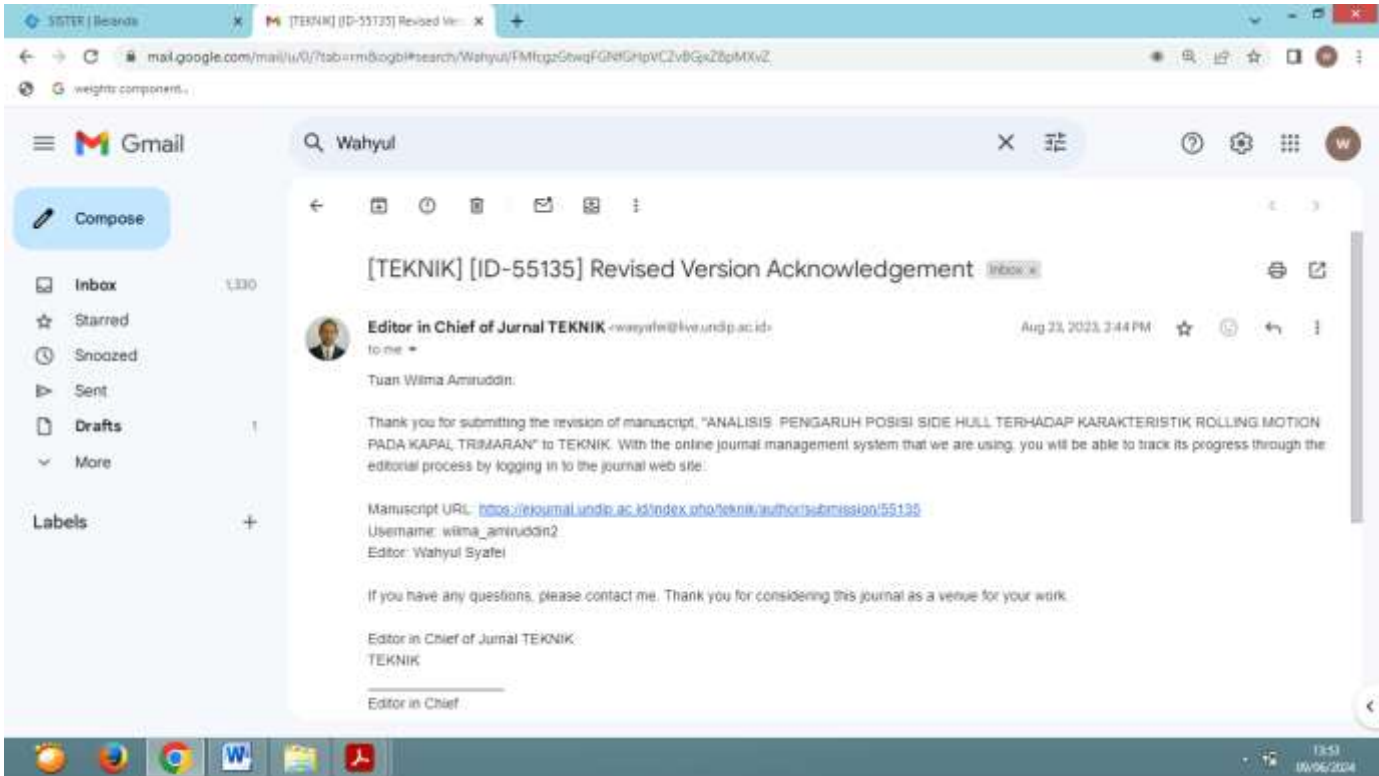
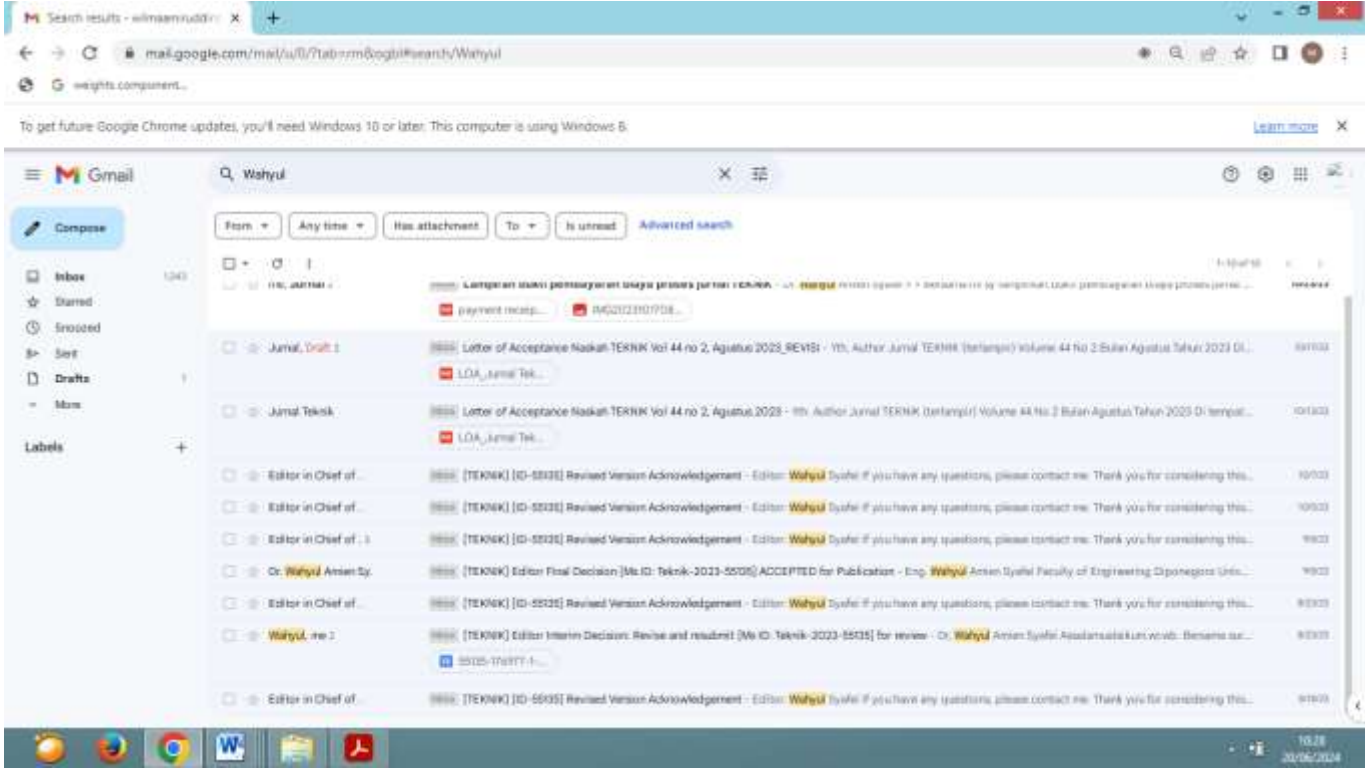
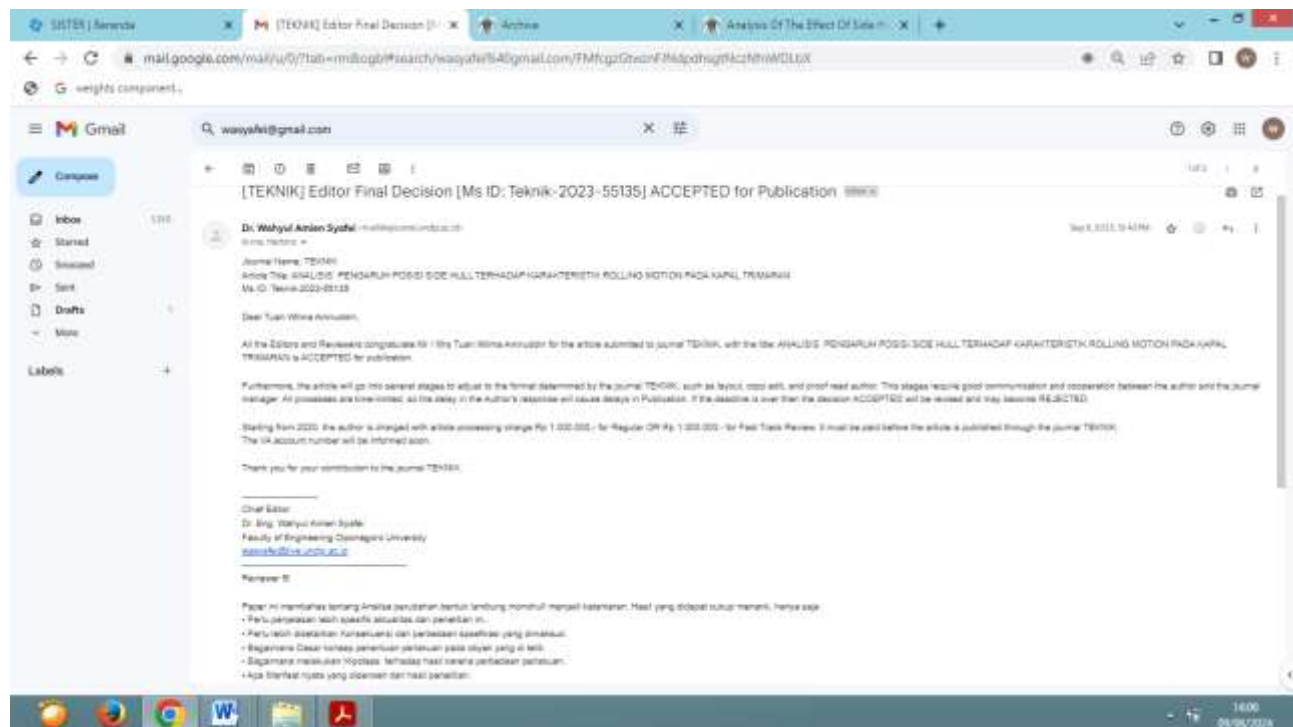
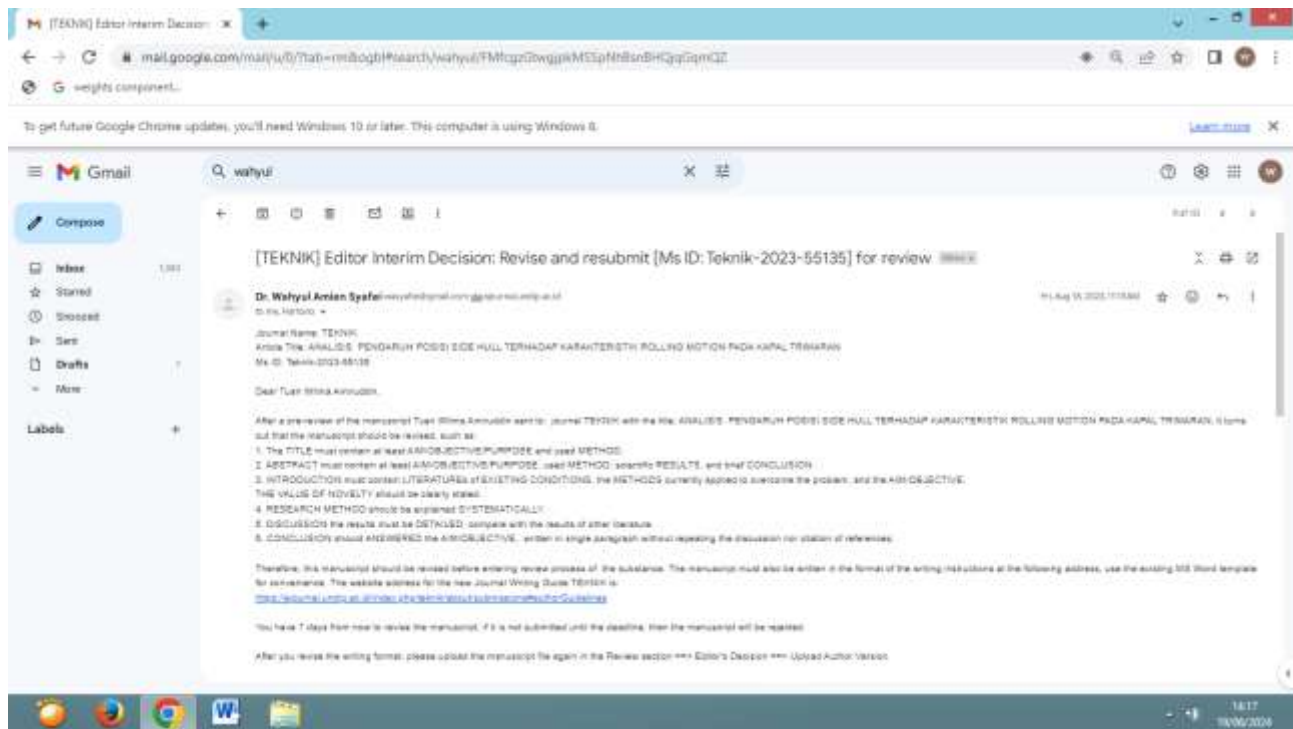


