

DESAIN DAN STABILITAS KAPAL WISATA GALAHERANG MENGGUNAKAN SOFTWARE MAXSURF

Muhammad Aqilla Ananta Setia, Arfena Deah Lestari, Mochammad Meddy Danial

Universitas Tanjungpura

email: arfenadeah@teknik.untan.ac.id

Submitte: 25 Juli 2025; Review: 5 Agustus 2025; Published: 28 November 2025

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis desain geometrik dan karakteristik stabilitas kapal wisata Galaherang yang beroperasi di Sungai Kapuas, Pontianak, sebagai salah satu moda transportasi rekreasi yang membutuhkan standar keselamatan tinggi. Pemodelan bentuk lambung dilakukan menggunakan Maxsurf Modeler untuk memperoleh representasi tiga dimensi yang akurat, mencakup konfigurasi lambung semi-ramping yang sesuai dengan karakteristik aliran sungai. Selanjutnya, analisis stabilitas dilakukan melalui Maxsurf Stability dengan mengacu pada ketentuan IMO A.749(18) dan peraturan BKI Vol. II sebagai standar kelayakan kapal penumpang. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kapal memenuhi seluruh kriteria stabilitas minimum, termasuk persyaratan area under the GZ curve, sudut kemiringan maksimum, serta kemampuan pemulihan momen stabilitas pada berbagai kondisi pembebanan. Kinerja stabilitas yang dicapai mengindikasikan bahwa desain lambung memberikan keseimbangan yang baik antara efisiensi hidrodinamika dan keamanan operasional untuk lingkungan sungai yang relatif sempit dan berarus tenang. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa dasar teknis bagi proses perancangan kapal wisata sungai di Indonesia, khususnya terkait optimalisasi desain lambung dan prosedur verifikasi stabilitas. Hasilnya dapat menjadi rujukan bagi perancang kapal, otoritas keselamatan, serta pengelola wisata dalam memastikan kapal wisata memiliki performa stabilitas yang aman, efisien, dan sesuai regulasi.

Kata Kunci: Desain Kapal untuk Pariwisata, Kapal Wisata Galaherang Stabilitas Kapal, Maxsurf.

Abstract

This study analyzes the geometric design and stability characteristics of the Galaherang tourist vessel operating on the Kapuas River in Pontianak, a waterway that requires high safety standards for passenger transport. The hull form was modeled using Maxsurf Modeler to obtain an accurate three-dimensional representation, incorporating a semi-slender configuration suitable for the hydrodynamic behavior of river environments. Stability assessment was conducted with Maxsurf Stability, referring to IMO A.749(18) and BKI Volume II regulations as the primary criteria for passenger vessel seaworthiness. The simulation results indicate that the vessel satisfies all minimum stability requirements, including the area under the GZ curve, maximum allowable heel angle, and the righting moment performance across several loading conditions. These findings demonstrate that the hull design provides an effective balance between hydrodynamic efficiency and operational safety, particularly for narrow and low-current river conditions. This study contributes technical insights for the design and development of river-based tourist vessels in Indonesia, especially related to hull optimization and the verification of stability performance. The



results may serve as a reference for naval architects, safety authorities, and tourism operators in ensuring that river cruise vessels meet safety regulations while maintaining efficient and reliable operational characteristics.

Keywords: *Ship Design for tourism, Galaherang Touris Vessel, Vessel Stability, Maxsurf*

PENDAHULUAN

Industri pariwisata air di Indonesia mengalami pertumbuhan yang signifikan seiring berkembangnya potensi ekowisata daerah dan peningkatan kebutuhan transportasi wisata yang aman dan nyaman. Sungai Kapuas di Pontianak, sebagai sungai terpanjang di Indonesia, memiliki nilai strategis tidak hanya sebagai jalur transportasi, tetapi juga sebagai destinasi wisata. Kapal wisata Galaherang menjadi salah satu ikon yang mendukung aktivitas wisata ini, namun pengoperasian kapal di sungai tropis menghadapi tantangan tersendiri. Fluktuasi kedalaman, arus yang berubah-ubah, serta risiko gangguan hidrodinamika menuntut adanya desain kapal sungai yang stabil dan memenuhi standar keselamatan modern [1][2]. Dalam konteks teknik kelautan, stabilitas dan integritas desain kapal menjadi faktor kunci yang harus dipertimbangkan sejak tahap awal perencanaan agar risiko kecelakaan dapat diminimalisasi dan kenyamanan penumpang tetap terjaga [3].

