

Analisis Pengaruh Posisi *Side hull* terhadap Karakteristik *Rolling Motion* dengan Metode *Trochoidal Curve* pada Kapal Trimaran

Wilma Amiruddin *, Hartono Yudo

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

Abstrak

Modifikasi kapal ikan menjadi kapal trimaran akan memperluas geladak kapal. Pada proses modifikasi ini, posisi *side hull* akan memberikan pengaruh terhadap karakteristik *rolling motion* kapal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh posisi *side hull* terhadap karakteristik *rolling motion*. Sinkronisasi gelombang dapat menyebabkan terjadinya ayunan yang besar pada kapal. Pada penelitian ini terdapat dua model kapal yang dianalisis, yakni model kapal 1 (10 m x 12 m), dan model kapal 2 (12 m x 10 m). Analisis dilakukan berdasarkan perhitungan hidrostatis dengan menggunakan *Delftship* dan perubahan energi dengan pendekatan teori gelombang *Trochoidal Curve*. Hasil analisis menunjukkan semua model berpeluang besar untuk mendapatkan kondisi sinkronisasi. Hal ini disebabkan karena nilai periode *rolling* kapal (T) menjadi jauh lebih kecil dari pada nilai periode usikan gelombang (T_e). Posisi *side hull* tidak memberikan pengaruh signifikan pada model untuk displasemen tetap. Model kapal 1 memiliki nilai periode *rolling* sebesar 2,4 dt dan model kapal 2 memiliki nilai periode *rolling* kapal sebesar 2 dt. Nilai ini jauh di bawah nilai periode *rolling* dari kapal monohull sebelum modifikasi (T) yakni sebesar 6 dan batas minimal untuk kapal ikan (T) sebesar 5,5 dt. Perubahan ini menghasilkan karakteristik ayunan melintang atau *rolling motion* yang cukup besar.

Kata kunci: *side hull*; trimaran; *rolling motion*; sinkronisasi

Abstract

[Title: Analysis Of The Effect Of Side Hull Position On Rolling Motion Characteristics On Trimaran Ship] Modifying a fishing boat into a trimaran will expand the ship's deck. In this modification process, the position of the side hull will influence the rolling motion characteristics of the ship. The objective of this study is to see the probability of synchronism. Synchronism is a situation that can cause a large forced oscillation. Two ship models are analyzed, the ship model 1 (12 x 10) and the ship model 2 (10 x 12). The analysis was carried out based on hydrostatic calculations using *Delftship* and energy changes with the *Trochoidal Curve* theory approach. The analysis results show that all models have a high probability of synchronization conditions. The position of the side hull does not significantly affect the model for fixed displacement. Ship model 1 has a period (T) of 2.4 s, and ship model 2 has a period (T) of 2 s. This value is relatively low compared to the value of the rolling period of the monohull, where the period (T) is 6 s and the minimum limit for fishing vessels (T) is 5.5 s. This change produces a significant rolling motion transverse.

Keywords: *side hull*; trimaran; *rolling motion*; synchronism

1. Pendahuluan

Problem *overcapacity* pada dunia perikanan tangkap telah menurunkan produktivitas hasil tangkapan

nelayan. Hal ini menimbulkan kerugian secara ekonomi. *Overcapacity* adalah kondisi di mana jumlah kapal yang beroperasi di suatu wilayah relatif cukup besar dibandingkan dengan potensi perikananannya. Hal ini menyebabkan eksploitasi kapal ikan untuk menangkap ikan menjadi tidak menguntungkan. Keadaan tersebut dapat diatasi dengan cara mengalih fungsikan kapal ikan

*) Penulis Korespondensi.

E-mail: wilmaamiruddin@gmail.com

untuk tujuan ekonomis yang lain, dengan cara mengubah atau memodifikasi bentuk kapal sedemikian rupa.

Modifikasi kapal untuk mengubah fungsi eksploitasi atau meningkatkan nilai guna tertentu melalui perubahan pada sebagian kecil atau seluruh konstruksi kapal sebenarnya telah menjadi hal yang umum dilakukan. Tujuan utama dari modifikasi struktur kapal ini adalah untuk mencapai manfaat ekonomis dengan tujuan mempertahankan atau meningkatkan produktivitas.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mempertahankan nilai ekonomis kapal ikan adalah mengubahnya menjadi kapal wisata atau kapal ikan *multigear*. Ini dilakukan dengan cara memodifikasi bentuk lambung kapal dari *monohull* ke *multihull*, dalam hal ini bentuk lambung kapal trimaran. Kapal trimaran ini adalah kapal yang memiliki tiga lambung terpisah yang disatukan dalam satu bentuk konstruksi geladak. Bentuk yang demikian menjadikan kapal trimaran memiliki luas geladak yang relatif lebih besar dibanding kapal *monohull* atau jenis yang lain. Luas geladak yang besar ini menjadi keunggulan yang dapat dimanfaatkan. Geladak bisa difungsikan untuk kegiatan yang bersifat produktif. Namun, perubahan ini akan menimbulkan persoalan teknis, antara lain ayunan melintang kapal atau *rolling motion*.