# KORESPONDENSI JURNAL TEKNIK

**Author : Dr. Wilma Amiruddin, ST.MT.**

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





# TROCHOIDAL CURVE PADA KAPAL TRIMARAN

Wilma Amiruddin<sup>1\*</sup>, Hartono Yudo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro Semarang

Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang, Indonesia

## Abstrak

Posisi side hull sebagai fungsi utama perubahan luas geladak pada kapal trimaran pada proses modifikasi kapal ikan, akan memberikan pengaruh terhadap karakteristik rolling motion kapal. *Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh posisi side hull terhadap karakteristik rolling motion.* Sinkronisasi gelombang adalah situasi yang dapat menyebabkan terjadinya ayunan yang besar pada kapal. Terdapat dua model kapal yang dianalisis, Model Kapal 1 (10 m x 12 m), dan Model Kapal 2 (12 m x 10 m). Analisa 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  $T = 2,4$  dt dan model kapal 2 memiliki nilai  $T = 2$  dt. Nilai ini jauh di bawah nilai periode rolling dari kapal monohull sebelum modifikasi  $T = 6$  dan batas minimal untuk kapal ikan  $T = 5,5$  dt. Perubahan ini menghasilkan karakteristik ayunan melintang atau rolling motion yang cukup besar.

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

## Abstract

Analysis Of The Effect Of Side Hull Position On Rolling Motion Characteristics On Trimaran Ship. *The position of the side hull as the main function changes the deck area on trimaran ships* in the process of modifying fishing vessels, will have an influence on the rolling motion characteristics of the vessel. The objective of this study is to see the probability of synchronism. Synchronism is a situation that can cause the large forced oscillation. There are two ship models analyzed, the ship model 1 (12 x 10) and the ship model 2 (10 x 12). The analysis was carried out based on hydrostatis calculations using Delftship and energy changes with the Trochoidal Curve theory approach. The results of the analysis show that all models have a high probability of synchronization conditions. *The position of the side hull does not have a significant effect on the model for fixed displacement.* Ship model 1 has a periode  $T = 2.4$  s and ship model 2 has a  $T = 2$  s. This value is quite low compared to the value of the rolling period of monohull where  $T = 6$  s and minimum limit for fishing vessels  $T = 5.5$  s. This change produces a significant rolling motion transverse.

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

## 1. Pendahuluan

Modifikasi kapal dengan tujuan mengubah fungsi eksploitasi atau menambahkan nilai guna tertentu dengan cara melakukan perubahan pada

sebagian kecil atau sebagian besar konstruksi kapal, telah banyak dilakukan. Tujuan utama dari perubahan bentuk lambung tersebut adalah untuk mendapatkan

manfaat ekonomi sehingga produktivitas dapat dipertahankan atau ditingkatkan.

\*)Penulis Korespodensi.

