindahan ruang ABK KMP.Lakaan	52
Tabel 10. Evaluasi lengan stabilitas berdasarkan kriteria cuaca IMO	54
Tabel 11. Hasil perhitungan komponen berat di KMP. Bahtera Mas II	55
Tabel 12. Perhitungan berat konstruksi setelah pemindahan ruang abk KMP Bahtera Mas II 500 GT	58
Tabel 13. Hasil perhitungan komponen berat di KMP Bahtera Mas II setelah pemindahan	60
Tabel 14. Evaluasi kriteria umum Intact stability, 2008 sebelum dan setelah pemindahan ruang ABK KMP.Lakaan	62
Tabel 15. Evaluasi lengan stabilitas berdasarkan kriteria cuaca IMO	64

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
Gambar 1 Kapal Dalam Keadaan Trim	11
Gambar 2. Kapal Dalam Keadaan Olang	11
Gambar 3. Kondisi Kapal Dalam Keadaan Stabil	12
Gambar 4. Kapal stabil	14
Gambar 5. Kapal dalam keseimbangan netral	14
Gambar 6. Kapal dalam keseimbangan labil	15
Gambar 7. Garis kerja gaya berat dan garis kerja gaya apung	17
Gambar 8. Lengan stabilitas	19
Gambar 9. Energy balance method yang digunakan oleh Pierrottet	23
Gambar 10. Standar energy balance method	23
Gambar 11. Hubungan antara kecepatan angin dan faktor b/a	24
Gambar 12. Standar amplitudo olang <i>in the USSR's</i>	26
Gambar 13. Probabilitas kecepatan angin di selat Makassar	28
Gambar 14. Kelandaian gelombang Selat Makassar	29
Gambar 15. Koefisien Efektif Slope Gelombang	31
Gambar 16. Kerangka alur penelitian	38
Gambar 17. Rencana Garis (Lines Plan) KMP Lakaan (750 GT)	39
Gambar 18. Rencana Garis (Lines Plan) KMP Lakaan (500 GT)	40
Gambar 19. Kurva hidrostatis KMP. Lakaan (750 GT)	41
Gambar 20. Kurva hidrostatis KMP. Bahtera Mas II (500 GT)	42
Gambar 21 Kurva lengan stabilitas sebelum pemindahan ruang ABK ke bangunan atas	43
Gambar. 22. General Arrangement (Car Deck) KMP. Lakaan setelah pemindahan	44
Gambar. 23 Kurva lengan stabilitas sesudah pemindahan ruang ABK ke bangunan atas KMP. Lakaan	45
Gambar 24. Kurva evaluasi lengan stabilitas berdasarkan IMO (Sebelum)	46
Gambar 25. Kurva evaluasi lengan stabilitas berdasarkan IMO (Sesudah)	47

Gambar. 26. Kurva lengan stabilitas sebelum pemindahan ruang ABK ke bangunan atas	48
Gambar. 27. General Arrangement (Car Deck) KMP Bahtera Mas II setelah pemindahan	49
Gambar. 28 Kurva lengan stabilitas sesudah pemindahan ruang ABK ke bangunan atas KMP. Bahtera Mas II	50
Gambar 29. Kurva evaluasi lengan stabilitas berdasarkan IMO (Sebelum)	51
Gambar 30. Kurva evaluasi lengan stabilitas berdasarkan IMO (Sesudah)	52

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan keterangan
MG	<i>Metasentra Gravity</i> , Jarak antara titik berat kapal ke titik semu metasentra.
KB	<i>Keel Buoyancy</i> , Jarak antara titik apung kapal ke titik keel
KG	<i>Keel Gravity</i> , Jarak antara titik berat kapal ke titik keel
h/GZ	Lengan stabilitas, kemampuan kapal kembali ke posisi semula setelah oleng
Ms	Momen statis
Mh	Momen pengganggu
Δ	Displacement kapal, berat kapal pada saat muatan penuh dan kapal mengapung pada garis muatnya
DWT	<i>Deadweight tonnage tonnage</i> , tonase bobot mati, jumlah berat yang dapat ditampung oleh kapal untuk membuat terbenam sampai sarat.
IMO	<i>International Maritime Organization</i> , badan khusus PBB yang bertanggungjawab untuk keselamatan dan keamanan aktivitas pelayaran
GT	<i>Gross tonnage</i> , Tonase kotor : Perhitungan volume semua ruangan yang terletak dibawah geladak dan volume ruangan tertutup diatas geladak

T	Periode kapal, sejumlah waktu yang dibutuhkan oleh kapal untuk kembali ke- kapal setelah kapal miring karena gaya yang bekerja padanya
K	factor damping
X1	faktor B/T
X2	Faktor koefisien bentuk
S	Kelandaian gelombang
r	Efektif wave slope
ϕ_0	sudut kemiringan akibat gelombang
ϕ_1	Sudut kemiringan akibat gelombang dan angin secara bersamaan
ϕ_2	Sudut kemiringan bukaan menyentuh bukaan
P	tekanan angin
Z	jarak titik pusat lateral ke setengan sarat
A	Luasan bidang tangkap angin.

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kelaiklautan kapal adalah keadaan kapal yang memenuhi persyaratan keselamatan kapal dengan salah satu variabel keselamatan kapal adalah stabilitas. Stabilitas adalah kecenderungan dari sebuah kapal untuk kembali pada kedudukan semula setelah mendapat gangguan yang ditimbulkan oleh benda itu sendiri maupun gangguan dari luar. Ukuran stabilitas kapal adalah besarnya kopel yang terjadi sebagai akibat interaksi antara gaya berat dan gaya tekan. Stabilitas kapal erat hubungannya dengan bentuk kapal, ukuran pokok kapal yang terdiri dari; panjang (length), lebar (breadth), tinggi (depth), sarat (draft), dan tinggi lambung timbul kapal (freeboard).

Setiap kapal harus menunjukkan hasil perhitungan stabilitas yang sudah disetujui (approved) oleh badan klasifikasi dimana kapal tersebut dikelaskan. Proses pemeriksaan stabilitas didasarkan pada kriteria stabilitas baik kriteria stabilitas dalam negeri untuk kapal pelayaran lokal atau kriteria stabilitas internasional untuk kapal pelayaran internasional.

Hal-hal yang mempengaruhi stabilitas kapal dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok besar yaitu : Faktor internal yaitu tata letak barang/cargo, bentuk & ukuran kapal, kebocoran karena kandas atau tubrukan; Faktor eksternal yaitu berupa angin, ombak, arus dan badai.

Oleh karena itu maka stabilitas erat hubungannya dengan bentuk kapal, muatan, draft, dan ukuran dari nilai GM. Posisi M (Metasentrum) hampir tetap sesuai dengan style kapal, pusat buoyancy B (Bouyancy) digerakkan oleh draft sedangkan pusat gravitasi bervariasi posisinya tergantung pada muatan. Sedangkan titik M (Metasentrum) adalah tergantung dari bentuk kapal, hubungannya dengan bentuk kapal yaitu lebar dan tinggi kapal, bila lebar kapal melebar maka posisi M (Metasentrum) bertambah tinggi dan akan menambah pengaruh terhadap stabilitas. Kaitannya dengan bentuk dan ukuran, maka dalam menghitung stabilitas kapal sangat tergantung dari beberapa ukuran pokok yang berkaitan dengan dimensi pokok kapal. Ukuran-ukuran pokok yang menjadi dasar dari pengukuran kapal adalah panjang (length), lebar (breadth), tinggi (depth) serta sarat (draft).