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait dengan perbandingan *performance* kapal *monohull* dengan kapal *multihull*. Hasil modifikasi kapal ikan *monohull* menjadi trimaran telah menimbulkan perubahan pada nilai kecepatan dari 6 knot menjadi 4,2 knot (Amiruddin dkk., 2010). Luas geladak dari kapal *multihull* dapat mencapai 1,3 – 4 kali dari kapal *monohull* (Dubrovsky, 2010) Respon gerakan *roll* pada *sea state 3* (*slight waters*) berkurang seiring dengan berkurang nilai koefisien blok *C_b*. (Iqbal & Rindo, 2015). Respon gaya yang cukup ekstrem terjadi akibat penambahan volume

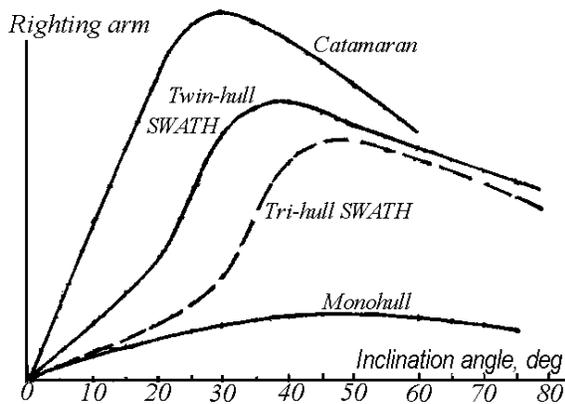
lambung pada samping kapal trimaran (Pastoor dkk., 2004). Gambar 1 menunjukkan perbandingan nilai lengan stabilitas melintang dari beberapa tipe kapal, di mana faktor lengan ini akan berpengaruh terhadap stabilitas dan ayunan kapal.

Gerak ayun melintang kapal atau *rolling motion* sangat dipengaruhi oleh ukuran dari lebar kapal (*B*) dan nilai tinggi metasenter kapal di atas titik berat kapal atau *metacentric height (GM)*. Lebar kapal (*B*) dapat dipengaruhi oleh tingkat kebutuhan luas geladaknya. Area geladak dapat diperluas sedemikian rupa dengan cara memodifikasi bentuk lambung dari *monohull* ke *multihull*. Bentuk lambung *multihull* yang bermacam-macam, memberikan peluang untuk menambahkan lambung kapal lain untuk digabung menjadi satu dalam satu luasan geladak, dengan mengatur jarak antar lambung hingga jarak tertentu sesuai dengan kriteria dengan kebutuhan.

Persoalan yang timbul dari modifikasi kapal ikan sesuai dengan kondisi di lapangan adalah bahwa modifikasi dilakukan dengan memanfaatkan badan kapal yang telah tersedia, baik *main hull* maupun *sidehull*-nya, demikian pula penetapan luas geladaknya disesuaikan dengan kebutuhan. Hal ini mengharuskan untuk membuat evaluasi dengan melakukan sebuah penelitian yang dapat menjawab beberapa persoalan yang mungkin timbul, antara lain bagaimana jarak antar lambung dapat memberikan hambatan minimal, bagaimana lebar kapal dapat memberikan pengaruh yang baik terhadap stabilitas dan olah gerak, bagaimana bentuk konstruksi melintang berpengaruh positif terhadap kekuatan struktur melintang kapalnya, dan sebagainya.

Tujuan dari penelitian ini adalah melihat pengaruh penetapan *side hull* pada kapal trimaran yang direncanakan, sehingga dapat diperoleh suatu model kapal (*prototipe*) yang relatif baik dari aspek kriteria periode *rolling*. Periode *rolling* dapat dijadikan sebagai indikator kenyamanan dan keselamatan, yaitu terhindar dari ayunan besar pada saat kapal berlayar akibat problem sinkronisasi. Perbedaan dari konstruksi model, semata-mata hanya disebabkan karena perbedaan dari posisi *side hull* pada sisi atau arah melintang kapal, dan tidak ada perubahan dari besar desplasemen kapal. Model kapal yang dianggap baik di sini adalah model kapal yang dapat mempertahankan fungsi ekonomisnya dari sebab perluasan geladak utamanya dengan tetap memenuhi kelayakan teknis kapalnya

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menetapkan model kapal dengan ukuran luas geladak kapal (*A_d*) yang sama, demikian juga nilai displasemennya untuk semua model, tetapi dibedakan dalam bentuk ukuran panjang (*L_d*) dan lebarnya geladaknya (*B_d*). Analisis dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan perhitungan hidrostatik serta



Gambar 1. Perbandingan stabilitas untuk beberapa tipe kapal *multihull* dengan *monohull* (Dubrovsky, 2010)

melakukan pendekatan menggunakan teori gelombang *Trochoidal Curve* atau gelombang sinusoidal dalam melihat perubahan energi pada saat kapal berinteraksi dengan gelombang air laut.