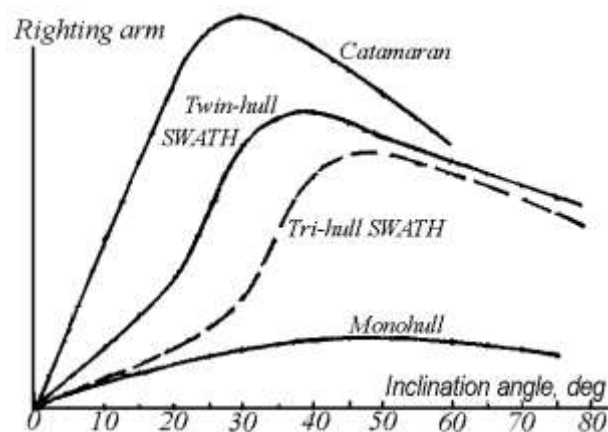
E-mail : [wilmaamiruddin@gmail.com](mailto:wilmaamiruddin@gmail.com)

Problem *overcapacity* pada dunia perikanan tangkap telah menurunkan produktivitas hasil tangkapan nelayan, dan 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 pengeksploitasian kapal ikan untuk menangkap ikan menjadi tidak menguntungkan. Keadaan tersebut dapat di atasi dengan cara mengalih fungsikan kapal ikan untuk tujuan ekonomis yang lain, dengan cara mengubah atau memodifikasi bentuk lambung kapal sedemikian rupa.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mempertahankan nilai ekonomis kapal ikan tersebut adalah mengubahnya menjadi kapal wisata atau kapal ikan *multigear* 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. Hal tersebut menjadikan kapal trimaran memiliki luas geladak yang relatif lebih besar dibanding kapal *monohull* atau jenis yang lain. Luas geladak yang besar ini merupakan suatu keunggulan yang dapat dimanfaatkan untuk melaksanakan berbagai kegiatan yang bersifat produktif. Perubahan ini akan menimbulkan pengaruh terhadap persoalan teknisnya, antara lain terkait dengan persoalan ayunan melintang kapal atau *rolling motion*.

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait dengan perbandingan peromance 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.[1] Luas geladak dari kapal multihull dapat mencapai 1,3 – 4 kali dari kapal monohull. [2] Respon gerakan *roll* pada *sea state 3 (slight waters)* berkurang seiring dengan berkurang nilai koefisien blok  $C_b$ . [3]. Respon gaya yang cukup ekstrem terjadi akibat penambahan volume lambung pada samping kapal trimaran [4]. Gambar 1. menunjukkan perbandingan nilai lengan stabilitas melintang dari beberapa tipe kapal, di mana faktor lengan ini akan berpengaruh terhadap stabilitas dan ayunan kapal.



Gambar 1. Perbandingan stabilitas untuk beberapa tipe kapal *multihull* dengan *monohull* [2]

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 (MG). Lebar kapal B ini 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 dari 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) yang sama, demikian juga nilai

displasemennya untuk semua model, tetapi dibedakan dalam bentuk ukuran panjang dan lebarnya geladaknya ( $L \times B$ ). Analisa dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan perhitungan hidrostatis serta melakukan pendekatan menggunakan teori gelombang *Trochoidal Curve* atau gelombang sinusoidal dalam melihat perubahan energi pada saat kapal berinteraksi dengan gelombang air laut.

## Metodologi

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 di sini adalah memberikan perlakuan pada model dengan membedakan ukuran pada bentuk geladak ( $L \times B$ ) dengan mempetahankan luasnya (A) pada nilai yang sama. Hal ini berarti 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 mengubah 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).



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

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

Dimensi	Bagian Kapal	
	<i>Main hull</i>	<i>Side hull</i>
Panjang seluruh Loa (m)	11,3	6,4
Panjang garis air Lwl (m)	8	5,7
Lebar kapal B (m)	3,1	1
Tinggi Sarat kapal T (m)	0,8	0,4
Tinggi kapal H (m)	1,25	0.9

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.

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 yang serupa [6], sebagai berikut :

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

### 1.1. 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).

$$T = \frac{C.B}{\sqrt{(GM)}} \quad (1)$$

dengan C = konstanta (C = 0,4 untuk *merchant ships*)

T = periode *rolling* melintang kapal.

I = momen inersia massa dari pendulum atau kapal

m = massa pendulum atau massa kapal.

h = jarak antara pusat gravitasi pendulum dengan titik tumpuan.

MG = tinggi metasenter di atas pusat gravitasi (titik berat) kapal.

Terkait dengan besarnya nilai periode *rolling* (T) ini terdapat acuan :  $T_{\phi} = 20 - 25$  dt untuk kapal penumpang, dan  $T_{\phi} = 5,5 - 7$  dt untuk kapal ikan [5]. Periode pertemuan antara kapal dengan gelombang (periode encounter,  $T_e$ ), dapat dijelaskan pada persamaan (2), (3) dan (4) sebagai berikut :

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

Konversi nilai  $v_w$  dan  $v$  dalam persamaan di atas ke dalam knots, akan diperoleh :

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

Karena  $V_w = 1,34 \sqrt{L}$ , maka :

Nilai  $T_e$  adalah representatif dari nilai frekwensi gabungan atau usikan gelombang  $\omega_e$ , dalam kasus ini dapat ditunjukkan dalam persamaan (3), sebagai berikut :

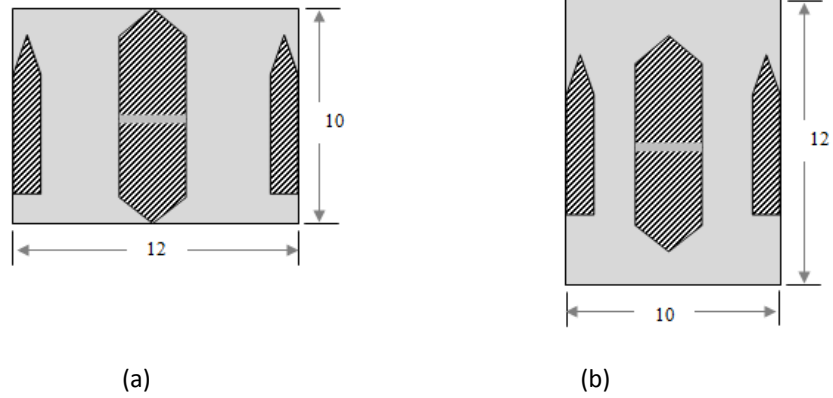
$$\omega_e = \omega_e \left( 1 - \frac{\omega_w V}{g} \cos\mu \right) \quad (4)$$

### 1.2. Kondisi sinkronisasi (*synchronism*) :

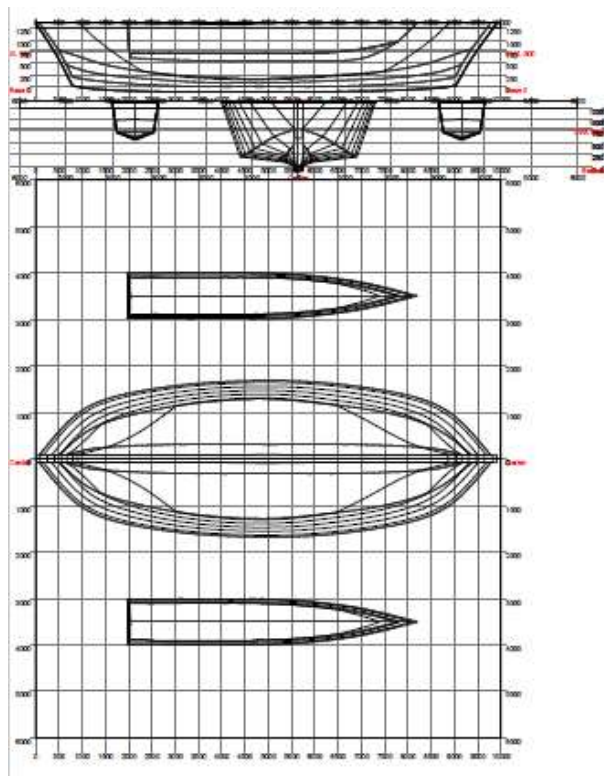
Peristiwa osilasi atau ayunan melintang kapal yang cukup besar akan terjadi ketika nilai periode rolling natural kapal (T) sama besarnya dengan nilai periode gabungan ( $T_e$ ). Kesamaan periode tersebut secara langsung menggambarkan tentang kesamaan frekwensi dari dua obyek yang berosilasi, yaitu olengan kapal yang bertemu dengan ayunan gelombang. Dalam kasus ini periode rolling kapal (T) sedapat mungkin memiliki nilai lebih besar dari pada periode *ecounter* ( $T_e$ ), 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 yang akan dianalisis. 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 (Loa x B) dari kedua model tersebut antara lain : Model Kapal 1 = 10 m x 12 m, dan Model Kapal 2 = 12 m x 10 m. Gambar 3. menunjukkan gambar model kapal trimaran sebagai variasi penempatan *side hull* sebagaimana dimaksud. Guna mendapatkan parameter hitung yang dibutuhkan, maka dilakukan perhitungan hidrostatis dengan menggunakan software Delftship dan pembuatan lines plan sebagaimana tertera pada Gambar 4.