Kapal – kapal penyeberangan (FERRY RO RO) milik PT. ASDP utamanya kapal dengan ukuran 750 dan 500 GT, lokasi dari ruang ABK berada di sisi kiri dan kanan pada geladak kendaraan. Keadaan ini membuat kapasitas dari kendaraan yang akan diangkut dalam satu pelayaran menjadi terbatas. Keterbatasan ini tentunya sangat berpengaruh terhadap sisi ekonomi yaitu keuntungan yang didapatkan dalam operasional kapal. Atas dasar itu, pemilik kapal (PT. ASDP) mempunyai keinginan untuk menambah luasan geladak kendaraan dengan memindahkan ruang ABK yang ada di sisi kiri dan kanan geladak kendaraan ke bangunan atas.

Dalam melaksanakan pemindahan ruang ABK tentu akan berpengaruh perubahan sarat dan lambung timbul, titik berat kapal yang lebih tinggi dan luas bidang tangkap angin menjadi lebih besar parameter tersebut berhubungan langsung terhadap stabilitas kapal.

B. Identifikasi Masalah

Sehubungan dengan latar belakang dari permasalahan diatas, maka yang akan diteliti dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana perubahan lengan stabilitas dan evaluasi lengan stabilitas berdasarkan kriteria umum *Intact stability code* akibat pemindahan ruang awak kapal dari geladak kendaraan ke bangunan atas ?
2. Bagaimana pengaruh penambahan ruang awak kapal di bangunan atas terhadap kriteria cuaca?
3. Berapa banyak kendaraan yang bisa ditambahkan akibat pemindahan ruang awak abk dari geladak kendaraan ke bangunan atas ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan Identifikasi masalah diatas maka tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perubahan lengan stabilitas akibat pemindahan ruang awak kapal dari geladak kendaraan ke bangunan atas.
2. Menentukan banyaknya kendaraan yang ditambahkan akibat pemindahan ruang awak kapal dan mengevaluasi lengan stabilitas berdasarkan kriteria umum *Intact stability code*.
3. Mengetahui pengaruh penambahan ruang awak kapal di bangunan atas terhadap kriteria cuaca.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Menjadi referensi bagi pemilik kapal mengenai aspek keselamatan dalam hal stabilitas kapal yang memenuhi standar kriteria IMO.
2. Sebagai acuan untuk keselamatan kapal dalam hal stabilitas sebelum dilaksanakan modifikasi dikapal.
3. Untuk menambah wawasan dan pengetahuan bagi pembaca secara khusus bagi mahasiswa teknik perkapalan. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi informasi dalam penelitian terhadap stabilitas kapal dan hubungannya terhadap keselamatan pelayaran.

E. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kapal sampel yang digunakan adalah kapal FERRY RO – RO dengan KMP. Lakaan (750 GT) dan KMP.Bahtera Mas II (500 GT)
2. Evaluasi stabilitas hanya pada general kriteria Intact Stability.
3. Kriteria stabilitas yang ingin dicapai adalah kriteria cuaca IMO.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Gambaran umum kapal ferry

Kapal feri ro ro adalah kapal yang memiliki satu atau lebih geladak baik terbuka maupun tertutup yang digunakan untuk mengangkut segala jenis kendaraan sebagai muatan yang dimuat melalui system pintu rampa dibagian depan maupun belakang kapal dan dimuat serta dibongkar dari dan ke atas kapal menggunakan kendaraan atau platform yang dilengkapi dengan roda. Kapal feri berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan jaringan jalan dan/atau jaringan jalur kereta api yang dipisahkan oleh perairan untuk mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya. Kapal feri memiliki karakteristik yang berbeda dengan jenis kapal lain. Kapal feri memiliki pintu rol on rol off dibagian haluan dan buritan kapal, muatan kapal feri kebanyakan dimuat di atas bagian deck (Peraturan Menteri 115 Tahun 2016)

Dibandingkan dengan kapal-kapal jenis lain, kapal feri cenderung memiliki harga sarat (T) yang lebih rendah, akan tetapi kapal ferry tidak berlayar sejauh kapal-kapal jenis lain.

Kapal - kapal feri dioperasikan untuk *ferry service* pada trayek-trayek jarak pendek dengan waktu tempuh pelayaran kurang lebih 24 jam.

B. Pemilihan ukuran utama kapal feri

Ukuran kapal yang paling optimal didapat dengan meninjau dua hal, yaitu jumlah permintaan akan angkutan dan kondisi alam di alur pelayaran. Kedua hal ini dibandingkan, kondisi yang menghasilkan pemilihan yang lebih besar dipakai menjadi dasar penentuan jenis kapal.

1. Berdasarkan arus permintaan

Dengan menggunakan angka-angka proyeksi perjalanan penduduk dan arus barang maka dapat diperkirakan kebutuhan akan angkutan penyeberangan (rencana dimulainya system angkutan penyeberangan ini tahun 1998) adalah sebagai berikut.

Jumlah penumpang 39.337 orang/tahun atau rata-rata 756 orang/minggu.

Jumlah barang 87.752 ton/tahun atau rata-rata 1.687 ton per minggu.

Kondisi tersebut, kebutuhan akan sarana angkut sudah cukup besar, membutuhkan kapal dengan bobot 1000 GRT.

2. Berdasarkan kondisi alam

Hal yang menjadi dasar pemilihan ukuran kapal berdasarkan kondisi alam adalah sebagai berikut.

a. Jenis perairan

Seperti perairan yang membatasi Kalimantan dan Pulau Jawa merupakan lautan terbuka. Hal ini mengakibatkan gelombang atau ombak dapat mencapai $\pm 2,5$ m.

Jarak

b. Kecepatan arus

Kecepatan arus di wilayah perairan laut Jawa sangat dipengaruhi oleh musim barat (November-Maret) dan musim timur (Mei-September), diselingi oleh musim transisi pada bulan April dan bulan Oktober. Pada musim barat arus mengalir dari arah barat laut menuju tenggara dengan kecepatan rata-rata 1,5 knot, bahkan suatu saat dapat mencapai 3 knot. Sebaliknya, pada musim timur arah arus bergerak dari tenggara menuju barat laut. Pada musim transisi arah arus bergerak dari barat di sisi utara khatulistiwa dan dari sisi timur di sisi selatan dengan kecepatan relative kecil $\pm 0,25$ knot.

c. Gelombang

Gelombang yang terjadi di wilayah perairan laut Jawa sangat tinggi, dapat mencapai 2,5 meter. Hal ini terjadi karena letaknya diapit oleh pulau Kalimantan dan Pulau Jawa.

d. Angin

Angin di wilayah perairan laut Jawa 20 mil dari pantai memiliki karakteristik yang relatif konstan untuk beberapa bulan, tetapi suatu saat dapat berbalik seratus delapan puluh derajat.

Dari kondisi perairan di atas, upaya pembangunan sistem angkutan penyeberangan yang dapat melayari perairan dengan aman, regular, dan dapat dipergunakan setiap saat sepanjang tahun diperlukan kapal dengan ukuran minimum 1.500 GRT dengan kecepatan jelajah minimum 11 knots.