2. Metode Penelitian

Terdapat dua model kapal yang akan menjadi acuan modifikasi, dari kapal *monohull* menjadi kapal trimaran. Model yang dimaksud adalah menambahkan lambung kecil di bagian sisi kanan dan kiri (*side hull*) dari lambung utama (*main hull*), dengan jarak mengikuti kebutuhan dari luas geladak. Bentuk lambung baik dari *side hull* maupun *main hull* yang digunakan sebagai acuan dapat dilihat pada Gambar 2, dengan keterangan pada Tabel 1.

Prinsip utama dalam pengujian ini adalah memberikan perlakuan pada model dengan membedakan ukuran pada bentuk geladak (LxB) dengan mempertahankan luasnya (A) pada nilai yang sama. Dengan demikian jarak antara *side hull* dan *main hull* (s/L) akan ditentukan oleh bentuk geladaknya. Penempatan *side hull* di sini akan memberikan fungsi sebagai penumpu geladak di bagian kanan dan kiri kapal. Analisis perubahan bentuk lambung tidak mengubah ukuran dari *sidehull* dan *mainhull*-nya. Perbedaan bentuk lambung tersebut hanya dibatasi pada perubahan bentuk dari konstruksi geladak utama. Displasemen lambung utama dan lambung sisi (*side hull*) bersifat tetap, dengan demikian pergeseran posisi *side hull* tidak merngubah jarak titik berat vertikal kapal terhadap garis basis (VCG), demikian pula dengan jarak titik apung arah vertikal kapal (VCB). Hal ini juga berarti bahwa pergeseran posisi *side hull* bersifat sejajar arah melintang kapal, tidak mengubah jarak titik berat kapal dari *midship* (LCG), jarak titik apung terhadap *midship* (LCB). Pergeseran posisi *side hull* pada arah melintang kapal memberikan pengaruh pada momen inersia melintang kapal (I_x). Momen inersia melintang ini berpengaruh pada besarnya nilai radius metasenter melintang kapal. Momen inersia ini merupakan fungsi dari luas bidang garis air. Perubahan radius metasenter tersebut secara langsung akan menentukan besarnya nilai tinggi metasenter di atas titik berat kapal (MG). Sedangkan periode *rolling* kapal merupakan fungsi dari lebar kapal (B) dan tinggi metasenter (MG).



Gambar 2. Kapal ikan 10 GT sebagai *main hull* yang akan dimodifikasi dengan menambahkan *sidehull* yang akan membentuk kapal trimaran.

Peristiwa resonansi atau sinkronisasi gelombang adalah peristiwa bertemunya dua gelombang dalam frekwensi yang sama, sehingga menimbulkan getaran, ayunan, atau olengan yang cukup besar. Peristiwa sinkronisasi gelombang ini sedapat mungkin harus dihindari. Periode *rolling* kapal (periode natural) dalam nilai-nilai tertentu ketika pergerakan kapal bertemu dengan gelombang, memiliki potensi terjadinya peristiwa sinkronisasi gelombang. Gelombang bersama-sama dengan gerakan kapal akan membentuk sebuah periode gabungan atau periode usikan gelombang (T_e) yang nilainya merupakan fungsi dari panjang gelombang (L_w) dan kecepatan kapal (V_s).

Berdasarkan uraian di atas maka peluang terjadinya sinkronisasi gelombang pada saat kapal berlayar, dapat diprediksi melalui Persamaan 5 atau Persamaan 6 yang serupa.

2.1. Periode *rolling* kapal

Periode *rolling* yang terjadi pada badan kapal adalah periode natural yang digunakan sebagai dasar dalam menetapkan kemungkinan terjadinya peristiwa *synchronism*. Periode *rolling* kapal dapat dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$T = \frac{C \cdot B}{\sqrt{GM}} \tag{1}$$

dimana C adalah konstanta (C sebesar 0,4 untuk *merchant ships*); B adalah ukuran lebar kapal, T adalah

Tabel 1. Ukuran utama dari *Main hull* dan *Side hull*

Dimensi	Bagian Kapal	
	<i>Main hull</i> (meter)	<i>Side hull</i> (meter)
Panjang seluruh (Loa)	11,3	6,4
Panjang garis air (Lwl)	8	5,7
Lebar kapal (B)	3,1	1
Tinggi Sarat kapal (T)	0,8	0,4
Tinggi kapal (H)	1,25	0,9

periode *rolling* melintang kapal; *GM* merupakan tinggi metasenter di atas pusat gravitasi (titik berat) kapal.

Terkait dengan besarnya nilai periode *rolling* (*T*) ini terdapat acuan : T_{ϕ} sebesar 20 – 25 dt untuk kapal penumpang, dan T_{ϕ} sebesar 5,5 – 7 dt untuk kapal ikan (Burger & Corbet, 1966). Periode pertemuan antara kapal dengan gelombang (periode *encounter*, *Te*), dapat dijelaskan melalui Persamaan 2, 3, 4 dan 5.

$$Te = \frac{L}{v_w - v \cos \alpha}, \text{ (ft)} \quad (2)$$

Konversi nilai v_w dan v dalam persamaan di atas ke dalam knots, akan diperoleh Persamaan 3.

$$Te = \frac{L}{1,69(V_w - V \cos \alpha)} \quad (3)$$

Karena $V_w = 1,34 \sqrt{L}$, maka diperoleh Persamaan 4.