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



Gambar 4. Gambar Rencana Garis Kapal Katamaran hasil modifikasi

Diperoleh hasil perhitungan hidrostatis untuk parameter yang dibutuhkan antara lain volume main hull  $V = 9,8 \text{ m}^3$ ,  $V \text{ side hull} = 1,14 \text{ m}^3$  (dua side hull  $V = 2,28 \text{ m}^3$ ), total volume kapal  $V = 12,1 \text{ m}^3$ . Titik tekan gaya apung vertikal  $VCB = 0,56 \text{ m}$  dan moment inersia melintang gabungan  $104 \text{ m}^4$

Ukuran panjang gelombang yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan disesuaikan dengan

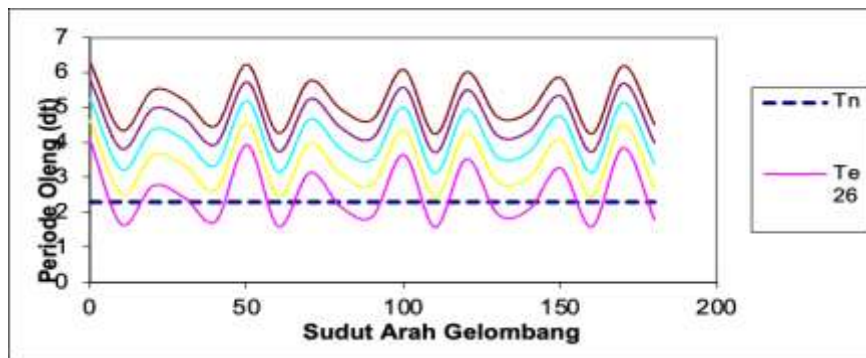
kondisi di mana kapal dioperasikan yaitu panjang gelombang lebih kecil dari 50 meter ( $\pm 164 \text{ ft}$ ), maka ditetapkan nilai panjang gelombang sebagai acuan panjang perhitungan mulai dari ukuran panjang gelombang sama dengan panjang kapal, dan setelah itu berlaku kelipatannya. Panjang gelombang ( $L_w$ ) acuan perhitungan yang dimaksud antara lain :  $L_w = 26, 52, 78, 104, \text{ dan } 130$  (dalam ft). Variasi kecepatan kapal yang diperhitungkan adalah kecepatan kapal  $V = 3, 4, 2$

dan 6 knot. Kecepatan  $V = 4,2$  knot adalah kecepatan estimasi setelah kapal *monohull* dimodifikasi kapal menjadi kapal kaatamaran. Arah gerak maju kapal diukur dari garis diametral kapal dengan penyimpangan mulai dari sudut  $0^\circ$  hingga  $180^\circ$ .

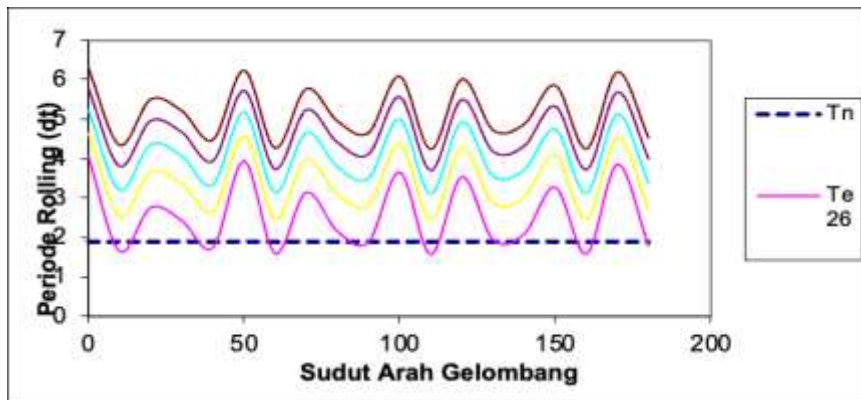
## 2. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data hidrostatik hasil perhitungan, diperoleh nilai periode rolling kapal T

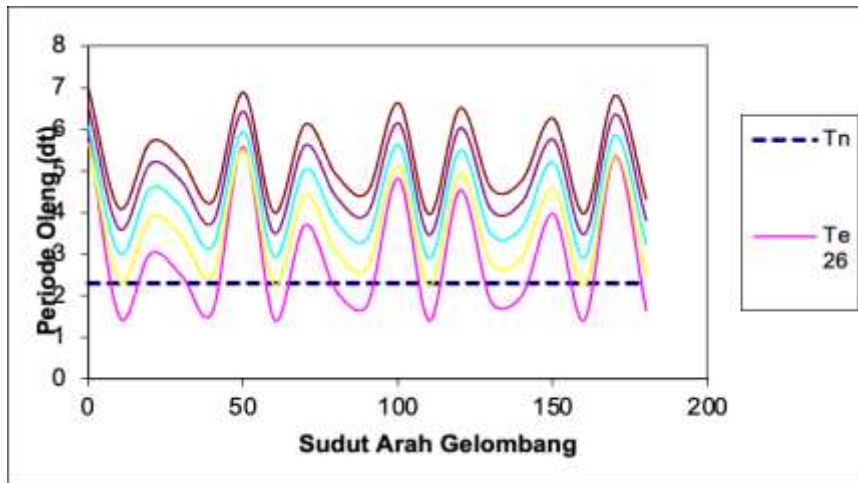
pada Model Kapal 1,  $T = 2,4$  dt, dan pada Model Kapal 2,  $T = 2$  dt, dengan nilai titik metasenter di atas titik berat vertikal  $MG = 8,4$  m. Variasi nilai dari periode usikan gelombang  $T_e$  ditentukan oleh nilai panjang dan arah (sudut) gelombang serta variasi kecepatan kapalnya. Variasi nilai  $T_e$  tersebut akan memberikan peluang akan terjadinya peristiwa sinkronisasi. Hasil perhitungan tentang peluang periode rolling ini dapat dilihat pada Gambar 5 – 10.



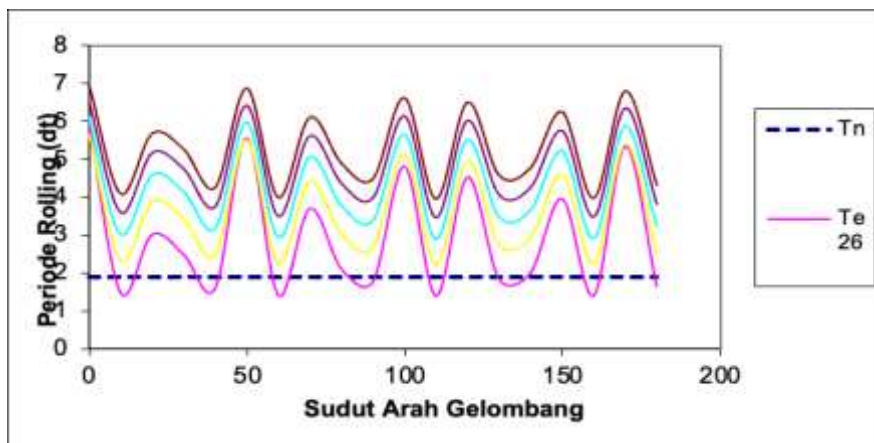
Gambar 5. Periode rolling Model Kapal 1, diukur pada  $V_s = 3$  knot.