C. Pemilihan tipe kapal ferry

Kapal tipe feri ditinjau berdasarkan karakteristik pemakai jasa angkutan, yaitu karakteristik penumpang maupun barang.

1. Karakteristik penumpang

Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan dan pendekatan yang diambil, penumpang pemakai jasa angkutan feri Semarang-Kumai didominasi oleh masyarakat dengan kemampuan terbatas yang lebih mengutamakan keberadaan pelayaran (*regular*). Oleh karena itu, tipe feri yang cocok adalah tarif rendah, berarti kelas ekonomi yang lebih dominan, misalnya kelas ekonomi 60% dan kelas non-ekonomi 40% dari ruang yang tersedia untuk penumpang.

2. Karakteristik barang

Jenis barang pemakai angkutan penyeberangan pada umumnya adalah bahan kebutuhan pokok. Oleh karena itu, dibutuhkan pelayanan *door to door* agar barang-barang tersebut dapat sampai langsung ke konsumen tanpa melalui penumpukan di gudang. Untuk dapat melayani kebutuhan tersebut, truk yang mengangkut barang dari produsen atau dari pabrik turut diseberangkan untuk selanjutnya menuju ke lokasi konsumen. Dari kondisi di atas, berarti yang dibutuhkan adalah jenis feri yang dapat mengangkut penumpang dan kendaraan sekaligus. Jenis feri yang dapat mengangkut penumpang dan kendaraan sekaligus adalah tipe feri ro-ro, sehingga apabila kondisi laut pada suatu rute perjalanan tersedia, maka spesifikasi kapal yang tepat dapat ditentukan. Kapal feri ro-ro ditujukan

terutama untuk menyambung jalan, sehingga berfungsi sebagai jembatan, sedangkan kapal feri non ro-ro dipergunakan untuk angkutan penumpang dan barang. Pemakaian kapal jenis ro-ro biasanya tidak dipergunakan untuk jarak yang terlalu jauh. Kapal non ro-ro (kapal penumpang dan barang) dipergunakan terutama untuk menghubungkan pusat-pusat pertumbuhan utama. Khusus untuk kapal penumpang, saat ini sudah waktunya disediakan kapal yang nyaman dan memenuhi persyaratan keamanan yang tinggi sehingga perjalanan tidak membosankan.

D. Pengertian Stabilitas

Stabilitas kapal merupakan kemampuan sebuah kapal untuk kembali ke posisi semula setelah mengalami keolengan. Stabilitas kapal terkait erat dengan distribusi muatan dan perhitungan nilai lengan penegak (GZ). Perbedaan distribusi muatan yang terjadi pada setiap kondisi pemuatan akan mengakibatkan terjadinya perubahan pada nilai KG, yaitu jarak vertikal antara titik K (keel) dan titik G (centre of gravity) yang selanjutnya akan mempengaruhi nilai lengan penegak (GZ) yang terbentuk (*Hind, 1982; Derret, 1990*).

Stabilitas kapal bergantung pada beberapa faktor antara lain dimensi kapal, bentuk badan kapal yang berada di dalam air, distribusi benda-benda di atas kapal dan sudut kemiringan kapal terhadap bidang horizontal (*Fyson, 1985*).

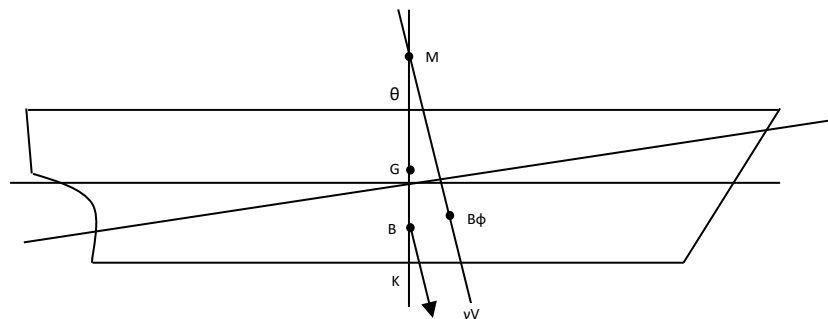
Stabilitas kapal adalah keseimbangan dari kapal, merupakan sifat atau kecenderungan dari sebuah kapal untuk kembali kepada kedudukan semula setelah mendapat senget (kemiringan) yang disebabkan oleh gaya-gaya dari luar. Hubungan dengan bentuk kapal, muatan, draft, dan ukuran dari nilai GM. Posisi M hampir tetap sesuai dengan jenis kapal, pusat buoyancy B digerakkan oleh draft sedangkan pusat gravitasi bervariasi posisinya tergantung pada muatan. Sedangkan titik M adalah tergantung dari bentuk kapal, hubungannya dengan bentuk kapal yaitu lebar dan tinggi kapal, bila lebar kapal melebar maka posisi M bertambah tinggi dan akan menambah pengaruh terhadap stabilitas. Kaitannya dengan bentuk dan ukuran, maka dalam menghitung stabilitas kapal sangat tergantung dari beberapa ukuran pokok yang berkaitan dengan dimensi pokok kapal.

Stabilitas kapal terkait erat dengan distribusi muatan dan perhitungan nilai lengan penegak (GZ). Perbedaan distribusi muatan yang terjadi pada setiap kondisi pemuatan akan mengakibatkan terjadinya perubahan pada nilai KG, yaitu jarak vertikal antara titik K (keel) dan titik G (centre of gravity) yang selanjutnya akan mempengaruhi nilai lengan penegak (GZ) yang terbentuk. Stabilitas kapal bergantung pada beberapa faktor antara lain dimensi kapal, bentuk badan kapal yang berada di dalam air, distribusi benda-benda di atas kapal dan sudut kemiringan kapal terhadap bidang horizontal (Farhum,2010), serta titik berat kapal seperti yang diteliti oleh Paroka, 2018. Bahwa variasi titik berat kapal KG divariasikan mulai dari

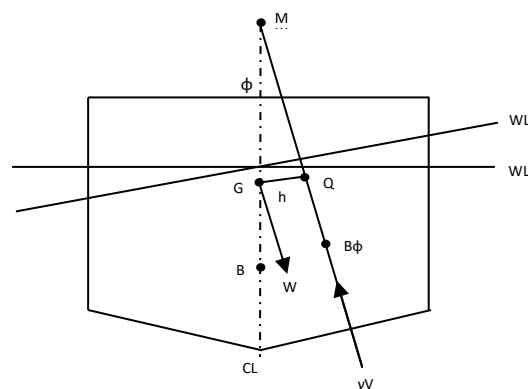
0.4H sampai 1.00. Pada kenyataan, titik berat dapat lebih besar dari tinggi kapal untuk kapal ferry ro-ro mengingat semua muatan berada di atas geladak utama yang difungsikan sebagai geladak kendaraan.

E. Jenis-jenis Stabilitas kapal

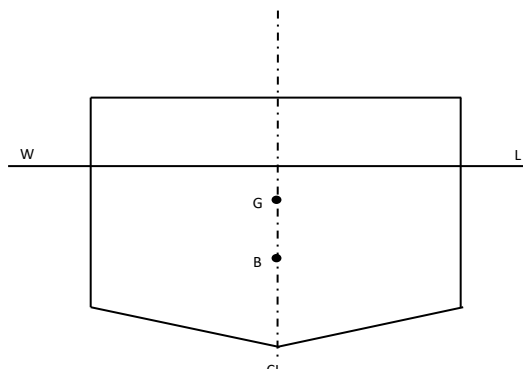
Pada dasarnya stabilitas kapal dibedakan atas dua jenis yaitu stabilitas memanjang (saat kapal terjadi trim) Gambar 1. dan stabilitas melintang (saat kapal oleng) Gambar 2.



