



Karakteristik Geometri dan Pengaruhnya Terhadap Stabilitas Kapal Ferry Ro-Ro Indonesia

Daeng Paroka^{1)*}

¹⁾Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino Km.6, Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan 92171

disubmit pada :17/01/18

direvisi pada :01/02/18

diterima pada :09/02/18

Abstrak

Stabilitas merupakan salah satu parameter keselamatan kapal dalam pelayaran sebagaimana dipersyaratkan oleh Organisasi Maritim Internasional (IMO) serta Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Untuk mengetahui karakteristik stabilitas selama proses desain, penting untuk mengetahui hubungan antara karakteristik geometri dengan karakteristik stabilitas kapal. Paper ini membahas hubungan antara rasio lebar dan sarat serta rasio lambung timbul dan lebar dengan karakteristik stabilitas serta pengaruhnya terhadap desain kapal ferry ro-ro Indonesia. Lengan stabilitas untuk beberapa variasi rasio lebar dan sarat, rasio lambung timbul dan lebar serta titik berat dihitung dan dievaluasi berdasarkan kriteria stabilitas IMO. Dari hasil evaluasi stabilitas, diperoleh nilai minimum rasio lebar dan sarat serta rasio lambung timbul dan lebar kapal yang memenuhi kriteria stabilitas IMO. Hasil analisis menunjukkan bahwa stabilitas kapal cenderung semakin baik jika rasio lebar dan sarat semakin besar. Kapal dengan sarat yang lebih besar memiliki stabilitas yang lebih baik untuk rasio lebar dan sarat yang sama, dengan rasio lebar dan sarat minimum adalah 5,00. Stabilitas kapal juga menjadi semakin baik ketika rasio lambung timbul dan lebar semakin besar. Pengaruh rasio lambung timbul dan lebar kapal terhadap stabilitas tidak signifikan ketika rasio tersebut kurang dari 0,06. Perbedaan karakteristik stabilitas secara signifikan dipengaruhi oleh rasio lambung timbul dan lebar kapal ketika rasio tersebut lebih besar dari 0,10. Perbedaan karakteristik tersebut dapat disebabkan oleh karakteristik bentuk lambung kapal.

Copyright © 2018, **KAPAL**, pISSN:1829-8370, eISSN : 2301-9069

Kata Kunci : Geometri kapal, desain kapal, stabilitas, lambung timbul

1. PENDAHULUAN

Proses perancangan kapal telah mengalami perkembangan yang sangat pesat seiring dengan perkembangan teknologi komputer serta perubahan orientasi desain yang fokus pada kemungkinan resiko yang akan dihadapi oleh kapal dalam pelayaran (*risk based design*). Perubahan tersebut tidak hanya berakibat terhadap perkembangan metode perancangan tetapi juga

tahapan atau langkah-langkah dari perancangan itu sendiri. Dalam perancangan yang berbasis resiko, semua kemungkinan resiko yang dapat terjadi selama pelayaran dipertimbangkan sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi pada setiap tahapan perancangan [1]. Salah satu keuntungan dari perancangan kapal berbasis resiko adalah dampak dari setiap keputusan yang diambil dalam setiap tahapan perancangan dapat diketahui lebih awal sehingga dapat diperbaiki sebelum masuk pada tahapan selanjutnya. Hal ini berbeda dengan metode perancangan klasik

*) Penulis Korespondensi :

Email : dparoka@eng.unhas.ac.id

dimana proses pengulangan tahapan awal dapat terjadi pada saat salah satu kriteria tidak terpenuhi pada tahapan desain lanjutan.

Pada tahapan awal perancangan yaitu penentuan ukuran utama kapal serta karakteristik geometri lainnya, karakteristik kapal baik yang berhubungan dengan masalah unjuk kerja seperti tahanan dan propulsi maupun yang berhubungan dengan masalah keselamatan seperti stabilitas, kekuatan dan maneuvering sudah harus bisa diprediksi. Prediksi awal tersebut dapat dilakukan berdasarkan rasio ukuran utama kapal [2]. Rasio ukuran utama yang ada saat ini kemungkinan tidak relevan lagi untuk dipakai pada perancangan kapal dalam dua dekade terakhir karena adanya perubahan karakteristik kapal seperti kecepatan kapal serta kesesuaian dengan kondisi lingkungan perairan dan pelabuhan serta karakteristik muatan yang akan diangkut. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian terhadap kapal-kapal yang dibangun dalam kurung waktu tersebut untuk mendapatkan pengaruh karakteristik geometri terhadap keselamatan serta unjuk kerja kapal dalam pelayaran. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan rasio ukuran utama yang cocok sebagai kontrol desain kapal yang akan dibangun saat ini dan di masa yang akan datang.