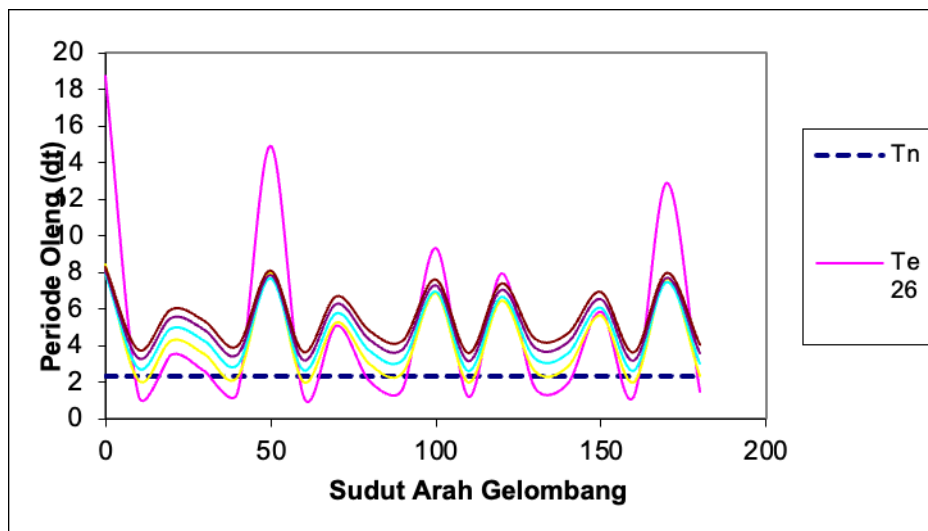
Gambar 6. Periode rolling Model Kapal 2, diukur pada  $V_s = 3$  knot.



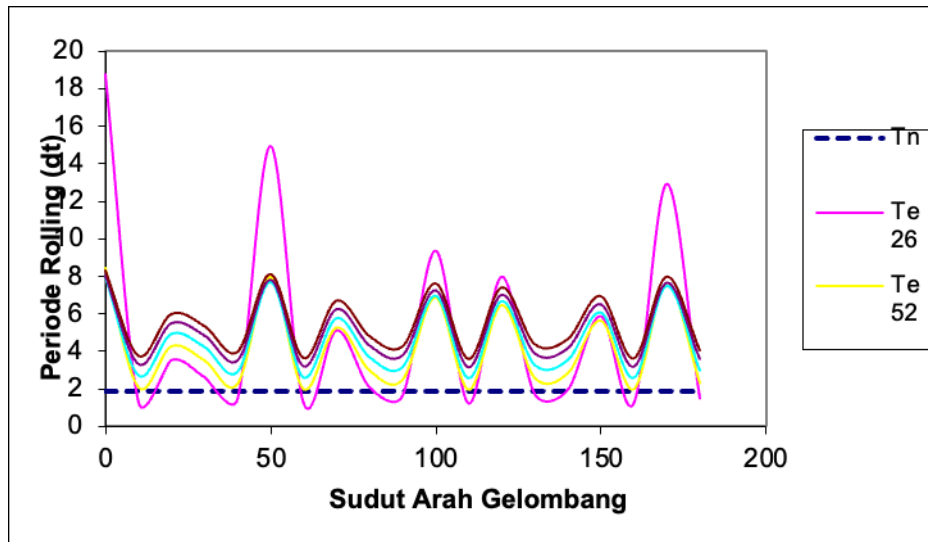
Gambar 7. Periode rolling Model Kapal 1, diukur pada  $V_s = 4,2$  knot.



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.



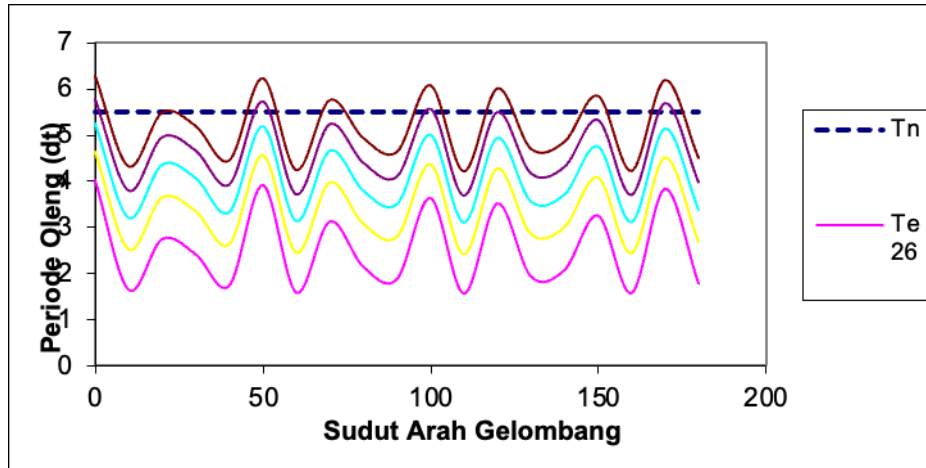
Gambar 10. Periode rolling Model Kapal 2, diukur pada  $V_s = 6$  knot.

### 2.1. Pengaruh ukuran lebar kapal (B) dan posisi *side hull*

Berdasarkan hasil analisis data di atas 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  $T = 2,4$  dt dan Model Kapal 2  $T = 2$  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  $T_e$  terhadap  $T$  kapal menyebabkan peluang sinkronisasi menjadi relatif lebih besar, di mana hal ini akan berlaku berlaku sebaliknya. Kondisi peluang sinkronisasi sebagaimana dimaksud dapat dilihat pada Gambar 5 – 10.

Nilai  $T$  model yang hasil analisa menunjukkan bahwa nilai periode tersebut jauh berada di bawah ketentuan syarat minimal untuk kapal ikan yaitu  $T = 5,5$  dt, dan nilai periode sebelum kapal di modifikasi  $T = 6$  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  $V_s = 3$  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  $T$ .



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

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 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 konsekuensi 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 (5).

$$I_{xx} = Mk_{xx}^2$$

$$= \int dM r_i^2$$

$$= \int dM (y_i^2 + z_i^2), \text{ kemudian karena } r_i^2 = y_i^2 + z_i^2,$$

maka

$$I_{xx} = \frac{1}{g} \sum [w_i (y_i^2 + z_i^2)] + \sum I_i \quad (5)$$

dengan  $y_i$  = jarak melintang dari titik berat yang terletak pada sumbu memanjang (axis) kapal,  $z_i$  = jarak vertikal dari titik berat yang terletak pada sumbu memanjang (axis) kapal, dan  $I_i$  = 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 L terpendek yaitu nilai L dari *side hull* sebagai acuan, di mana  $L = 6,4$  m, maka akan diperoleh nilai  $s/L$  untuk Model Kapal 1 =  $5,5/8$ , atau  $s/L = 0,69$  dan Model Kapal 2  $s/L = 0,56$ . Jika menggunakan asumsi bahwa aliran yang mengalir di antara dua lambung dan ukuran panjang lambung sama, seperti kapal katamaran maka seharusnya nilai  $s/L$  berkisar antara  $0,19 - 0,51$  [7] atau berkisar  $0,33 - 0,45$  dengan kondisi semua hambatan gelombang memiliki nilai minimum  $F_n = 0,33 - 0,34$ . [8]. Berdasarkan acuan ini, jarak antar lambung dari penempatan *side hull* tidak memenuhi kriteria.

Berdasarkan hasil analisa 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.

### 3. Kesimpulan

Hasil penelitian ini memberikan suatu kesimpulan antara lain : Kapal trimaran hasil modifikasi baik untuk model kapal 1 maupun model kapal 2, semuanya berpotensi besar terhadap kemungkinan terjadinya sinkronisasi, di mana 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 T untuk model kapal 1 =  $2,4$  dt dan nilai T untuk Model Kapal 2 =  $2$  dt., sementara nilai periode gelombang usikan Te berkisar antara  $2 - 8$  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 Te akan berpengaruh signifikan jika nilainya melampaui nilai dari periode

rolling kapalnya. Besarnya nilai Te sebagaimana disebut pada point 1, dipengaruhi oleh panjang dan arah gelombang serta kecepatan kapal. ini akan 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 Te.