$$Te = \frac{L}{2,29\sqrt{L} - 1,69V \cos \alpha} \text{ (sec)} \quad (4)$$

Nilai *Te* adalah representasi dari nilai frekwensi gabungan atau usikan gelombang ω_e , dalam kasus ini dapat ditunjukkan dalam Persamaan 3.

$$\omega_e = \omega_e \left(1 - \frac{\omega_w V}{g} \cos \mu \right) \quad (5)$$

2.2. Kondisi sinkronisasi (*synchronism*)

Peristiwa osilasi atau ayunan melintang kapal yang cukup besar akan terjadi ketika nilai periode *rolling* natural kapal (*T*) sama besarnya dengan nilai periode gabungan (*Te*). Kesamaan periode tersebut secara langsung menggambarkan kesamaan frekwensi dari dua obyek yang berosilasi, yaitu olengan kapal yang bertemu dengan ayunan gelombang. Dalam kasus ini periode *rolling* kapal (*T*) sedapat mungkin memiliki nilai lebih besar dari pada periode *encounter* (*Te*), atau frekwensi ayunan kapal lebih kecil dari frekwensi ayunan dari gelombang laut saat bertemu dengan badan kapal.

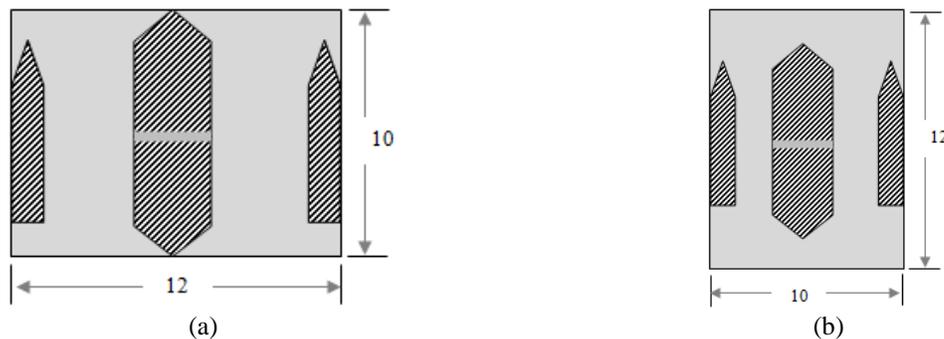
Terdapat dua model kapal yang akan menjadi acuan modifikasi, dari kapal *monohull* menjadi kapal katamaran. Perbedaan perlakuan dari ketiga model

terletak pada bentuk geladak dengan luas total yang sama. Perbedaan ukuran geladak tersebut secara otomatis akan diikuti pula oleh perubahan posisi dari *side hull*. Ukuran geladak (*Ld* x *Bd*) dari kedua model tersebut masing masing adalah ukuran 10 m x 12 m untuk model kapal 1, dan ukuran 12 m x 10 m untuk model kapal 2. Gambar 3 menunjukkan gambar model kapal trimaran sebagai variasi penempatan *side hull* sebagaimana dimaksud. Guna mendapatkan parameter hitung yang dibutuhkan, maka dilakukan perhitungan hidrostatik dengan menggunakan *software* Delftship dan pembuatan *lines plan* sebagaimana tertera pada Gambar 4. Penghitungan hidrostatik untuk parameter yang dibutuhkan antara lain volume *main hull* (*V*) sebesar 9,8 m³, volume *side hull* sebesar 1,14 m³ (dua *side hull* (*V*) sebesar 2,28 m³), total volume kapal (*V*) sebesar 12,1 m³. Titik tekan gaya apung vertikal (*VCB*) sebesar 0,56 m dan moment inersia melintang gabungan 104 m⁴.

Ukuran panjang gelombang yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan disesuaikan dengan kondisi di mana kapal dioperasikan yaitu panjang gelombang lebih kecil dari 50 meter (± 164 ft), maka ditetapkan nilai panjang gelombang sebagai acuan panjang perhitungan mulai dari ukuran panjang gelombang sama dengan panjang kapal, dan setelah itu berlaku kelipatannya. Panjang gelombang (*Lw*) acuan perhitungan yang dimaksud antara lain: panjang gelombang (*Lw*) sebesar 26, 52, 78, 104, dan 130 (dalam ft). Variasi kecepatan kapal yang diperhitungkan adalah kecepatan kapal (*V*) sebesar 3, 4,2 dan 6 knot. Kecepatan (*V*) sebesar 4,2 knot adalah kecepatan estimasi setelah kapal *monohull* dimodifikasi kapal menjadi kapal katamaran. Arah gerak maju kapal diukur dari garis diametral kapal dengan penyimpangan mulai dari sudut 0° hingga 180 °.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data hidrostatik hasil perhitungan, diperoleh nilai periode *rolling* kapal (*T*) pada model kapal 1 sebesar 2,4 dt, dan pada model kapal 2 sebesar 2 dt. Nilai titik metasenter di atas titik berat vertikal (*MG*) sebesar 8,4 m. Variasi nilai dari periode usikan



Gambar 3. Model kapal trimaran sebagai variasi penempatan *side hull* ; (a) model kapal 1, dan (b) model kapal 2