Salah satu parameter penting yang berhubungan dengan masalah keselamatan kapal dalam pelayaran adalah stabilitas. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kapal dengan sarat rendah atau yang mempunyai perbandingan lebar dengan sarat yang besar cenderung tidak memenuhi salah satu kriteria stabilitas Organisasi Maritim Internasional (IMO) khususnya sudut oleng dimana lengan stabilitas maksimum terjadi. Kapal dengan rasio lebar dan sarat yang besar seperti kapal ferry ro-ro yang dibangun dalam negeri serta kapal-kapal angkutan sungai mempunyai lengan stabilitas maksimum pada sudut oleng lebih kecil dari 25 derajat. Hal ini juga dapat dipengaruhi oleh lambung timbul yang relative kecil atau rasio antara lambung timbul dengan lebar kapal yang kecil [3 – 4]. Bentuk badan kapal yang ada di bawah permukaan air juga mempunyai pengaruh terhadap karakteristik lengan stabilitas kapal khususnya kenaikan dasar kapal (*rise of floor*) [5]. Perubahan karakteristik lengan stabilitas akibat kenaikan dasar kapal tersebut diduga karena perubahan lebar garis air yang signifikan pada saat kapal mengalami kemiringan dengan sudut yang lebih besar dari sudut dimana bilga kapal mulai muncul ke permukaan air.

Kapal ferry ro-ro yang beroperasi di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan angkutan penyeberangan antar pulau memiliki karakteristik

geometri berupa lebar kapal besar untuk mengangkut kendaraan serta sarat yang kecil untuk menyesuaikan dengan kondisi pelabuhan [6]. Dengan demikian perbandingan antara lebar dan sarat besar. Lambung timbul kapal penyeberangan antar pulau juga tergolong kecil dengan pertimbangan kemudahan bongkar muat kendaraan khususnya pada pelabuhan dengan perbedaan pasang surut yang cukup besar. Rasio antar lambung timbul dan lebar kapal oleh karena itu relatif kecil. Dengan karakteristik geometri seperti itu, lengan stabilitas maksimum cenderung untuk terjadi pada sudut kemiringan kurang dari 25 derajat [3 – 4].

Paper ini membahas pengaruh karakteristik geometri kapal yang meliputi perbandingan ukuran utama serta koefisien bentuk terhadap stabilitas kapal ferry ro-ro yang beroperasi di Indonesia. Karakteristik geometri yang berhubungan dengan stabilitas adalah perbandingan antara lebar dan sarat kapal, perbandingan antara lambung timbul dan lebar kapal serta koefisien bentuk kapal. Pada paper ini hanya membahas dua yang pertama yaitu perbandingan lebar dan sarat serta perbandingan antara lambung timbul dan lebar kapal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai batas atau rentang rasio lebar dan sarat serta rasio lambung timbul dan lebar kapal dengan karakteristik lengan stabilitas yang masih memenuhi kriteria stabilitas IMO [7]. Manfaat dari penelitian ini adalah dapat dijadikan rujukan untuk desain kapal ferry ro-ro sehingga proses desain dapat lebih cepat, menjadi rujukan untuk penelitian lanjutan mengenai penentuan lambung timbul minimum serta dasar penentuan lambung timbul minimum kapal ferry ro-ro yang beroperasi di Indonesia.

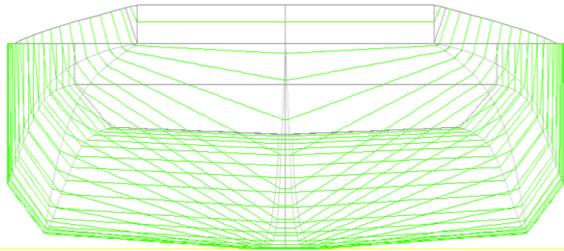
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan sampel 4 (empat) kapal penyeberangan antar pulau dengan kapasitas yang berbeda. Data teknis berupa ukuran utama serta *bodyplan* dari kapal sampel dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Ukuran utama kapal