### Daftar Pustaka

- [1] Amiruddin W., Sasmito Hadi E., Setiyanto, I., 2010, Modifikasi Kapal Ikan Menjadi Type Kapal Wisata Guna Rasionalisasi Jumlah Kapal Ikan Karena Overcapacity, *The Excellence Research Diponegoro University 2010*, h. 13 – 17.
- [2] Dubrovsky, V.A., 2010, Multi-Hulls : Some New Options as The Result of Science Development, *BRODO GRADNJA*, 61 (2), p. 142 - 152
- [3] Iqbal, M., Good Rindo, 2015, Optimasi Bentuk Demihull Kapal Katamaran Untuk Meningkatkan Kualitas *Seakeeping*, *KAPAL*, h. 19 - 24
- [4] Pastoor, W., van't Veer, R., Harmsen, E., 2004, *Seakeeping Behaviour of Frigate Type-Trimaran*, *The Royal Institution of Naval Architects*, p. 19 – 30.
- [5] Burger, W., Corbet, A.G., 1966, *Ship Stabilizers*, Pergamon Press, London, P. 1 – 16.
- [6] Bhattacharyya Rameswar, 1978, *Dynamic of Marine Vehicles*, John Wiley & Sons, New York. Chichester. Brisbane. Toronto. P. 13 -95.
- [7] Insel, M. and Molland, A.F., "An Investigation into Resistance Components of High-Speed Displacement Catamarans", *Trans. of Royal Institute of Naval Architects*, Vol.134, pp 1-20, 1992.
- [8] U.S. Departement of Commerce Maritime Administration, *Catamaran Study*, USA : GENERAL DYNAMICS Quincy Division, 1969



## 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

Posisi side hull sebagai fungsi utama perubahan luas geladak pada kapal trimaran pada proses modifikasi kapal ikan, 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  $T = 2,4$  dt dan model kapal 2 memiliki nilai  $T = 2$  dt. Nilai ini jauh di bawah nilai periode rolling dari kapal monohull sebelum modifikasi  $T = 6$  dan batas minimal untuk kapal ikan  $T = 5,5$  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]** The position of the side hull, as the primary function, changes the deck area on trimaran ships while modifying fishing vessels, which will influence the rolling motion characteristics of the vessel. 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  $T = 2.4$  s, and ship model 2 has a  $T = 2$  s. This value is relatively low compared to the value of the rolling period of monohull where  $T = 6$  s and the minimum limit for fishing vessels  $T = 5.5$  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

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 *performace* 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. [1] Luas geladak dari kapal *multihull* dapat mencapai 1,3 – 4 kali dari kapal *monohull*. [2] Respon gerakan *roll* pada *sea state 3* (*slight waters*) berkurang seiring dengan berkurang nilai koefisien blok Cb. [3]. Respon gaya yang cukup ekstrem terjadi akibat penambahan volume lambung pada samping kapal trimaran [4]. 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 (MG). Lebar kapal B ini dapat dipengaruhi oleh

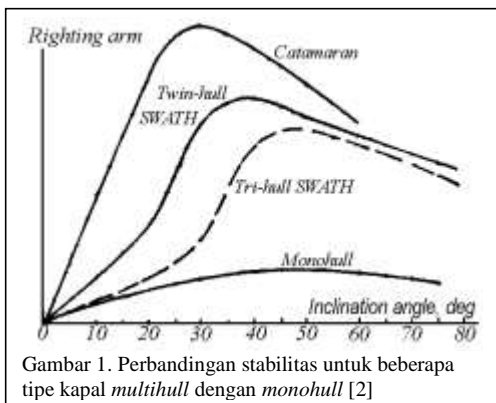
tingkat kebutuhan luas geladaknya. Area geladak dapat diperluas sedemikian rupa dengan cara memodifikasi bentuk lambung dari *monohull* ke *multihull*. Bentuk lambung *multihull* yang bermacam-macam, memberikan peluang untuk menambahkan lambung kapal lain untuk digabung menjadi satu dalam satu luasan 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) yang sama, demikian juga nilai displasemennya untuk semua model, tetapi dibedakan dalam bentuk ukuran panjang dan lebarnya geladaknya (L x B). Analisis dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan perhitungan hidrostatik serta 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



Gambar 1. Perbandingan stabilitas untuk beberapa tipe kapal *multihull* dengan *monohull* [2]

**Comment [e1]:** Jurnal TEKNIK menggunakan citation style APA. Mohon dirubah sesuai dengan ketentuan APA baik untuk in text citation maupun daftar pustaka.

**Comment [e2]:** Mengapa di bagian ini tiba-tiba ada keterangan "kapal B"? apakah berarti ada kapal A? Apa yang dimaksud MG, singkatan kah? Sebaiknya diberikan kepanjangannya.



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

Dimensi	Bagian Kapal	
	Main hull (meter)	Side hull (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

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 di sini adalah memberikan perlakuan pada model dengan membedakan ukuran pada bentuk geladak (LxB) dengan mempertahankan luasnya (A) pada nilai yang sama. Hal ini berarti 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 mengubah 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



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

dari midship (LCG), jarak titik apung terhadap midship (LCB). Pergeseran posisi *side hull* pada arah melintang kapal memberikan pengaruh pada momen inersia melintang kapal (Ix). 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.

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 bersamaan dengan gerakan kapal akan membentuk sebuah periode gabungan atau periode usikan gelombang (Te) yang nilainya merupakan fungsi dari panjang gelombang (Lw) dan kecepatan kapal (Vs).

Berdasarkan uraian di atas maka peluang terjadinya sinkronisasi gelombang pada saat kapal berlayar, dapat diprediksi melalui persamaan [5], atau persamaan yang serupa [6], sebagai berikut :

**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.

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

Dimana C adalah konstanta (C = 0,4 untuk *merchant ships*); T adalah periode *rolling* melintang kapal; I adalah momen inersia massa dari pendulum atau kapal; M adalah massa pendulum atau massa kapal; h = jarak antara pusat gravitasi pendulum dengan titik tumpuan.

**Comment [e3]:** Tidak ada komponen "I" pada persamaan? Mohon cek kembali semua persamaan dan keterangannya

**Comment [e4]:** Tidak ada komponen "h" pada persamaan? Mohon cek kembali semua persamaan dan keterangannya

MG = tinggi metasenter di atas pusat gravitasi (titik berat) kapal.

Terkait dengan besarnya nilai periode *rolling* (T) ini terdapat acuan :  $T_{\phi} = 20 - 25$  dt untuk kapal penumpang, dan  $T_{\phi} = 5,5 - 7$  dt untuk kapal ikan [5]. Periode pertemuan antara kapal dengan gelombang (periode encounter,  $T_e$ ), dapat dijelaskan pada Persamaan 2, 3 dan 4.

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

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

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

Karena  $V_w = 1,34 \sqrt{L}$ , maka :

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

Nilai  $T_e$  adalah representatif dari nilai frekwensi gabungan atau usikan gelombang  $\omega_e$ , dalam kasus ini dapat ditunjukkan dalam Persamaan 3, sebagai berikut :

$$\omega_e = \omega_e \left( 1 - \frac{\omega_w V}{g} \cos \mu \right) \quad (4)$$

**2.2. Kondisi sinkronisasi (synchronism) :**

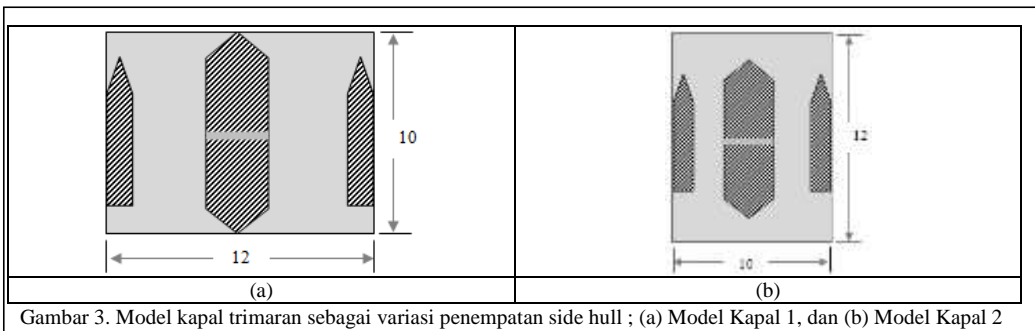
Peristiwa osilasi atau ayunan melintang kapal yang cukup besar akan terjadi ketika nilai periode *rolling* natural kapal (T) sama besarnya dengan nilai periode gabungan ( $T_e$ ). Kesamaan periode tersebut secara langsung menggambarkan tentang kesamaan frekwensi dari dua obyek yang berosilasi, yaitu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