Sejumlah penelitian sebelumnya telah memanfaatkan perangkat lunak Maxsurf dalam evaluasi desain kapal karena kemampuan komputasinya yang mampu memodelkan bentuk lambung secara akurat serta melakukan simulasi stabilitas berdasarkan standar internasional. Studi mengenai kapal kontainer 25.000 DWT rute Surabaya–Kobe menunjukkan bahwa Maxsurf efektif dalam menilai stabilitas kapal pada berbagai kondisi muatan sesuai regulasi IMO [5]. Penelitian lain pada kapal penumpang sungai menunjukkan bahwa Maxsurf dapat memverifikasi kriteria stabilitas statis dan dinamis secara detail [6], bahkan digunakan dalam mendeteksi potensi fenomena pure loss of stability yang dapat terjadi pada kapal laut [7]. Temuan-temuan tersebut menegaskan bahwa perangkat lunak ini memiliki relevansi kuat dalam mendukung analisis stabilitas kapal secara numerik.

Meskipun demikian, kajian ilmiah yang mengkaji secara khusus stabilitas kapal wisata sungai di Indonesia masih sangat terbatas. Sungai Kapuas memiliki karakteristik hidrodinamika yang berbeda dengan sungai-sungai di negara empat musim—mulai dari variasi arus, tipe dasar sungai, hingga kondisi meteorologis tropis yang mempengaruhi performa kapal. Sampai saat ini belum ditemukan penelitian yang secara komprehensif memverifikasi stabilitas kapal wisata sungai dengan pendekatan standar IMO A.749(18) dan regulasi nasional BKI dalam satu rangkaian analisis numerik terpadu [8]. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya penelitian yang lebih detail untuk menjawab kebutuhan desain kapal wisata yang aman dan sesuai regulasi nasional maupun internasional.

Penelitian ini menawarkan kontribusi ilmiah berupa pemodelan lambung dan analisis stabilitas kapal wisata Galaherang dengan memanfaatkan seluruh kemampuan simulasi pada Maxsurf, meliputi evaluasi stabilitas statis, dinamika pemulihan (righting ability), serta pemenuhan standar keselamatan. Tidak hanya memberikan verifikasi teknis, penelitian ini juga menekankan relevansi desain lambung semi-ramping yang dioptimalkan untuk kondisi operasi sungai. Kontribusi ini penting mengingat kebutuhan Indonesia terhadap pedoman teknis yang dapat dijadikan acuan dalam merancang kapal wisata sungai yang aman, tahan terhadap perubahan kondisi aliran, dan sesuai rekomendasi keselamatan global.

Tujuan utama penelitian ini adalah menganalisis desain dan stabilitas kapal wisata Galaherang melalui pendekatan pemodelan numerik menggunakan Maxsurf Modeler dan Maxsurf Stability. Ruang lingkup meliputi perancangan bentuk lambung yang sesuai dengan kondisi perairan Sungai Kapuas, analisis hidrostatik dan kurva GZ untuk menilai tingkat stabilitas, serta verifikasi terhadap standar IMO dan BKI. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi desain yang lebih aman serta menjadi rujukan bagi industri perkapalan, akademisi, dan pemangku kepentingan dalam pengembangan kapal wisata sungai di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis simulasi eksperimental dan komputasional, dengan data numerik hasil perhitungan Maxsurf sebagai sumber utama analisis. Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh parameter stabilitas kapal yang terukur, objektif, serta dapat diuji dan direplikasi melalui metode statistik maupun verifikasi teknis. Desain penelitian bersifat eksperimental-komputasional yang dipadukan dengan studi kasus pada Kapal Wisata Galaherang. Pemilihan desain tersebut didasarkan pada kebutuhan untuk melakukan verifikasi kuantitatif terhadap performa stabilitas kapal melalui parameter simulasi yang mengikuti regulasi IMO dan BKI sebagai standar keselamatan internasional dan nasional.

Populasi penelitian mencakup kapal wisata sungai di Indonesia yang memiliki karakteristik teknis serupa dengan Galaherang. Objek penelitian ditetapkan secara purposif berdasarkan kriteria inklusi, yaitu kapal yang beroperasi di perairan sungai, menggunakan sistem propulsi konvensional, serta memiliki data desain yang tersedia dan dapat dimodelkan secara komputasional. Kapal laut atau kapal yang menggunakan sistem khusus dikeluarkan dari lingkup penelitian agar analisis tetap relevan dan konsisten dengan karakteristik operasi sungai [9]. Instrumen utama yang digunakan adalah Maxsurf Modeler untuk pemodelan geometri lambung dan Maxsurf Stability untuk simulasi stabilitas. Instrumen ini dilengkapi oleh observasi lapangan serta literatur teknis sebagai sumber data sekunder. Validasi model dilakukan dengan cara membandingkan hasil simulasi terhadap persyaratan IMO dan BKI serta mencocokkannya dengan temuan penelitian terdahulu yang relevan [10].