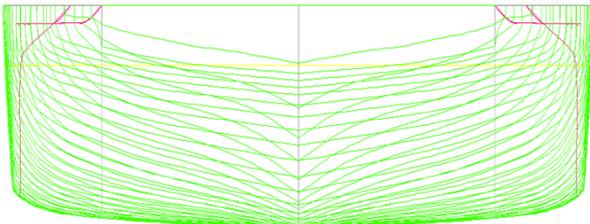
Ukuran Utama	Gross Tonnage (GT)			
	200	300	500	600
Lbp (m)	24,18	38,00	33,00	40,00
B (m)	9,00	10,50	11,60	12,00
H (m)	2,70	2,80	3,10	3,20
T (m)	1,90	2,00	1,85	2,15
Fb (m)	0,80	0,80	1,25	1,15
Cb	0,68	0,74	0,57	0,71
B/T	4,73	5,25	6,27	5,58
Fb/B	0,09	0,08	0,11	0,09

200 GRT



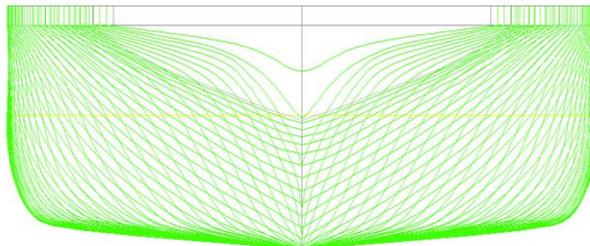
(a)

300 GRT



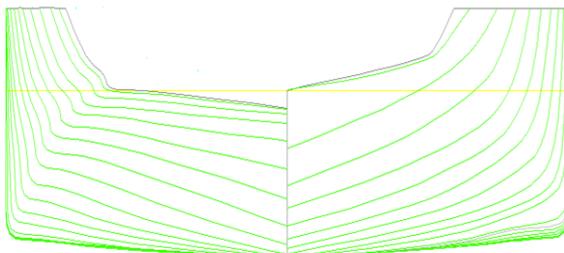
(b)

500 GRT



(c)

600 GRT



(d)

Gambar 1. *Body plan* kapal sampel: (a) 200 GT, (b) 300 GT, (c) 500 GT, (d) 600 GT

Untuk mendapatkan rentang rasio lebar dan sarat serta rasio lambung timbul dan lebar kapal, penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: **Tahap pertama** adalah menentukan variasi rasio lebar dan sarat melalui variasi sarat dengan lebar kapal tetap. Variasi sarat kapal dilakukan dengan mengambil minimal 2 (dua) sarat yang lebih kecil dari sarat desain seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan minimal 2 (dua) sarat yang lebih besar dari sarat desain dengan selisih rasio lebar dan sarat adalah 0,50.

Metode yang sama dilakukan untuk mengamati pengaruh perbandingan antara lambung timbul dan lebar kapal dengan rentang rasio lambung timbul dan lebar 0,01 sampai 0,17 dengan kenaikan 0,02. Variasi rasio lambung timbul dan lebar dilakukan melalui variasi tinggi kapal dengan asumsi sarat kapal tetap. Titik berat kapal (KG) juga divariasikan mulai dari 0,4 H sampai 1,0 H. Pada kenyataannya, 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.

Tahap kedua adalah perhitungan lengan stabilitas pada setiap rasio lebar dan sarat untuk setiap variasi titik berat dihitung dengan menggunakan metode Benyamin Spance melalui bantuan software Maxurf. Lengan stabilitas untuk setiap rasio lambung timbul dan lebar kapal pada setiap variasi titik berat juga dihitung dengan menggunakan metode yang sama.

Tahap ketiga adalah evaluasi hasil perhitungan lengan stabilitas terhadap kriteria stabilitas IMO. Pada tahapan ini diperoleh kombinasi rasio lebar dan sarat dengan titik berat yang memenuhi kriteria stabilitas. Kombinasi rasio lambung timbul dan lebar dengan titik berat yang memenuhi kriteria stabilitas IMO juga akan diperoleh berdasarkan lengan stabilitas pada setiap kombinasi tersebut.

Tahap keempat yaitu interpretasi dan analisis terhadap kombinasi rasio lebar dan sarat serta rasio lambung timbul dan lebar dengan titik berat yang memenuhi kriteria stabilitas untuk mengamati kecenderungan perubahan mendapatkan nilai minimum rasio atau rentang rasio sebagai dasar penentuan ukuran utama untuk desain kapal ferry ro-ro. Dari rentang rasio tersebut selanjutnya dapat dianalisis nilai minimum rasio lebar dan sarat kapal serta rasio lambung timbul dan lebar kapal yang realistik untuk kapal ferry ro-ro Indonesia.