Terdapat dua model kapal yang akan menjadi acuan modifikasi, dari kapal monohull menjadi kapal katamaran yang akan dianalisis. 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 (Loa x B) dari kedua model tersebut antara lain : Model Kapal 1 = 10 m x 12 m, dan Model Kapal 2 = 12 m x 10 m. 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. Diperoleh hasil perhitungan hidrostatik untuk parameter yang dibutuhkan antara lain volume main hull  $V = 9,8 \text{ m}^3$ ,  $V_{\text{side hull}} = 1,14 \text{ m}^3$  (dua *side hull*  $V = 2,28 \text{ m}^3$ ), total volume kapal  $V = 12,1 \text{ m}^3$ . Titik tekan gaya apung vertikal VCB = 0,56 m dan moment inersia melintang gabungan  $104 \text{ m}^4$ .

Ukuran panjang gelombang yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan disesuaikan dengan kondisi di mana kapal dioperasikan yaitu panjang gelombang lebih kecil dari 50 meter ( $\pm 164$  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 ( $L_w$ ) acuan perhitungan yang dimaksud antara lain :  $L_w = 26, 52, 78, 104, \text{ dan } 130$  (dalam ft). Variasi kecepatan kapal yang diperhitungkan adalah kecepatan kapal  $V = 3, 4,2 \text{ dan } 6$  knot. Kecepatan  $V = 4,2$  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  $0^\circ$  hingga  $180^\circ$ .

**Comment [e6]:** Mohon ganti gambar 4 dengan gambar dengan resolusi yang lebih tinggi, agar tidak pecah

**Comment [e5]:** Persamaan ini belum diberikan nomor



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

frekwensi ayunan dari gelombang laut saat bertemu dengan badan kapal.

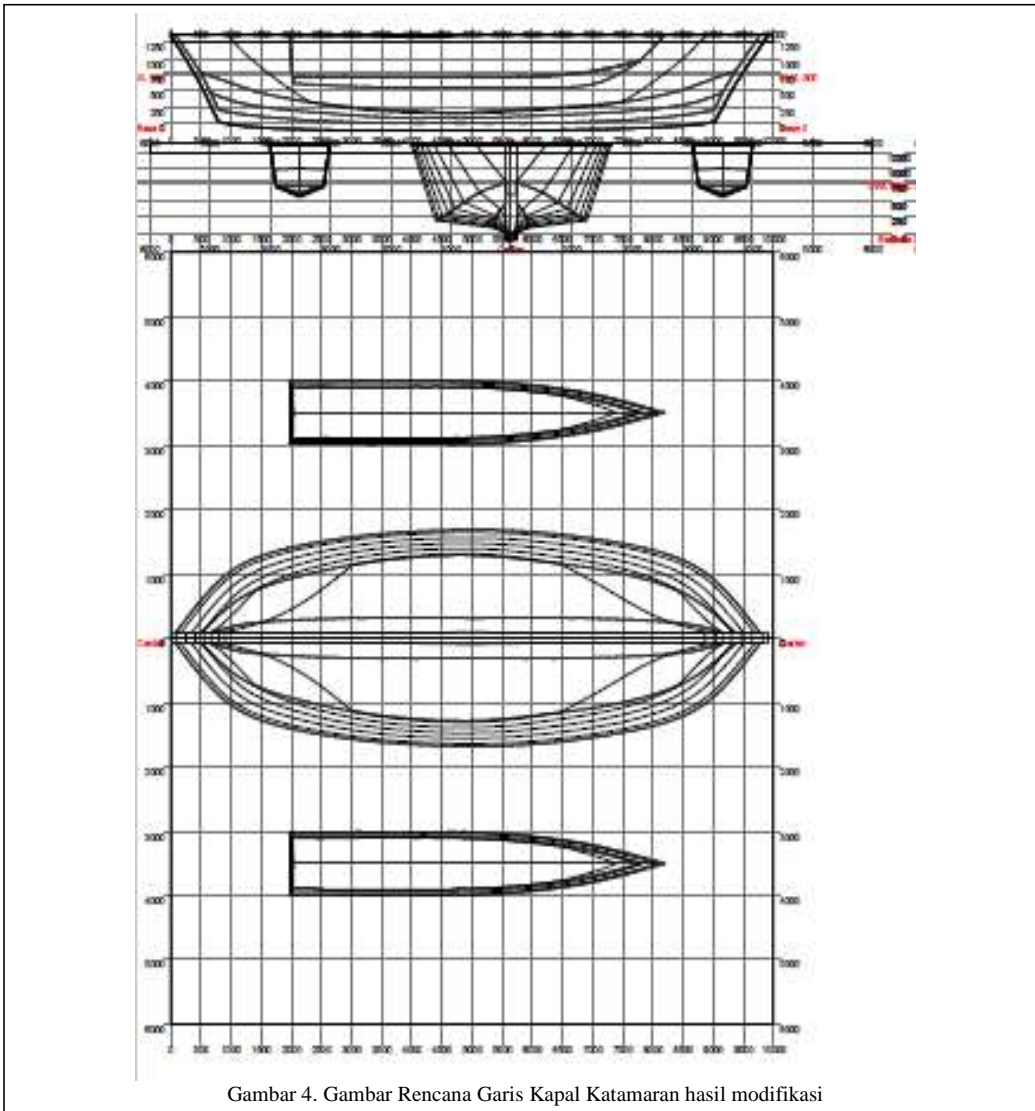
**3. Hasil dan Pembahasan**

Berdasarkan data hidrostatis hasil perhitungan, diperoleh nilai periode rolling kapal T pada Model Kapal 1,  $T = 2,4$  dt, dan pada Model Kapal 2,  $T = 2$  dt, dengan nilai titik metasenter di atas titik berat vertikal  $MG = 8,4$  m. Variasi nilai dari periode usikan gelombang  $T_e$  ditentukan oleh nilai panjang dan arah (sudut) gelombang serta variasi kecepatan kapalnya.

terjadinya peristiwa sinkronisasi. Hasil perhitungan tentang peluang periode rolling ini dapat dilihat pada Gambar 5 – 10.

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

Berdasarkan hasil analisis data di atas dapat diketahui bahwa modifikasi kapal dari monohull menjadi kapal trimaran memberikan pengaruh terhadap