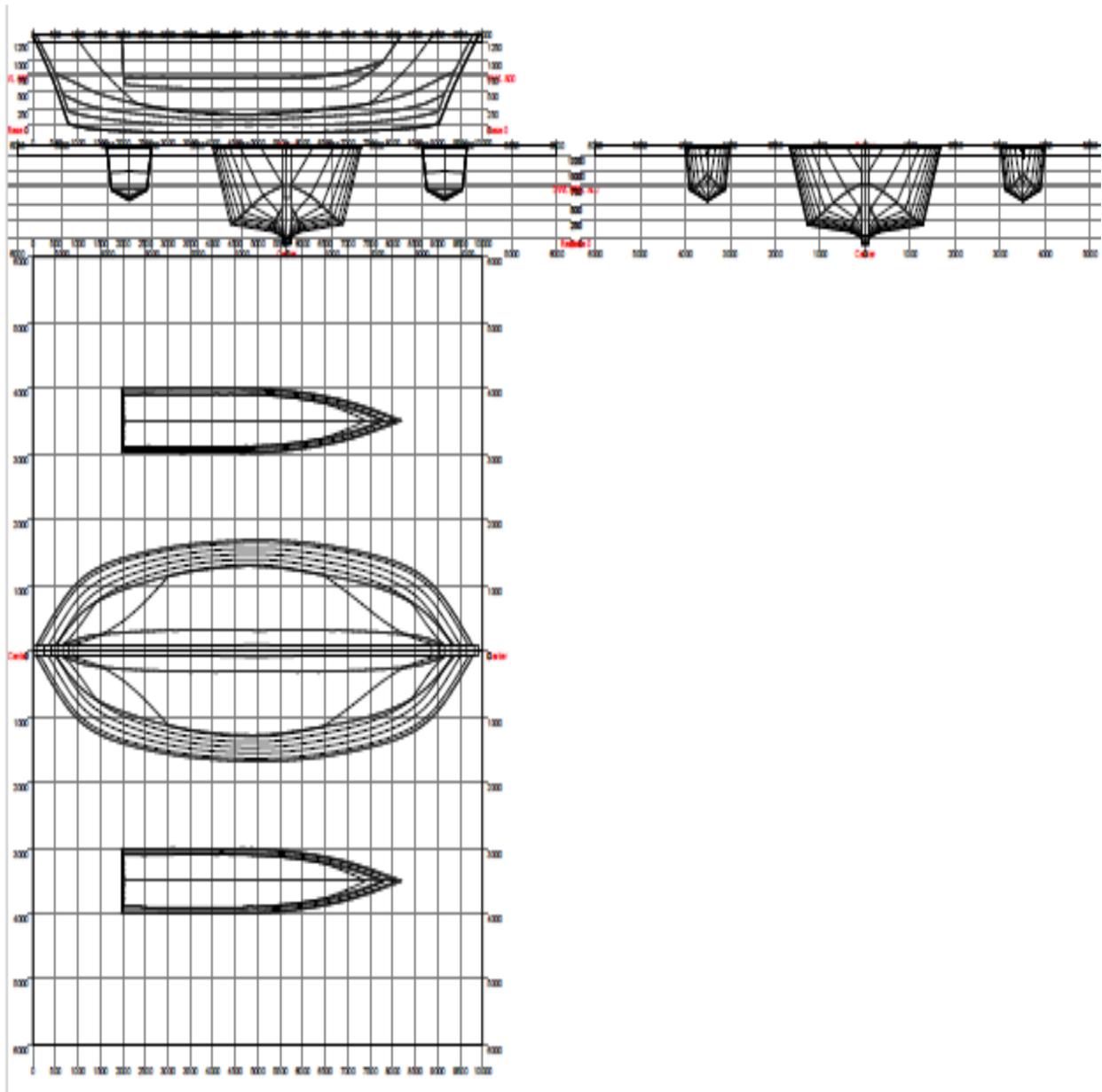
gelombang (T_e) ditentukan oleh nilai panjang dan arah (sudut) gelombang serta variasi kecepatan kapal. Variasi nilai periode usikan gelombang (T_e) tersebut akan memberikan peluang akan terjadinya peristiwa sinkronisasi. Hasil perhitungan tentang peluang periode *rolling* ini dapat dilihat pada Gambar 5 – 10.

3.1 Pengaruh ukuran lebar kapal (B) dan posisi *side hull*

Berdasarkan hasil analisis data dapat diketahui bahwa modifikasi kapal dari *monohull* menjadi kapal trimaran memberikan pengaruh terhadap periode *rolling* yang cukup besar. Kedua model kapal menunjukkan nilai

periode yang sangat kecil dibandingkan dengan periode usikan gelombang (T_e). Periode *rolling* natural model kapal 1 (T) sebesar 2,4 dt dan model kapal 2 (T) sebesar 2 dt, sedangkan periode usikan gelombang (T_e) dari berbagai keadaan kecepatan, panjang dan arah gelombang bervariasi antara 2 – 8 dt.