Beberapa parameter atau variabel yang dapat berpengaruh pada stabilitas seperti bangunan atas tidak diperhitungkan. Lengan stabilitas hanya

dievaluasi terhadap kriteria umum tanpa mempertimbangkan momen pengganggu seperti momen penumpang, momen cakar serta momen angin dan kriteria cuaca.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

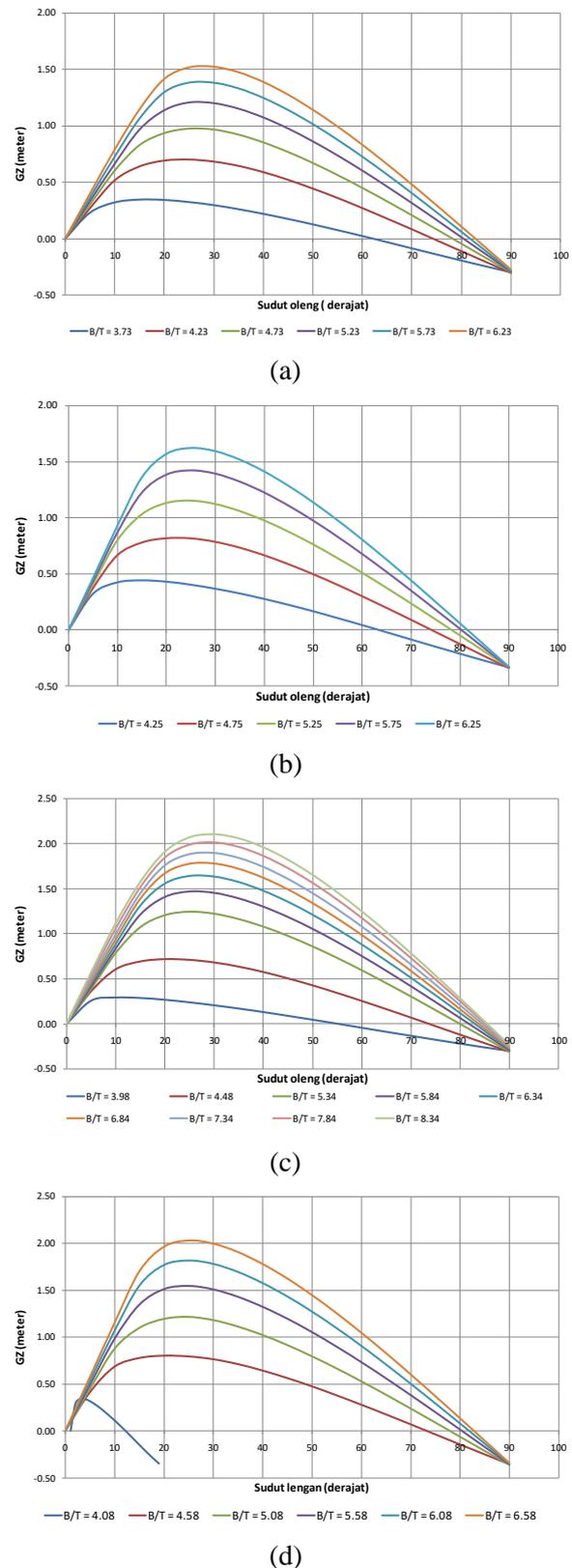
3.1. Pengaruh Rasio Lebar dan Sarat

Hasil perhitungan lengan stabilitas untuk masing-masing kapal sampel untuk setiap rasio lebar dan sarat kapal ditunjukkan pada Gambar 2 untuk titik berat kapal (KG) 1,80 meter. Keempat gambar di atas menunjukkan bahwa makin besar rasio lebar dan sarat kapal, lengan stabilitas akan semakin besar. Dengan demikian, luas di bawah kurva sampai sudut kemiringan tertentu juga akan semakin besar. Perubahan lengan stabilitas cenderung semakin kecil dengan bertambahnya rasio lebar dan sarat kapal. Makin kecil sarat kapal, lambung timbul kapal semakin besar sehingga sudut kemiringan sampai tepi geladak terbenam ke dalam air juga akan semakin besar. Lebar garis air kapal akan semakin besar dengan bertambahnya sudut kemiringan sampai sudut kemiringan dimana tepi geladak terbenam dalam air. Akibat dari fenomena tersebut, jari-jari metasentra (MB) semakin besar sehingga lengan stabilitas juga menjadi semakin besar dengan bertambahnya rasio lebar dan sarat kapal. Fakta ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Paroka, et., al. [8] untuk kapal ikan type purse seine.

Sudut kemiringan dengan lengan stabilitas maksimum juga cenderung untuk bertambah besar dengan bertambahnya rasio lebar dan sarat kapal. Besar pertambahan sudut kemiringan dengan lengan stabilitas maksimum semakin kecil ketika rasio lebar dan sarat kapal semakin besar. Pada rasio lebar dan sarat yang kecil atau sarat kapal yang relatif besar, sudut dimana lengan stabilitas maksimum terjadi sangat dipengaruhi oleh lambung timbul. Ketika sarat kapal diperkecil atau timbul.