Gambar 4. Gambar Rencana Garis Kapal Katamaran hasil modifikasi

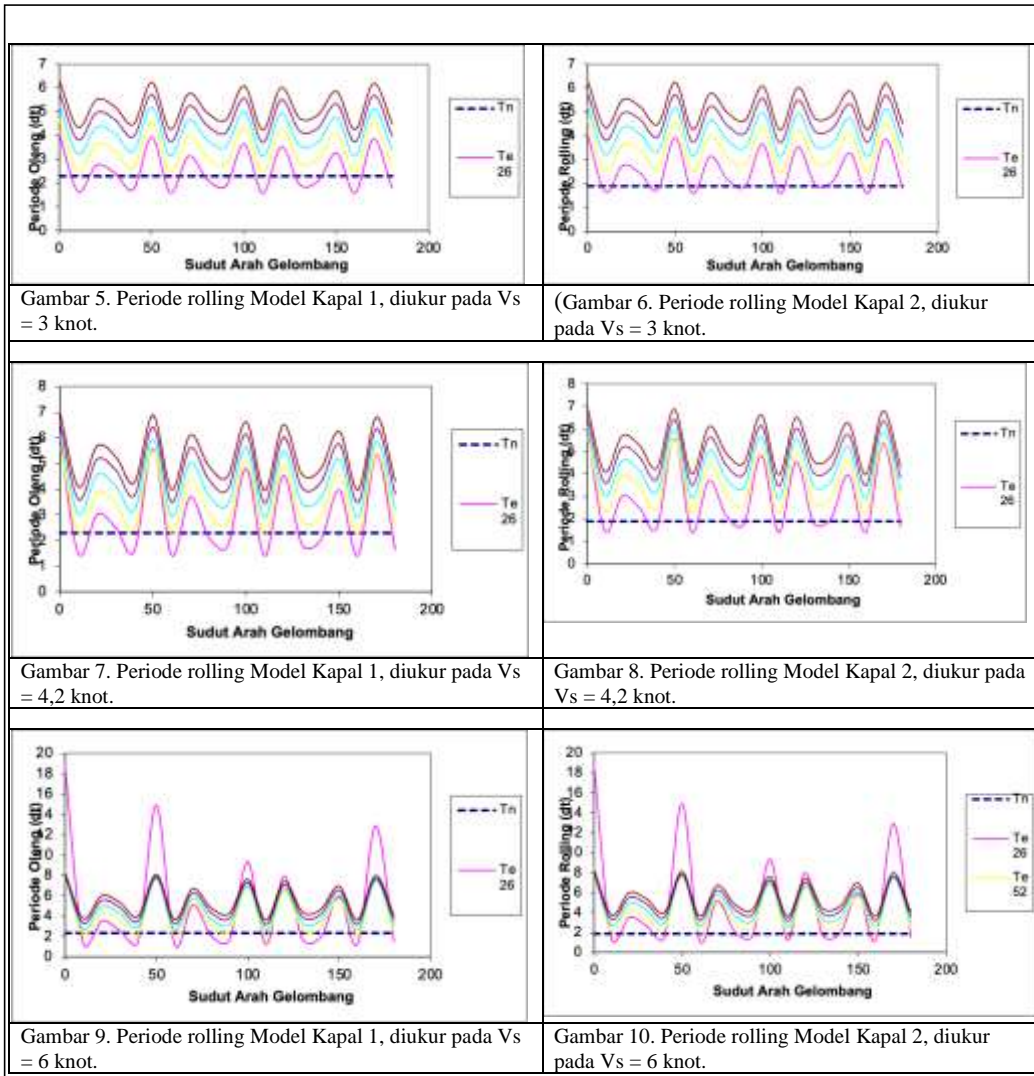
Variasi nilai  $T_e$  tersebut akan memberikan peluang akan periode rolling yang cukup besar. Kedua model kapal

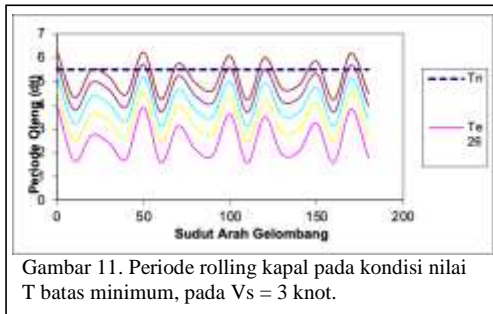
menunjukkan nilai periode yang sangat kecil dibandingkan dengan periode usikan gelombang  $T_e$ . Periode rolling natural Model Kapal 1  $T = 2,4$  dt dan Model Kapal 2  $T = 2$  dt, sedangkan periode usikan gelombang  $T_e$  dari berbagai keadaan kecepatan, panjang dan arah gelombang bervariasi antara 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  $T_e$  terhadap  $T$  kapal

menyebabkan peluang sinkronisasi menjadi relatif lebih besar, di mana hal ini akan berlaku sebaliknya. Kondisi peluang sinkronisasi sebagaimana dimaksud dapat dilihat pada Gambar 5 – 10.

Nilai  $T$  model yang hasil Analisis menunjukkan bahwa nilai periode tersebut jauh berada di bawah ketentuan syarat minimal untuk kapal ikan yaitu  $T = 5,5$  dt, dan nilai periode sebelum kapal di modifikasi  $T = 6$  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  $V_s = 3$  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 frekuensi 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 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 konsekuensi 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 (5).

$$\begin{aligned}
 I_{xx} &= Mk_{xx}^2 \\
 &= \int dM r_i^2 \\
 &= \int dM (y_i^2 + z_i^2), \text{ kemudian karena } r_i^2 = y_i^2 + z_i^2, \\
 &\text{maka} \\
 I_{xx} &= \frac{1}{g} \sum [w_i (y_i^2 + z_i^2)] + \sum I_i \quad (5)
 \end{aligned}$$

dengan  $y_i$  = jarak melintang dari titik berat yang terletak pada sumbu memanjang (axis) kapal,  $z_i$  = jarak vertikal dari titik berat yang terletak pada sumbu memanjang (axis) kapal, dan  $I_i$  = 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  $L$  terpendek yaitu nilai  $L$  dari *side hull* sebagai acuan, di mana  $L = 6,4$  m, maka akan diperoleh nilai  $s/L$  untuk Model Kapal 1 = 5,5/8, atau  $s/L = 0,69$  dan Model Kapal 2  $s/L = 0,56$ . Jika menggunakan asumsi bahwa aliran yang mengalir di antara dua lambung dan ukuran panjang lambung sama, seperti kapal katamaran maka seharusnya nilai  $s/L$  berkisar antara 0,19 - 0,51 [7] atau berkisar 0,33 - 0,45 dengan kondisi semua hambatan gelombang memiliki nilai minimum  $F_n = 0,33 - 0,34$ . [8]. 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 penelitian ini memberikan suatu kesimpulan antara lain : Kapal trimaran hasil modifikasi baik untuk model kapal 1 maupun model kapal 2, semuanya

## TEKNIK, 39 (1), 2018, 8

bepeluang besar terhadap kemungkinan terjadinya sinkronisasi, di mana 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 T untuk model kapal 1 = 2,4 dt dan nilai T untuk Model Kapal 2 = 2 dt., sementara nilai periode gelombang usikan Te berkisar antara 2 – 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 Te akan berpengaruh signifikan jika nilainya melampaui nilai dari periode rolling kapalnya. Besarnya nilai Te sebagaimana disebut pada point 1, dipengaruhi oleh panjang dan arah gelombang serta kecepatan kapal. ini akan 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 Te.

### Daftar Pustaka

- [1] Amiruddin W., Sasmito Hadi E., Setiyanto, I., 2010, Modifikasi Kapal Ikan Menjadi Type Kapal Wisata Guna Rasionalisasi Jumlah Kapal Ikan Karena Overcapacity, The Excellence Research Diponegoro University 2010, h. 13 – 17.
- [2] Dubrovsky, V.A., 2010, Multi-Hulls : Some New Options as The Result of Science Development, BRODO GRADNJA, 61 (2), p. 142 - 152
- [3] Iqbal, M., Good Rindo, 2015, Optimasi Bentuk Demihull Kapal Katamaran Untuk Meningkatkan Kualitas Seakeeping, KAPAL, h. 19 - 24
- [4] Pastoor, W., van't Veer, R., Harmsen, E., 2004, Seakeeping Behaviour of Frigate Type-Trimaran, The Royal Institution of Naval Architects, p. 19 – 30.
- [5] Burger, W., Corbet, A.G., 1966, Ship Stabilizers, Pergamon Press, London, P. 1 – 16.
- [6] Bhattacharyya Rameswar, 1978, Dynamic of Marine Vehicles, John Wiley & Sons, New York. Chichester. Brisbane. Toronto. P. 13 -95.
- [7] Insel, M. and Molland, A.F., "An Investigation into Resistance Components of High-Speed Displacement Catamarans", Trans. of Royal Institute of Naval Architects, Vol.134, pp 1-20, 1992.
- [8] U.S. Departement of Commerce Maritime Administration, Catamaran Study, USA : GENERAL DYNAMICS Quincy Division, 1969.

**Comment [e7]:** Jurnal TEKNIK menggunakan citation style APA. Mohon dirubah sesuai dengan ketentuan APA baik untuk in text citation maupun daftar pustaka.