Periode gelombang gabungan atau usikan (T_e) ini akan meningkat nilainya seiring dengan meningkatnya nilai kecepatan kapal (V_s), dan naiknya nilai panjang gelombang (L_w) dan hal ini akan berlaku sebaliknya. Naiknya nilai periode usikan gelombang (T_e) terhadap periode *rolling* kapal (T) menyebabkan peluang

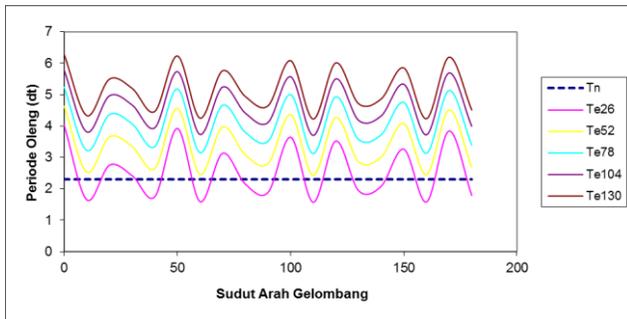


Gambar 4. Gambar rencana garis kapal katamaran hasil modifikasi

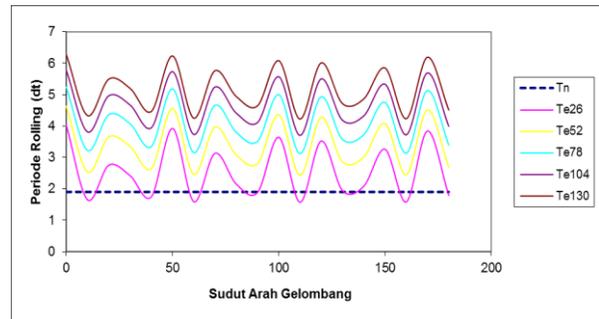
sinkronisasi menjadi relatif lebih besar. Hal ini akan berlaku sebaliknya. Kondisi peluang sinkronisasi sebagaimana dimaksud dapat dilihat pada Gambar 5 – 10.

Nilai periode *rolling* kapal (T) model yang hasil analisis menunjukkan bahwa nilainya jauh berada di bawah ketentuan syarat minimal untuk kapal ikan yaitu 5,5 dt, dan nilai periode sebelum kapal dimodifikasi sebesar 6 dt. Perbandingan pengaruhnya ketika kapal memiliki periode *rolling* pada batas minimum kriteria, dapat dilihat pada Gambar 11. Kriteria tersebut diterapkan dengan mengambil contoh pada perlakuan kecepatan kapal (V_s) sebesar 3 knot untuk model kapal 1, dengan prediksi panjang dan arah gelombang yang sama.

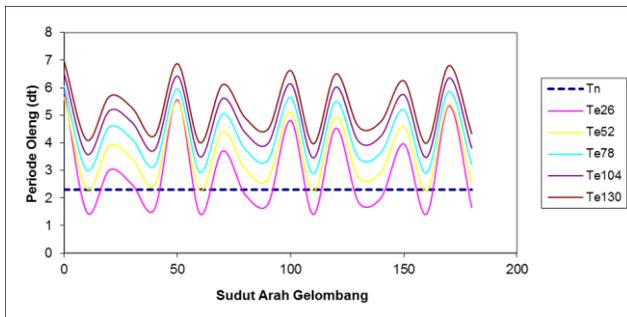
Terlihat pada gambar tersebut bahwa peluang terjadi sinkronisasi terdeteksi pada kesamaan periode, di mana pada periode yang sama ini gerakan kapal saat berinteraksi dengan gerakan gelombang memiliki frekwensi yang sama. Kondisi ini menunjukkan peluang kesamaan periode yang relatif kecil sehingga peluang terjadinya sinkronisasi ini menjadi kecil. Peluang tersebut akan menjadi semakin kecil dengan naiknya nilai periode *rolling* kapal (T). Perubahan nilai momen inersia arah melintang kapal menjadi sangat besar akibat modifikasi tersebut. Hal tersebut disebabkan karena adanya tambahan massa kapal dan perubahan permukaan luas bidang garis air atau bagian yang tercelup. Perubahan dari



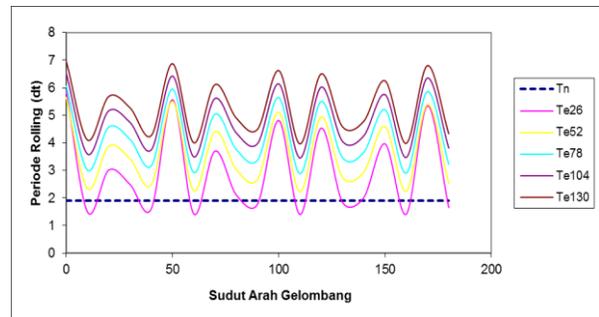
Gambar 5. Periode *rolling* model kapal 1, diukur pada $V_s = 3$ knot.