Hal ini disebabkan karena perubahan momen inersia garis air yang akan menjadi lebih kecil ketika sudut kemiringan lebih besar dari sudut dimana dasar kapal muncul di atas permukaan air. Penurunan momen inersia garis air menyebabkan jari-jari metacentra kapal berkurang sehingga lengang stabilitas juga menjadi semakin kecil. Oleh karena itu, perubahan sudut kemiringan dimana lengan stabilitas maksimum terjadi

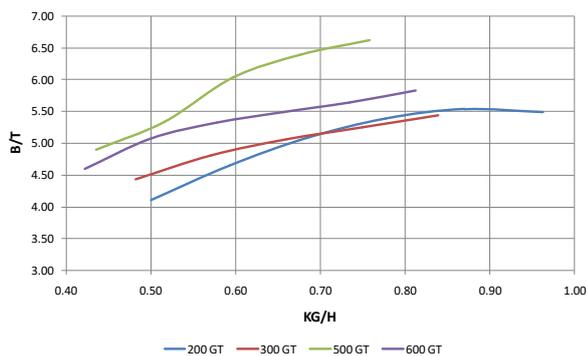
semakin kecil pada rasio lebar dan tinggi kapal yang besar. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa pengaruh rasio lebar dan sarat kapal semakin kecil dengan bertambahnya rasio tersebut.



Gambar 2. Lengan stabilitas pada variasi rasio lebar dan sarat kapal: (a) 200 GT, (b) 300 GT, (c) 500 GT, (d) 600 GT.

Sudut kemiringan dengan lengan stabilitas nol (*angle of vanishing stability*) semakin besar dengan bertambahnya rasio lebar dan sarat kapal. Perubahan *angle of vanishing stability* akibat perubahan rasio lebar dan sarat kapal tersebut juga disebabkan oleh perubahan karakteristik garis air ketika sudut kemiringan lebih besar dari sudut kemiringan dimana geladak kapal tercelup ke dalam air serta sudut kemiringan dimana dasar kapal muncul di atas permukaan air. Akan tetapi, berdasarkan karakteristik lengan stabilitas yang ditunjukkan pada Gambar 2, pengaruh lambung timbul atau sudut dimana tepi geladak tercelup dalam air lebih signifikan dibandingkan dengan sudut dimana dasar kapal muncul di atas permukaan air.

Secara umum luas di bawah kurva lengan stabilitas untuk semua rasio lebar dan sarat kapal memenuhi kriteria stabilitas IMO kecuali rasio lebar dan sarat kapal sama dengan 4,08 untuk kapal 600 GT. Begitu juga dengan tinggi metacentra awal (GM_0) untuk semua rasio lebar dan tinggi kapal lebih besar dari 0,20 meter. Sudut kemiringan dimana lengan stabilitas maksimum terjadi tidak memenuhi kriteria stabilitas IMO untuk beberapa rasio lebar dan sarat kapal. Berdasarkan hasil evaluasi terhadap kriteria stabilitas, rasio minimum lebar dan sarat kapal sebagai fungsi dari rasio titik berat kapal (KG) dan tinggi kapal yang memenuhi kriteria stabilitas IMO seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rasio lebar dan sarat yang memenuhi kriteria stabilitas IMO

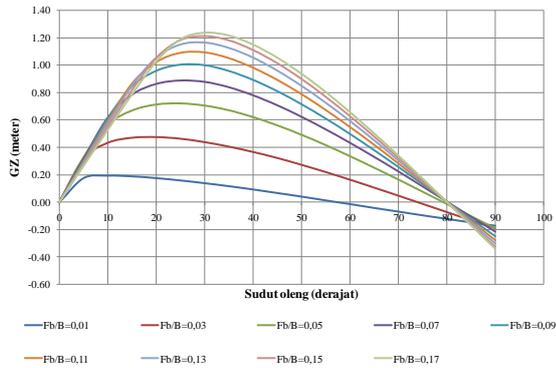
Kapal 500 GT mempunyai rasio lebar dan sarat yang paling besar untuk rasio titik berat (KG) dan tinggi kapal yang sama. Rasio lebar dan sarat terkecil diperoleh pada kapal 200 GT yang mana hampir sama dengan kapal 300 GT. Gambar 3 di atas juga menunjukkan bahwa makin besar rasio titik berat dan tinggi kapal, makin besar rasio lebar dan sarat kapal yang dibutuhkan untuk memenuhi kriteria stabilitas IMO. Rasio lebar dan sarat kapal maksimum yang memenuhi kriteria stabilitas sebuah kapal juga dipengaruhi oleh