Gambar 1. Kapal Dalam Keadaan Trim



Gambar 2. Kapal Dalam Keadaan Oleng



Gambar 3. Kondisi Kapal Dalam Keadaan Stabil

Stabilitas memanjang kapal terjadi pada sudut-sudut miring yang memanjang, seperti pada saat kapal sedang terjadi trim, baik trim haluan maupun trim buritan. Akan tetapi secara umum stabilitas memanjang kapal tidak perlu diperhitungkan, karena biasanya dianggap cukup besar dan aman. Untuk stabilitas melintang kapal terjadi pada sudut-sudut oleng yang mengakibatkan perubahan titik tekan kapal (titik B) dan titik metasentra (titik M) dari posisi normal.

Stabilitas kapal ditentukan oleh 3 (tiga) titik yang digunakan untuk mengetahui besarnya momen yang terjadi pada kapal pada saat terjadi trim dan oleng, yaitu; Titik Berat (*Centre of Gravity*), Titik Apung (*Centre of Bouyancy*), dan Titik Metasentra.

1. Titik Berat (*Centre Of Gravity*)

Titik berat (*center of gravity*) dikenal dengan titik G dari sebuah kapal, merupakan titik tangkap dari semua gaya-gaya yang menekan ke bawah terhadap kapal. Letak titik G ini di kapal dapat diketahui dengan meninjau semua pembagian bobot di kapal, makin banyak bobot yang diletakkan di bagian atas maka makin tinggilah letak titik G.

2. Titik Apung (*Centre Of Bouyancy*)

Titik apung (*center of buoyancy*) dikenal dengan titik B dari sebuah kapal, merupakan titik tangkap dari resultan gaya-gaya yang menekan tegak ke atas dari bagian kapal yang terbenam dalam air. Titik tangkap B bukanlah merupakan suatu titik yang tetap, akan tetapi akan berpindah-pindah oleh adanya perubahan sarat dari kapal.

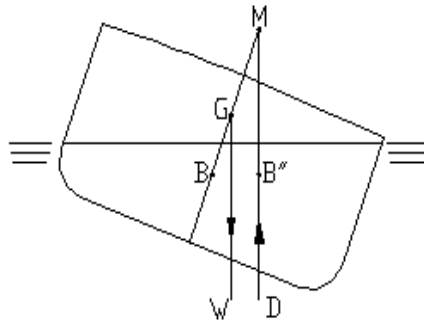
3. Titik Metacentra

Titik metasentris atau dikenal dengan titik M dari sebuah kapal, merupakan sebuah titik semu dari batas dimana titik G tidak boleh melewati di atasnya agar supaya kapal tetap mempunyai stabilitas yang positif (stabil). *Meta* artinya berubah-ubah, jadi titik metasentris dapat berubah letaknya dan tergantung dari besarnya sudut oleng.

Setelah kapal mengalami kemiringan akibat gaya atau momen dari luar atau dari dalam kapal, stabilitas atau keseimbangan sangat ditentukan oleh interaksi antara gaya berat dan gaya tekan. Pada prinsipnya keadaan stabilitas ada 3 (tiga) yaitu Stabilitas Positif (*stable equilibrium*), stabilitas Netral (*Neutral equilibrium*) dan stabilitas Negatif (*Unstable equilibrium*).

1. Stabilitas Positif (*Stable Equilibrium*)

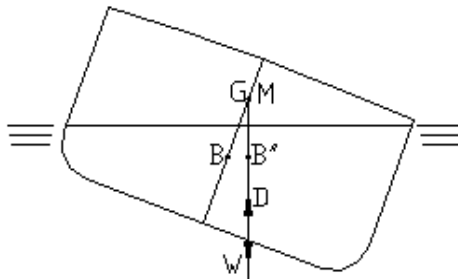
Suatu keadaan dimana titik M berada di atas titik G, sehingga sebuah kapal yang memiliki keseimbangan mantap sewaktu miring mesti memiliki kemampuan untuk menegak kembali.



Gambar 4. Kapal stabil

2. Stabilitas Netral (Neutral Equilibrium)

Suatu keadaan seimbang dengan titik G berhimpit dengan titik M. Maka momen penegak kapal yang memiliki stabilitas netral sama dengan nol, atau bahkan tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali sewaktu miring. Dengan kata lain bila kapal miring tidak ada momen pengembali maupun momen penerus sehingga kapal tetap miring pada sudut oleng yang sama, penyebabnya adalah titik G terlalu tinggi dan berimpit dengan titik M karena terlalu banyak muatan di bagian atas kapal.

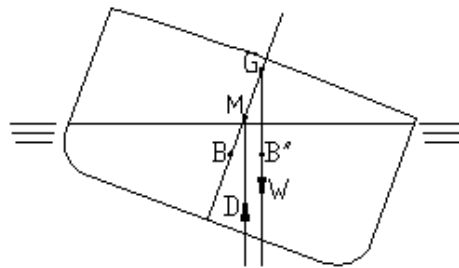


Gambar 5. Kapal dalam keseimbangan netral

3. Stabilitas Negatif (Unstable Equilibrium)

Suatu keadaan seimbang dengan titik G berada di atas titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas negatif sewaktu miring

tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali, bahkan sudut olengnya akan bertambah besar, yang menyebabkan kapal akan bertambah miring lagi bahkan bisa menjadi terbalik. Atau suatu kondisi bila kapal miring karena gaya dari luar, maka timbullah sebuah momen yang dinamakan *Heeling moment* sehingga kapal akan bertambah miring.



Gambar 6. Kapal dalam keseimbangan labil

Ditinjau dari sifatnya, stabilitas dibedakan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu stabilitas dinamis dan stabilitas statis. Stabilitas statis diperuntukkan bagi kapal dalam keadaan diam dan terdiri dari stabilitas melintang dan membujur. Stabilitas melintang adalah kemampuan kapal untuk tegak sewaktu mengalami kemiringan dalam arah melintang yang disebabkan oleh adanya pengaruh dari luar yang bekerja pada kapal, sedangkan stabilitas membujur adalah kemampuan kapal untuk kembali ke kondisi semula setelah mengalami kemiringan secara membujur oleh adanya pengaruh dari luar yang bekerja pada kapal.

Stabilitas dinamis diperuntukkan bagi kapal-kapal yang sedang dalam keadaan oleng atau mengganggu ataupun saat miring besar. Kemiringan yang terjadi pada kapal disebabkan oleh beberapa keadaan seperti badai

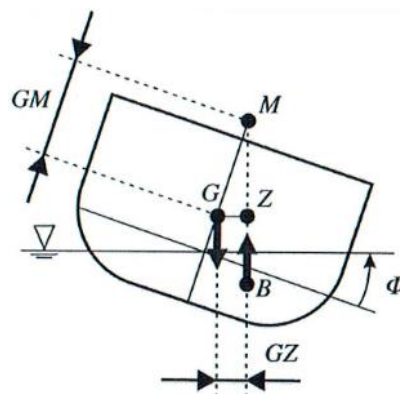
atau olengan besar maupun gaya dari dalam antara lain MG yang negative. Secara umum hal-hal yang mempengaruhi keseimbangan kapal dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok, yaitu;

1. Faktor Internal yaitu tata letak barang/ kargo, bentuk ukuran kapal, kebocoran akibat kandas atau tubrukan.
2. Faktor eksternal yaitu berupa angin, ombak, arus dan badai.