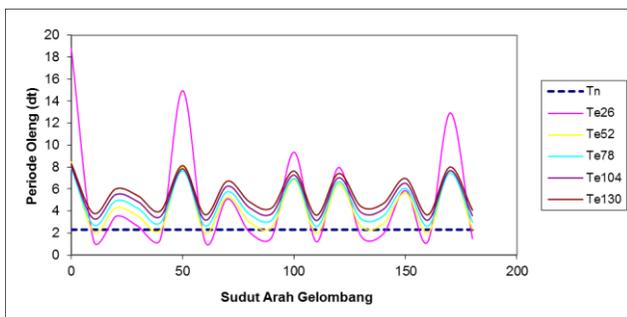
Gambar 6. Periode *rolling* model kapal 2, diukur pada $V_s = 3$ knot.



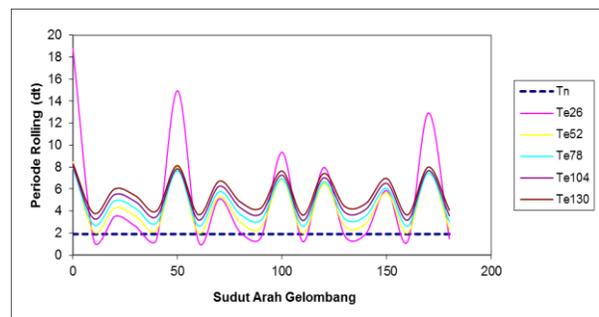
Gambar 7. Periode *rolling* model kapal 1, diukur pada $V_s = 4,2$ knot.



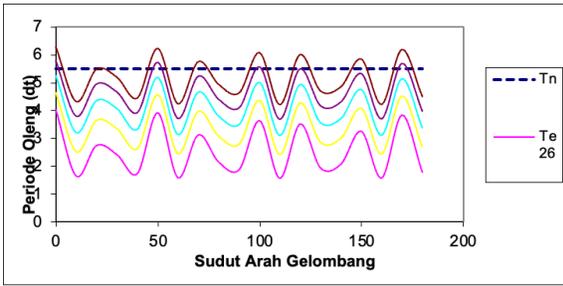
Gambar 8. Periode *rolling* model kapal 2, diukur pada $V_s = 4,2$ knot.



Gambar 9. Periode *rolling* model kapal 1, diukur pada $V_s = 6$ knot.



Gambar 10. Periode *rolling* model kapal 2, diukur pada $V_s = 6$ knot.



Gambar 11. Periode *rolling* kapal pada kondisi nilai T batas minimum, pada Vs = 3 knot.

lebar geladak tidak memberikan pengaruh sepadan jika dibandingkan dengan besarnya momen inersia melintang yang terjadi. Hal ini menjadikan nilai periode *rolling* menjadi kecil. Periode *rolling* yang sangat kecil akan memberikan konkwensi pada ayunan melintang yang besar terutama pada saat terjadi peristiwa sinkronisasi, di sisi lain faktor lengan yang besar akan memberikan kemampuan stabilitas kapal yang sangat baik. Berdasarkan fenomena ini maka untuk mendapatkan kesempurnaan desain harus diperhatikan kriteria dari ke dua performa tersebut, sesuai dengan spesifikasi atau tipe kapalnya.

Posisi *side hull* yang mengikuti perubahan lebar geladak, memberikan reaksi balik terhadap gaya berat geladak di bagian tepi serta gaya tambahan dari gaya-gaya luar yang bekerja. Momen balik yang timbul ketika kapal mengalami olengan disebabkan kapal memiliki momen inersia terhadap sumbu simetrinya (*I_x*) yang besarnya ditentukan oleh luas permukaan bidang garis air. Dalam kasus penggunaan *side hull*, momen inersia dihasilkan oleh luas permukaan bidang air dari *side hull* yang terendam di bawah permukaan air. Reaksi gaya apung akan diberikan secara seimbang dengan gaya berat yang bekerja.

Radius metasenter kapal (*MB*) dibentuk oleh reaksi momen gabungan antara momen balik dari *main hull* dengan momen balik dari *side hull*. Nilai momen inersia tersebut dapat diperoleh dari Persamaan 6.

$$\begin{aligned}
 I_{xx} &= Mk^2_{xx} \\
 &= \int dM r_i^2 \\
 &= \int dM (y_i^2 + z_i^2), \text{ kemudian karena } r_i^2 = y_i^2 + z_i^2, \text{ maka} \\
 I_{xx} &= \frac{1}{g} \sum [w_i (y_i^2 + z_i^2)] + \sum I_i \quad (6)
 \end{aligned}$$

dengan *y_i* adalah jarak melintang dari titik berat yang terletak pada sumbu memanjang (*axis*) kapal, *z_i* merupakan jarak vertikal dari titik berat yang terletak pada sumbu memanjang (*axis*) kapal, dan *I_i* merupakan momen inersia dari suatu titik tertentu terhadap titik berat kapal (*CG*).