koefisien blok dari kapal tersebut. Makin kecil koefisien blok, makin besar rasio minimum lebar dan sarat kapal yang dibutuhkan untuk memenuhi kriteria stabilitas IMO khususnya sudut kemiringan dimana lengan stabilitas maksimum terjadi. Kapal 500 GT mempunyai koefisien blok terkecil untuk semua rasio lebar dan sarat kapal. Rasio lebar dan sarat kapal minimum yang memenuhi kriteria stabilitas adalah 4,00 dengan rasio titik berat dan tinggi kapal sama dengan 0,40. Jika titik berat kapal fery minimum adalah 70 persen dari tinggi kapal maka rasio lebar dan tinggi kapal minimum harus lebih besar dari 5,00.

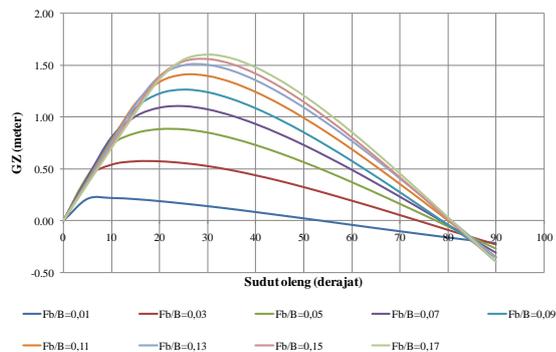
3.2. Pengaruh Rasio Lambung Timbul dan Lebar

Kurva lengan stabilitas kapal sampel untuk setiap variasi rasio lambung timbul dan lebar kapal untuk titik berat (KG) sama dengan 70 persen tinggi kapal ditunjukkan pada Gambar 4. Seperti halnya pada perubahan rasio lebar dan sarat kapal, lengan stabilitas kapal juga akan semakin besar dengan bertambahnya rasio lambung timbul dan lebar kapal. Akan tetapi, pada besaran rasio tertentu, pertambahan lengan stabilitas semakin kecil bahkan cenderung konstan dengan kenaikan lambung timbul. Faktor yang berpengaruh terhadap fenomena ini sama dengan yang dijelaskan pada sub bab sebelumnya, yaitu perubahan momen inersia garis air akibat dari perubahan lebar garis air yang terjadi secara drastis pada saat tepi geladak kapal sudah terbenam ke dalam air atau dasar kapal muncul di atas permukaan air. Dengan melihat perubahan kurva lengan stabilitas yang ditunjukkan pada Gambar 4, dapat disimpulkan bahwa pada rasio lambung timbul dan lebar kapal tertentu, penambahan lambung timbul atau kenaikan rasio tersebut tidak akan berpengaruh secara signifikan terhadap karakteristik lengan stabilitas dari kapal yang bersangkutan.

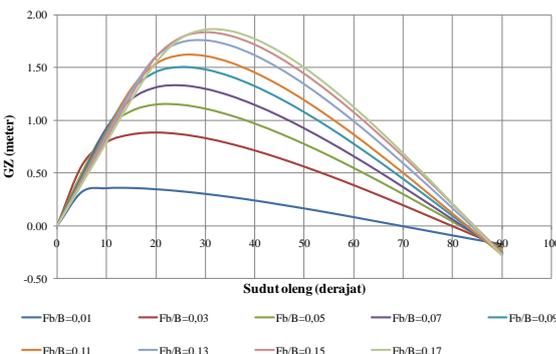
Apabila lambung timbul kapal relatif kecil, pengurangan lengan stabilitas secara signifikan akan terjadi ketika sudut kemiringan lebih besar dari sudut kemiringan dimana tepi geladak terbenam ke dalam air. Makin besar lambung timbul, sudut kemiringan dimana tepi geladak terbenam ke dalam air juga akan semakin besar sehingga perubahan lengan stabilitas secara signifikan akan terjadi pada sudut kemiringan yang lebih besar. Oleh karena itu, lengan stabilitas semakin besar dengan bertambahnya lambung timbul. Begitu pula dengan sudut kemiringan dimana lengan stabilitas maksimum terjadi juga akan semakin besar dengan bertambahnya lambung timbul.