Oleh karena itu stabilitas erat hubungannya dengan bentuk kapal, muatan, sarat kapal (draft), dan ukuran nilai dari MG.

F. LENGAN STABILITAS

Lengan stabilitas menunjukkan kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula pada saat mengalami kemiringan akibat gangguan dari luar. Lengan stabilitas menggambarkan karakteristik stabilitas kapal. Oleh karena itu lengan stabilitas menjadi parameter kriteria stabilitas, sudut kemiringan akibat gelombang momen pengganggu berbanding terbalik lengan stabilitas. Jarak antara garis kerja gaya berat dengan garis kerja gaya apung pada sudut kemiringan kurang dari 6.0 derajat dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Garis kerja gaya berat dan garis kerja gaya apung

Persamaan lengan stabilitas statis sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 GZ &= (MB + KB - KG) \sin\varphi \\
 &= MB \sin\varphi + (KB - KG) \sin\varphi \\
 &= MG \sin\varphi
 \end{aligned} \tag{1}$$

Dimana :

$$MG = MB + KB - KG \tag{2}$$

$$MB = \frac{Ix}{V} \tag{3}$$

Persamaan diatas dapat digunakan apabila luas penampang garis air tidak mengalami perubahan yang *signifikan* atau diasumsikan sama dengan luas pada saat tegak.

Sudut kemiringan kapal akibat momen pengganggu dari gelombang dan angin berbanding terbalik dengan displacement dan tinggi metasentra (GM).

$$\varphi = \sin^{-1} \left[\frac{Mh}{(\Delta x GM)} \right] \tag{4}$$

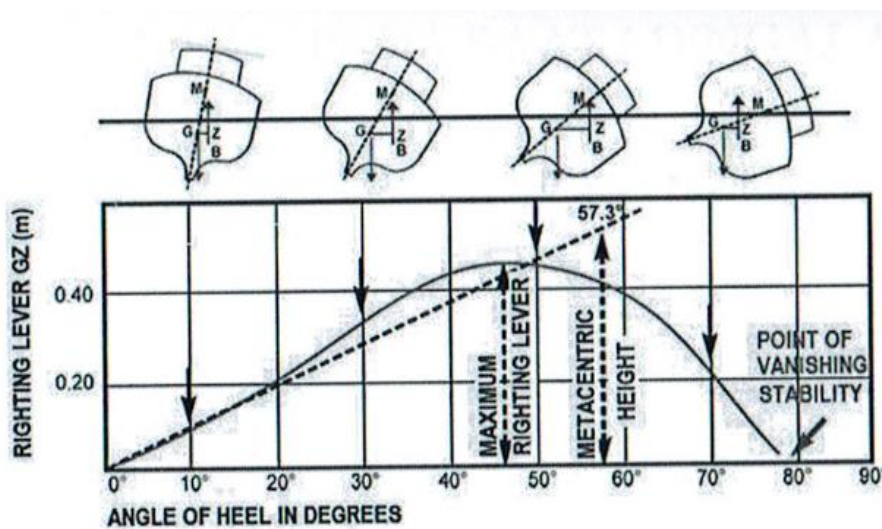
Mh : Momen pengganggu

Δ : Displasement

GM : Metasentra gravity

Pada sudut kemiringan lebih besar dari 6 derajat (Stabilitas lanjut), penentuan sudut kemiringan menggunakan kurva lengan stabilitas.

Penampang garis air mengalami perubahan yang signifikan sehingga jari-jari metesentra (MB) berbeda dengan pada saat tegak. Perpindahan titik tekan tidak lagi linier dengan perubahan sudut kemiringan, perpindahan titik tekan harus dihitung dengan metode tertentu *Benjamin Space, Krylov, dll.* Karakteristik lengan stabilitas dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Lengan stabilitas

Pada saat kapal tegak 0.0 derajat lengan stabilitas sama dengan nol. Lengan stabilitas mencapai maksimum (*max righting lever*) pada sudut kemiringan tertentu diilustrasikan pada gambar 8. Pada saat kemiringan tertentu lengan stabilitas akan kembali ke nol (*point of vanishing stability*). Momen yang akan mengembalikan kapal ke posisi semula pada saat

mengalami kemiringan ialah momen stabilitas hasil kali antara lengan stabilitas dengan displacement kapal pada kondisi pemuatan tertentu

$$M_s = GZ \times \Delta \quad (5)$$

GZ : Lengan stabilitas

Δ : Displacement kapal

Penentuan sudut kemiringan disebabkan oleh momen pengganggu sama dengan gaya pengganggu dikalikan dengan jarak garis kerja gaya pengganggu terhadap titik berat kapal sudut kemiringan akibat momen pengganggu ditentukan dengan menggunakan menggunakan kurva stabilitas.

Karakteristik lengan stabilitas dapat ditinjau sebagai kriteria stabilitas yang dikeluarkan oleh IMO A.749 (18) atau dikenal dengan *first generation intact stability criteria* berdasarkan luasan dibawah kurva sampai pada sudut kemiringan tertentu dimana luasan di bawah sangat berpengaruh terhadap sudut oleng kapal ketika kapal mengalami gangguan dari luar yang dapat dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel.1 IMO A.749 (18) *Intact Stability Code*

Parameter	Kriteria	Satuan
Maks. Luasan GZ 0 to 30	≥ 3.151	m.deg
Maks. Luasan GZ 0 to 40	≥ 5.156	m.deg
Maks. Luasan GZ 30 to 40	≥ 1.718	m.deg

Maks. GZ 30 atau lebih besar	≥ 0.2	m
Sudut maksimum GZ	≥ 25	deg
Tinggi Metasentra awal	≥ 0.15	m

Sumber : IMO A.749 (18) *Intact Stability Code*

Kurva lengan stabilitas dapat juga diketahui lengan stabilitas maksimum dimana pada saat sudut kemiringan dengan jarak garis kerja gaya berat dan gaya apung terbesar, momen maksimum yang dapat ditimbulkan untuk mengembalikan kapal pada posisi semula setelah momen pengganggu diiadakan dimana lengan stabilitas maksimum dipengaruhi oleh rasio lebar dan sarat kapal serta rasio lambung timbul dan lebar kapal dan sudut kemiringan dengan lengan stabilitas nol (*angel of vanishing stability*).

Menurut Asri (2014), Lengan stabilitas maksimum dipengaruhi oleh rasio *freeboard* terhadap lebar kapal dan rasio lebar terhadap sarat kapal, lengan maksimum terjadi pada rasio B/T yang besar dan rasio FB/B yang besar, penelitian tersebut berdasarkan tipe kapal ferry ro-ro.