Penambahan *side hull* telah memberikan tentang adanya kenaikan nilai momen inersia melintang, dan

kenaikan ini telah memicu pengaruhnya terhadap performa olah gerak dan stabilitas. Selain pengaruh terhadap performa tersebut, posisi dari *side hull* terhadap *main hull* juga akan dibatasi oleh kriteria teknis yang lain. Kriteria yang dimaksud adalah nilai perbandingan antara jarak sumbu simetri *side hull* dengan *main hull* terhadap panjang garis air dari kapalnya (*s/L*). Batasan tersebut berkaitan dengan nilai besarnya tahanan gelombang akibat interferensi aliran di area antara dua sisi lambung kapal. Kapal trimaran hasil modifikasi ini memiliki ukuran panjang lambung yang berbeda antara *main hull* dengan *side hull* di mana ukurannya telah tercantum dalam uraian sebelumnya, jika ditetapkan nilai panjang lambung (*L*) terpendek yaitu nilai panjang lambung (*L*) dari *side hull* sebagai acuan, di mana nilai panjang lambung (*L*) sebesar 6,4 m, maka akan diperoleh nilai *s/L* untuk model kapal 1 sebesar 5,5/8, atau *s/L* sebesar 0,69 dan model kapal 2 *s/L* sebesar 0,56. Jika menggunakan asumsi bahwa aliran yang mengalir diantara dua lambung dan ukuran panjang lambung sama, seperti kapal katamaran maka seharusnya nilai *s/L* berkisar antara 0,19 -0,51 (Insel & Molland, 1992) atau berkisar 0,33 – 0,45 dengan kondisi semua hambatan gelombang memiliki nilai minimum *Fn* sebesar 0,33 – 0,34. (United States Departement of Commerce Maritime Administration, 1969). Berdasarkan acuan ini, jarak antar lambung dari penempatan *side hull* tidak memenuhi kriteria.

Berdasarkan hasil analisis di atas dapat dipahami bahwa modifikasi kapal harus tetap mengacu pada kriteria desain, tidak bisa dilakukan hanya berdasarkan pertimbangan untuk memanfaatkan sumber daya yang ada. Upaya tujuan untuk meningkatkan nilai ekonomis harus disertai dengan pertimbangan teknis yang bersifat proporsional.

4. Kesimpulan

Hasil pennenelitian ini memberikan suatu kesimpulan bahwa kapal trimaran hasil modifikasi, baik untuk model kapal 1 maupun model kapal 2, sama-sama memiliki peluang besar terjadinya sinkronisasi. Nilai periode *rolling* kapal (*T*) jauh di bawah nilai periode usikan gelombang (*Te*). Penyebab utama nilai yang rendah tersebut adalah karena perubahan nilai momen inersia melintang kapal, dan berpengaruh langsung terhadap jarak titik metasenter di atas titik berat kapal (*MG*). Nilai periode *rolling* kapal (*T*) untuk model kapal masing-masing sebesar 2,4 dt untuk model kapal 1 dan sebesar 2 dt untuk model kapal 2. Sementara nilai periode gelombang usikan (*Te*) berkisar antara 2 hingga 8 dt. Perbedaan ukuran lebar dari geladak pada model kapal 1 dengan model kapal 2 pada kondisi dispalsemen tetap tidak memberikan pengaruh secara signifikan. Hal ini dibuktikan dengan perolehan hasil perhitungan atas periode *rolling* sebagai dimaksud. Periode usikan

gelombang (T_e) akan berpengaruh signifikan jika nilainya melampaui nilai dari periode *rolling* kapalnya. Besarnya nilai Periode usikan gelombang (T_e) dipengaruhi oleh panjang dan arah gelombang serta kecepatan kapal. Secara umum peluang sinkronisasi relatif kecil terjadi pada model kapal 2 jika dibandingkan dengan model kapal 1, dengan indikator nilai periode *rolling* (T) yang relatif lebih besar nilainya dari pada periode *ecounter* gelombang (T_e).

Daftar Pustaka

- Amiruddin W., Hadi E.S, & Setiyanto, I., (2010) Modifikasi Kapal Ikan Menjadi Type Kapal Wisata Guna Rasionalisasi Jumlah Kapal Ikan Karena Overcapacity dalam *The Excellence Research Diponegoro University 2010*. Semarang: Universitas Diponegoro. hal 13 – 17.
- Burger, W., & Corbet, A. G. (1966). Ship stabilizers: their design and operation in correcting the rolling of ships: a handbook for Merchant Navy officers. (No Title).
- Dubrovsy, V. A. (2010). Multi-Hulls: Some new options as the result of science development. Brodogradnja: Teorija i praksa brodogradnje i pomorske tehnike, 61(2), 142-152.
- Insel, M. & Molland, A.F. (1992). An Investigation into Resistance Components of High-Speed Displacement Catamarans. *Trans. of Royal Institute of Naval Architects*, 134, 1-20.
- Iqbal, M., & Rindo, G. (2015). Optimasi bentuk demihull kapal katamaran untuk meningkatkan kualitas seakeeping. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 12(1), 19-24.
- Pastoor, W., Van't Veer, R., & Harmsen, E. (2004, April). Seakeeping behaviour of a frigate-type trimaran. In *Proceedings of the International Conference on the Design and Operation of Trimaran Ships*, Royal Institute of Naval Architects (RINA) (Vol. 2930).
- Rameswar, B. (1978). *Dynamic of marine vehicles*. Naval Architecture, USA Naval Academy.
- United States Departement of Commerce Maritime Administration (1969) *Catamaran Study*. USA : General Dynamics Quincy Division.