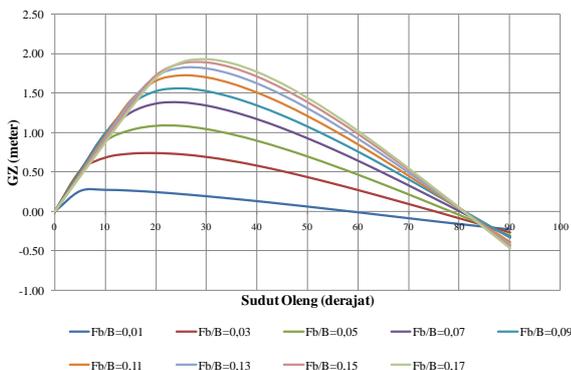
(a)



(b)



(c)

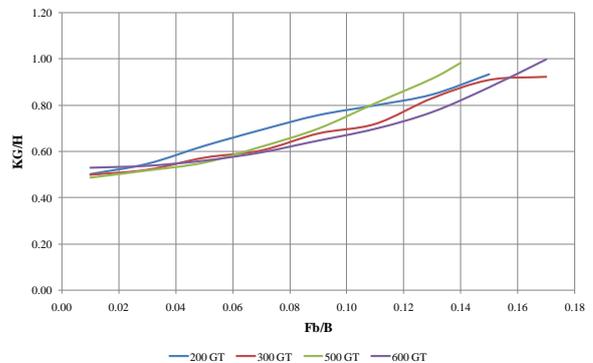


(d)

Gambar 4. Lengan stabilitas pada variasi rasio lambung timbul dan lebar kapal (a) 200 GT, (b) 300 GT, (c) 500 GT, (d) 600 GT

Pada lambung timbul yang cukup besar, meskipun sudut kemiringan lebih kecil dari sudut kemiringan dimana tepi geladak terbenam ke dalam air, pengurangan lengan stabilitas dapat terjadi akibat dasar kapal yang muncul di permukaan air. Berdasarkan kecenderungan perubahan lengan stabilitas yang ditunjukkan pada Gambar 4, pengaruh penambahan lambung timbul mempunyai pengaruh terhadap stabilitas lebih besar dibandingkan dengan pengaruh munculnya dasar kapal di atas permukaan air akibat sarat kapal yang kecil.

Evaluasi karakteristik lengan stabilitas dengan kriteria stabilitas IMO akan diperoleh batasan lambung timbul atau rasio lambung timbul dan lebar kapal minimum untuk masing-masing sampel kapal seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Kriteria yang sangat sensitive terhadap perubahan lambung timbul adalah sudut kemiringan dimana lengan stabilitas maksimum terjadi. Gambar 5 menunjukkan bahwa makin besar lambung timbul atau makin tinggi rasio lambung timbul dan tinggi kapal, titik berat kapal yang masih memenuhi kriteria stabilitas juga menjadi semakin besar.



Gambar 5. Rasio lambung timbul dan lebar kapal yang memenuhi kriteria stabilitas IMO

Perbedaan rasio lambung timbul dan tinggi kapal untuk keempat sampel kapal tidak terlalu signifikan khususnya pada rasio lebar dan sarat kapal lebih kecil dari 0,060. Dengan asumsi bahwa rasio titik berat dan tinggi kapal lebih besar dari 0,70, maka rasio lambung timbul dan lebar kapal disarankan tidak kurang dari 0,10. Dari data teknis kapal sampel, rasio lambung timbul dan lebar kapal berada pada batas minimum berdasarkan hasil analisis seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Perbedaan batas rasio minimum pada Gambar 1 (d) khususnya pada rasio lambung timbul dan lebar yang besar dapat disebabkan oleh perubahan bentuk kapal yang ada di atas permukaan air yang mana dapat direpresentasikan dengan koefisien bentuk kapal khususnya koefisien blok dan koefisien prismatic.

Penambahan lambung timbul untuk variasi rasio dilakukan melalui penambahan tinggi kapal dengan meneruskan kecenderungan bentuk penampang melintang pada setiap seksi sampai dengan tinggi kapal yang diinginkan. Koefisien blok kapal tidak mengalami perubahan akibat penambahan tinggi tersebut karena sarat kapal tidak mengalami perubahan. Untuk mendapatkan pengaruh tersebut perlu dilakukan penelitian lebih lanjut yang mempertimbangkan karakteristik bentuk berdasarkan koefisien-koefisien bentuk kapal tersebut.