Karakteristik lengan stabilitas merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan dalam menentukan kondisi batas lengan stabilitas yang memungkinkan kapal dapat beroperasi dengan aman adalah performa gerak *rolling* khususnya pada saat beroperasi pada gelombang samping. Perbedaan karakteristik lengan stabilitas seperti tinggi metacentra (GM), luasan dibawah kurva lengan stabilitas, sudut kemiringan dengan lengan

stabilitas maksimum, sudut kemiringan sama dengan nol dapat berpengaruh terhadap karakteristik gerak *rolling* selain faktor redaman. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perubahan karakteristik lengan stabilitas berdampak signifikan terhadap karakteristik gerak *roll* khususnya pada amplitudo yang cukup besar, gerak *roll* dapat menjadi tidak stabil dan dapat berdampak terhadap ketenggelaman (Paroka, dkk.2019).

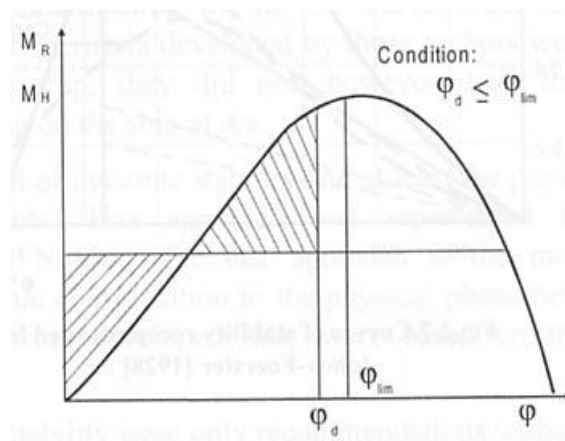
G. Kriteria Cuaca IMO

1. Metode Keseimbangan Energi

Prinsip dasar dari kriteria cuaca adalah keseimbangan energi antara kemiringan angin dan momen yang terjadi dengan gerakan oleng. Salah satu metode yang memperlihatkan metode keseimbangan energi dapat ditentukan di Pierrottet (1935). Seperti digambarkan pada gambar 9. momen pengembali kapal lebih besar dibandingkan dengan momen kemiringan akibat angin. Sebuah kapal diasumsikan tiba-tiba mengalami momen kemiringan angin pada saat kondisi naik.

Di Jepang, metode keseimbangan energi dapat dikeluarkan untuk mengatasi gerakan oleng dan untuk membedakan angin tetap dan angin tidak tetap (angin rebut) sesuai dengan gambar 10. Metode ini kemudian diadopsi sebagai standar dari Japan National Standar (watanabe et al.,1956). Regulasi yang dikeluarkan oleh Register Shipping of USSR juga mengasumsikan awal sudut arah angin oleng sesuai gambar 2.8. Kriteria

cuaca yang dimiliki oleh IMO saat ini yang ada pada Bab 2.3 pada IS Code tahun 2008, bagian A, menggunakan metode keseimbangan energi yang berasal dari Jepang tanpa perubahan yang mendasar. Pada kasus ini diasumsikan bahwa kapal yang memiliki sudut kemiringan yang tetap akibat angin yang tetap akan mengalami gerakan oleng yang tetap secara terus menerus. Lalu pada kondisi terburuk, kapal diasumsikan menerima angin kencang ketika kapal bergerak searah dengan arah angin. Pada keadaan kapal mengalami oleng resonan (oleng dengan sudut tetap), momen oleng redaman dan momen akibat ombak dapat diabaikan. Kemudian, keseimbangan energi antara momen oleng angin dan momen pengembali dapat disahkan dengan sesuai kondisi diatas. Lalu pada bagian akhir terbaliknya sebuah kapal, sesuai dengan mekanisme resonansi yang mendekati sudut yang mengakibatkan stabilitas kapal hilang, efek dari momen gelombang dapat dianggap lebih kecil.



Gambar 9. Energy balance method yang digunakan oleh Pierrottet

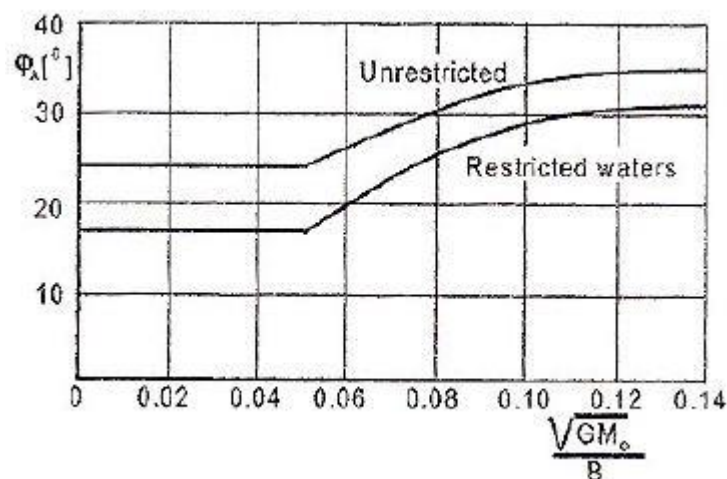
yang ,mengalami kecelakaan, bukan dari data statistik angin yang ada. IMO juga menggunakan nilai 26 m/s sebagai kecepatan angin paling kritis.

3. Sudut Olang pada Gelombang (Metode Rusia)

Pada aturan mengenai stabilitas standar yang dikeluarkan Rusia (Rusia, 1961), nilai maksimum dari amplitudo olang pada lingkaran olang dihitung dengan:

$$\Phi = k.X1.X2.\varphi A \quad (6)$$

Nilai k adalah fungsi dari area bilga keel, X1 adalah fungsi dari B/d, X2 adalah fungsi dari koefisien blok dan φA adalah amplitudo olang pada kapal standar. Formula ini dikembangkan dengan perhitungan sistematis untuk seri kapal menggunakan fungsi transfer dan spectrum gelombang (Kobyliniski dan Kastner, 2003).



Gambar 12. Standar amplitudo olang *in the USSR's Criterion*

Sumber :(USSR, 1961)

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, IMO memutuskan agar para anggotanya mengikuti formula oleng yang dikeluarkan oleh Rusia dan juga menggunakan kriteria yang dikeluarkan oleh Jepang secara bersama-sama. Hal ini dikarenakan formula Rusia bergantung pada bentuk lambung kapal dalam memperkirakan efek oleng sedangkan Jepang tidak. Formula yang diusulkan Rusia yaitu:

$$\Phi_1 (\text{degrees}) = \text{CJR} \cdot k \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot \sqrt{r \cdot s} \quad (7)$$

CJR adalah faktor yang menjaga level keamanan dari kriteria terbaru sesuai dengan standar domestik yang dimiliki Jepang. Untuk menentukan faktor ini, anggota dari kelompok kerja STAB Sub-Committee melakukan percobaan perhitungan yang dikeluarkan oleh Jepang dan formula terbaru yang ada terhadap banyak kapal. Sebagai contoh, Jepang (1982) melakukan perhitungan terhadap 58 kapal diantara 8825 kapal berbendera Jepang yang berkapasitas lebih dari 100 GT pada tahun 1980. Di dalamnya termasuk 11 kapal kargo, 10 kapal tanker, 2 tanker kimia, 5 kapal pengangkut gas cair, 4 kapal kontainer, 4 kapal pembawa mobil, 5 kapal tunda, dan 17 kapal penumpang milik RoPax. Hasilnya, IMO menyimpulkan bahwa nilai CJR adalah 109.