Hasil ini juga menunjukkan bahwa penentuan lambung timbul minimum sebagai fungsi dari panjang kapal sebagaimana diatur dalam Keputusan Menteri Perhubungan No. 3 Tahun 2005 tentang penentuan lambung timbul minimum kapal dalam negeri [9] serta *the International Load Line Convention* tahun 2005 [10] perlu mempertimbangkan lebar kapal khususnya untuk kapal-kapal fery. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa makin besar rasio lebar dan sarat, stabilitas kapal akan semakin baik dimana maksimum titik berat yang masih memenuhi kriteria stabilitas semakin besar. Berdasarkan rasio lambung timbul dan lebar kapal juga terlihat bahwa pada rasio lambung timbul dan lebar kapal yang besar, kapal dengan lebar yang lebih besar mempunyai batasan rasio titik berat dan tinggi kapal yang lebih kecil. Pada rasio lambung timbul dan lebar kapal yang lebih kecil dari 0,06, perbedaan karakteristik stabilitas dari semua kapal sampel tidak signifikan. Akan tetapi rasio lambung timbul dan lebar pada tersebut tidak direkomendasikan karena titik berat maksimum untuk rasio tersebut tidak realistis untuk kapal fery.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan sehubungan dengan pengaruh geometri terhadap karakteristik stabilitas kapal dengan mengambil sampel kapal penyeberangan antar pulau, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Semakin besar rasio lebar dan tinggi kapal, stabilitas kapal semakin baik dimana titik berat maksimum yang memenuhi kriteria stabilitas IMO juga menjadi semakin besar. Kapal dengan sarat yang lebih besar akan mempunyai stabilitas yang lebih baik untuk rasio lebar dan sarat kapal yang sama. Rasio lebar dan sarat kapal minimum untuk kapal fery disarankan tidak kurang dari 5,00.
- 2) Semakin besar rasio lambung timbul dan lebar kapal, stabilitas kapal semakin baik dimana

titik berat maksimum yang memenuhi kriteria stabilitas juga semakin besar. Pada rasio lebih kecil dari 0,06 keempat kapal sampel mempunyai batasan rasio titik berat dan tinggi kapal yang hampir sama tetapi pada rasio lebih besar dari 0,10, rasio titik berat dan tinggi kapal mempunyai variasi yang semakin besar. Hasil ini menunjukkan bahwa karakteristik bentuk seperti koefisien bentuk kapal mempunyai pengaruh signifikan terhadap stabilitas pada rasio lambung timbul dan lebar kapal lebih besar dari 0,10.

- 3) Untuk mendapatkan pengaruh karakteristik geometri yang lain khususnya koefisien bentuk kapal, disarankan untuk penelitian lanjutan dengan sampel kapal yang bervariasi dari segi type dan bentuk lambung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Data sampel kapal fery ro-ro yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari PT. Indonesia Ferry (Persero). Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Indonesia Ferry (Persero). Terima kasih juga disampaikan kepada Muhammad Ardi Sarna yang telah membantu melakukan perhitungan lengan stabilitas kapal sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Vassalos, "Risk-based Design: From Philosophy to Implementation," *The 2nd International Maritime Conference on Design for Safety*, Sakai, Jepang, 2004.
- [2] K.V. Dokkum, *Ship Knowledge : A Modern Encyclopedia*, Dokmar, the Netherlands, 2003.
- [3] D. Paroka, "Analisis Tinggi Metacentra Dan Lambung Timbul Minimum Kapal Penyeberangan Antar Pulau," *Prosiding Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2009.
- [4] B. Ali, "Evaluasi Bertin's Coefficient Pada Prediksi Roll Kapal Sarat Rendah Dalam Weather Criterion," *Prosiding Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Kelautan*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2011.
- [5] D. Paroka and N. Umeda, N. "Effect of Freeboard and Metacentric Height on Capsizing Probability of Purse Seiners in Beam Seas," *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 12, No. 3, pp. 150 – 159, 2007.

- [6] S. Asri, M.S. Pallu, M.A. Thaha and Mislihah, "Intact Stability Criteria and Its Impact on Design of Indonesian Ro-Ro Ferries," *International Journal of Engineering Research & Technology*, Vol. 3, No. 3, pp. 1774 – 1779, 2014.
- [7] International Maritime Organization (IMO), "Stability Criteria for All Types of Ships," International Maritime Organization, London, 2002.
- [8] D. Paroka and N. Umeda, "Prediction of Capsizing Probability for a Ship with Trapped Water on Deck," *Journal of Marine science and Technology*, Vol. 11, No. 4, pp. 237 – 244, 2006.
- [9] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Perhubungan Nomor : KM 3 Tahun 2005 Tentang Lambung Timbul Kapal Dalam Negeri," Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, Jakarta, 2005.
- [10] International Maritime Organization (IMO), "International Load Line Convention : Consolidate Edition 2005," International Matirime Organization, London, 2005.