4. Parameter Kriteria Cuaca berdasarkan Kondisi Perairan Indonesia.

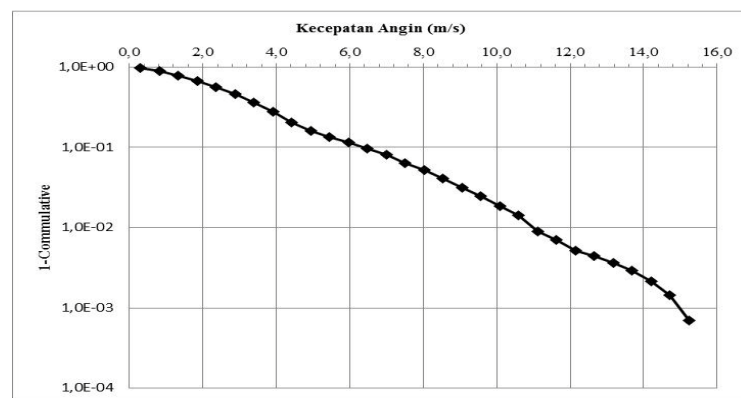
Kriteria cuaca sebagai bagian dari kriteria stabilitas untuk kapal yang berlayar dalam negeri dapat dikembangkan berdasarkan prosedur

penentuan kriteria cuaca IMO. Paling sedikit tiga parameter, yaitu kecepatan angin, kelandaian gelombang dan koefisien efekti slope gelombang dapat diformulasikan sesuai dengan kondisi Perairan Indonesia. Formulasi ketiga parameter tersebut memerlukan data yang banyak untuk memperoleh suatu model formulasi yang bersifat umum dan dapat diaplikasikan untuk semua kapal yang beroperasi dalam negeri serta praktis sehingga mudah untuk diaplikasikan. Parameter kelandaian gelombang sangat tergantung pada tinggi dan panjang gelombang. Tinggi dan panjang gelombang tersebut dapat diestimasi berdasarkan kecepatan angin pada lokasi perairan dengan asumsi bahwa gelombang yang terjadi sepenuhnya ditimbulkan oleh angin. Asumsi ini sesuai dasar penentuan kelandaian gelombang yang dipakai oleh IMO.

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) membagi Perairan Indonesia menjadi 18 zona dan empat diantara zona tersebut dijadikan dasar klasifikasi kondisi perairan. Kecepatan angin, tinggi gelombang signifikan dan tinggi gelombang rata-rata yang ditunjukkan pada empat zona perairan tersebut tidak dapat dipakai untuk menentukan parameter gelombang yang dibutuhkan untuk kriteria cuaca, yaitu kelandaian gelombang. Untuk mendapatkan kelandaian gelombang diperlukan tinggi dan panjang gelombang. Dengan data angin yang tersedia, panjang dan tinggi gelombang dapat diperoleh dengan memakai metode hint casting gelombang. Empat zona yang didasarkan pada kecepatan angin dan tinggi gelombang meliputi Laut Natuna, Laut Jawa,

Selat Makassar dan Laut Arafuru. Lokasi tersebut juga diidentifikasi KNKT sebagai lokasi yang rawan terjadi kecelekaan kapal.

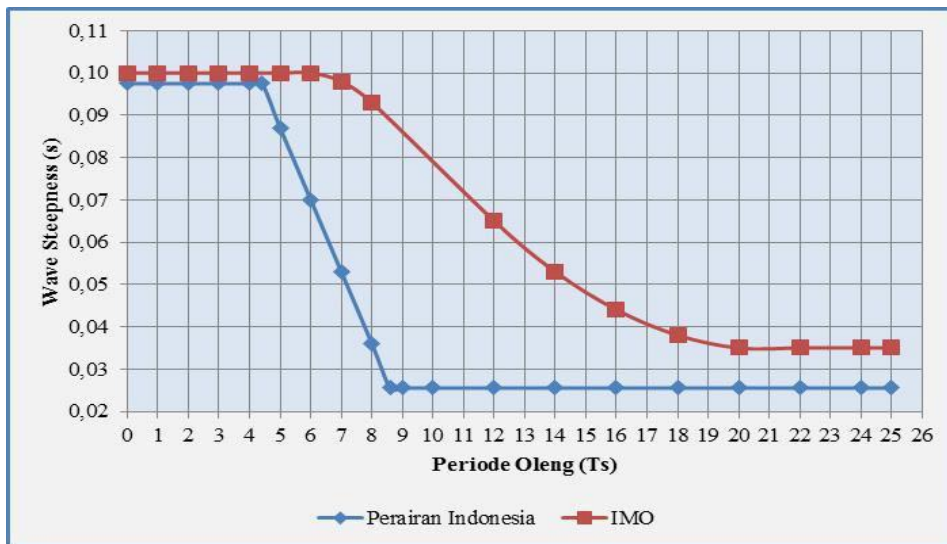
Kecepatan angin maksimum yang mungkin terjadi di Selat Makassar adalah 15 m/detik dengan peluang kejadian 10^{-3} . Kecepatan angin tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan data skala *beaufort* BMKG. Peluang kejadian untuk setiap kecepatan angin yang dapat terjadi di Selat Makassar ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 13. Probabilitas kecepatan angin di selat Makassar

Sumber : (Ichsan et al.2013)

Data ini menunjukkan bahwa untuk Selat Makassar, kecepatan angin untuk kriteria cuaca dapat diambil 16 m/detik yang mana sebanding dengan tekanan angin sama dengan 135 N/m^2 . Dengan kecepatan angin 16 m/detik, kelandaian gelombang yang terjadi akan lebih kecil dari yang direkomendasikan oleh IMO seperti ditunjukkan pada Gambar 2-12 di atas. Hasil estimasi kelandaian gelombang perairan Selat Makassar berdasarkan data angin ditunjukkan pada gambar dibawah ini



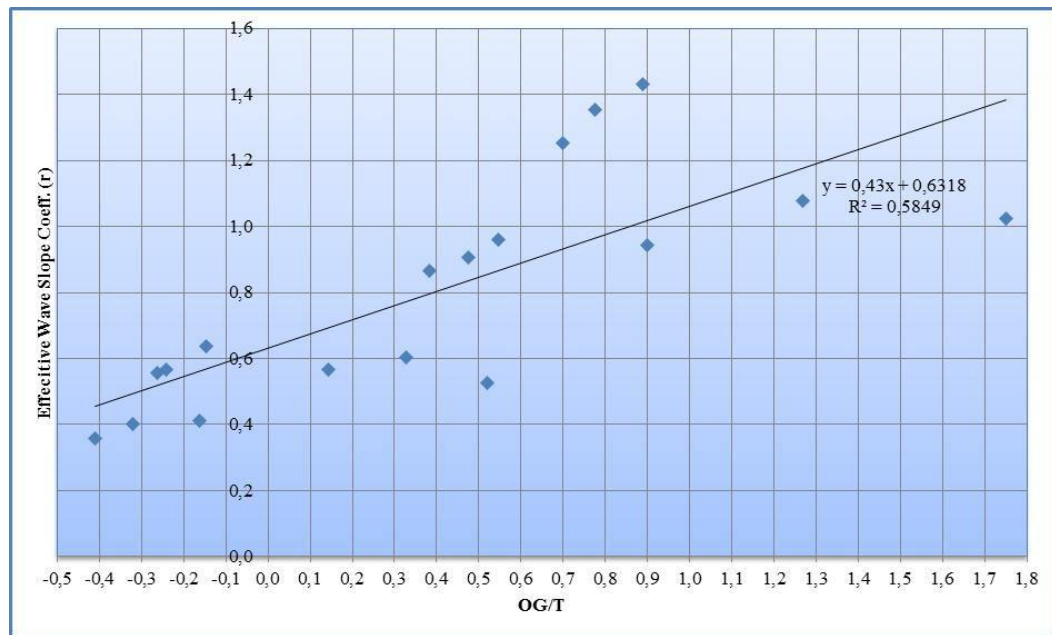
Gambar 14. Kelandaian gelombang Selat Makassar

Sumber : (Paroka,2014)

Sumbu mendatar pada gambar di atas adalah periode gelombang dan sumbu vertikal adalah kelandaian gelombang (*wave steepness*). Kurva dengan legen segiempat adalah kelandaian gelombang berdasarkan kriteria cuaca IMO dengan kecepatan angin 26 m/detik sedangkan kurva dengan legen belah ketupat adalah kelandaian gelombang perairan Selat Makassar dengan kecepatan angin maksimum 16 m/detik. Gambar 14 menunjukkan bahwa kelandaian gelombang perairan Selat Makassar lebih kecil dibandingkan dengan kelandaian gelombang yang disyaratkan oleh IMO khususnya pada frekwensi gelombang lebih besar dari 4 detik. Kelandaian gelombang maksimum Selat Makassar adalah 0.09 dan yang terkecil adalah 0.025. Dengan kelandaian gelombang yang lebih kecil, sudut oleng akibat angin dan gelombang yang bekerja secara bersamaan

menjadi lebih kecil dibandingkan dengan sudut oleng yang diperoleh berdasarkan kriteria cuaca IMO.

Selain data lingkungan, pengaruh karakteristik hidrodinamika seperti interaksi antara kapal dan gelombang juga dapat berbeda antara kriteria IMO dengan kondisi kapal yang beroperasi dalam negeri. Kapal penyeberangan antar pulau yang beroperasi di Indonesia umumnya mempunyai lebar yang relative besar dan sarat yang kecil. Karakteristik desain ini untuk mengakomodir permintaan kapasitas serta kondisi pelabuhan penyeberangan antar pulau. Perbandingan antara lebar dan sarat kapal menjadi besar serta posisi titik berat kapal yang cukup tinggi dimana semua muatan berada di atas geladak utama. Kriteria IMO seperti ditunjukkan pada gambar 14 menunjukkan karakteristik hidrodinamika berupa koefisien slope efektif gelombang sebagai fungsi dari rasio jarak titik berat dari permukaan air dan sarat kapal. Dengan posisi titik berat yang relatif tinggi serta sarat yang kecil dapat memberikan koefisien slope efektif gelombang yang lebih besar. Gambar 15 menunjukkan hubungan antara rasio tinggi titik berat dari permukaan air dengan sarat kapal dan koefisien slope efektif gelombang untuk empat kapal penyeberangan antar pulau dengan posisi titik berat dan sarat yang bervariasi.



Gambar 15. Koefisien Efektif Slope Gelombang

Sumber : (Paroka, 2014)

Koefisien slope efektif gelombang yang ditunjukkan pada Gambar 15 diperoleh dengan memakai metode Frank Closed Fit dikombinasikan dengan teori strip. Regresi linear yang diperoleh berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan bahwa koefisien slope efektif gelombang untuk kapal yang beroperasi dalam negeri lebih kecil dibandingkan dengan kriteria cuaca IMO. Untuk memvalidasi hasil estimasi ini diperlukan beberapa rangkaian pengujian model untuk memberikan jaminan terhadap hasil yang diperoleh dari perhitungan. Untuk dapat mengaplikasikan hasil estimasi karakteristik lingkungan dan kapal yang diperoleh pada kriteria cuaca untuk kapal yang beroperasi dalam negeri, diperlukan data tambahan berupa lokasi perairan, type serta kapasitas kapal yang

berbeda sehingga hasil akhir yang diperoleh dapat diaplikasikan untuk semua tipe kapal

H. Software Maxsurf

Maxsurf adalah serangkaian software berbasis NURBS (Non-Uniform, Rational B-spline Surface) perusahaan software Bentley Engineering yang dapat digunakan untuk membantu proses desain kapal. Di dalam rangkaian software maxsurf terdapat beberapa software diantaranya adalah :

1. Maxsurf Modeller yang digunakan membuat desain 3D kapal serta analisa hidrostatis sederhana.
2. Maxsurf Stability yang digunakan untuk permodelan tangki-tangki dan kompartemen pada kapal, serta dapat digunakan untuk analisa stabilitas kapal baik secara statis dan dinamis serta dalam kondisi Intact maupun damage.
3. Maxsurf Resistance untuk melakukan analisa hambatan kapal
4. Maxsurf Motion untuk melakukan analisa olah gerak kapal secara dinamis.
5. Maxsurf Structure untuk menganalisa kekuatan kapal.

Dalam penelitian ini digunakan Maxsurf Modeller untuk pembuatan model 3D serta Maxsurf Stability untuk analisa Stabilitas.

1. Maxsurf Modeller

Maxsurf Modeller sendiri lebih mentitikberatkan desain kapal dan pembuatan lines plan dalam bentuk 3D, yang dapat memperlihatkan potongan station, buttock, shear dan 3D-nya pada pandangan depan, atas, samping dan prespektif. Selain digunakan untuk membuat lines plan kapal juga dapat digunakan untuk membuat bentuk 3D-lain seperti: pesawat, mobil dan produk industri lainnya. Dasar pembuatan modelnya adalah Surface yang merupakan bidang permukaan dan dapat dibuat menjadi berbagai bentuk model 3D dengan jalan menambah, mengurangi, dan merubah kedudukan control point.

Pembuatan lines plan ini adalah merupakan bagian yang paling penting, karena menggambarkan karekteristik kapal yang akan dibuat, sehingga bagian ini harus dikuasai dengan baik. Maxsurf Modeller merupakan software pemodelan lambung kapal yang berbasis surface. Pemodelan lambung kapal di Maxsurf Modeller terbagi atas beberapa surface yang digabung (bounding).

Surface pada Maxsurf Profesional didenifisikan sebagai kumpulan control point yang membentuk jaring – jaring control point. Dalam memperoleh surface yang diinginkan maka control point digeser – geser terhadap sumbu X, Y, dan Z nya sampai mencapai bentuk yang optimum. Pusat proses pemodelan desain rencana garis menggunakan Maxsurf adalah pengertian bagaimana control point digunakan untuk mencapai bentuk surface yang ingin dicapai.

2. Maxsurf Stability

Maxsurf Stability adalah rangkaian software maxsurf yang berfungsi melakukan analisa stabilitas kapal yang didalamnya juga sudah terdapat kriteria-kriteria perhitungan stabilitas dari beberapa organisasi sehingga hasil analisa dapat langsung diketahui apakah memenuhi yang ada atau tidak. Pada software ini juga dapat dilakukan permodelan tangki-tangki dan kompartemen pada kapal serta dapat pula memodelkan Loadcase untuk tangki-tangki tersebut.

Maxsurf Stability ini memiliki beberapa hal yang dapat di analisis diantaranya adalah :

1. *Large Angle Stability*
2. *Hydrostatic Calculation*
3. *KN value*
4. *Equilibrium*
5. *Tank Calibration*
6. *Limiting KG*
7. *Probabilistic Damage Stability*