Prosedur penelitian diawali dengan studi literatur untuk memperoleh dasar teoretis desain kapal dan stabilitas utuh. Pengumpulan data primer dan sekunder dilakukan untuk mendapatkan spesifikasi teknis kapal. Tahap berikutnya adalah pemodelan tiga dimensi kapal menggunakan Maxsurf Modeler, kemudian dilanjutkan simulasi stabilitas melalui modul upright hydrostatics, equilibrium, dan large angle stability. Beberapa skenario beban operasional seperti crowding, turning, dan variasi kondisi muatan dianalisis untuk melihat respons stabilitas kapal pada situasi yang mewakili kondisi operasi nyata [11]. Pendekatan ini memungkinkan penilaian stabilitas kapal secara menyeluruh melalui parameter hidrostatik dan kurva GZ pada berbagai sudut kemiringan.

Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif menggunakan output numerik Maxsurf, termasuk displacement, nilai GM, bentuk kurva GZ, serta luas area di bawah kurva pada rentang sudut tertentu. Hasil disajikan dalam bentuk grafik, tabel, dan narasi teknis untuk mendukung interpretasi. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi terhadap kriteria IMO Resolution A.749(18), meliputi: GM transversal minimum $\geq 0,15$ m, luas area kurva GZ $\geq 0,055$ m $\cdot$ rad antara 0° – 30° , tinggi GZ maksimum $\geq 0,20$ m dengan sudut maksimum $\geq 25^\circ$, serta luas area $\geq 0,09$ m $\cdot$ rad antara 0° – 40° . Regulasi BKI Vol. II mengadopsi standar IMO tersebut sehingga memastikan kesesuaian analisis dengan persyaratan keselamatan nasional. Penelitian ini tidak memerlukan persetujuan etik karena tidak melibatkan manusia maupun hewan; seluruh data bersifat teknis dan diperoleh dari simulasi serta sumber referensi terbuka [12].

Formula dan persamaan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan dasar perhitungan hidrostatik dan karakteristik bentuk kapal yang diperlukan untuk menganalisis stabilitas kapal wisata Galaherang. Persamaan displacement ($\Delta = \rho \times V$) digunakan untuk menentukan besar gaya apung yang diterima kapal pada berbagai kondisi draft. Koefisien bentuk seperti *Block Coefficient* (C_b), *Waterplane Coefficient* (C_w), dan *Midship Coefficient* (C_m) dihitung untuk menggambarkan karakteristik geometrik lambung kapal yang berpengaruh langsung terhadap stabilitas transversal dan respons gerakan kapal. Parameter-parameter ini membantu memverifikasi apakah desain lambung memiliki volume, distribusi massa, dan luas waterplane yang sesuai untuk menghasilkan kemampuan pemulihan (righting ability) yang baik. Seluruh persamaan tersebut merupakan standar dalam analisis hidrostatik dan digunakan sebagai dasar evaluasi sebelum dilakukan simulasi lanjutan di Maxsurf Stability.

Persamaan Displacement (Daya Apung Kapal):

$$\Delta = \rho \times V$$

Dengan:

Δ = Displacement kapal (kg)

ρ = Massa jenis air (kg/m^3)

V = Volume air yang dipindahkan (m^3)

Persamaan Block Coefficient (C_b):

$$C_b = \frac{V}{L_{WL} \times B_{WL} \times T}$$

Persamaan Waterplane Coefficient (C_w):

$$C_w = \frac{A_w}{L_{WL} \times B_{WL}}$$

Persamaan Midship Coefficient (C_m):

$$C_m = \frac{A_m}{B_{WL} \times T}$$

HASIL PENELITIAN

1. Penyajian Data Desain Kapal Wisata Galaherang

Tahap awal penelitian dilakukan dengan memodelkan Kapal Wisata *Galaherang* menggunakan Maxsurf Modeler, sehingga diperoleh ukuran utama kapal sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Data ini menjadi dasar untuk analisis hidrostatik dan stabilitas pada tahap berikutnya. Bentuk lambung kapal didesain semi-ramping dengan nilai *block coefficient* moderat yang menunjukkan kecenderungan lambung stabil namun tetap efisien untuk operasi sungai.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal Wisata Galaherang

Parameter	Nilai
LOA (m)	21

LWL (m)	17,6
Beam (m)	5
Depth (m)	3
Total Height (m)	8
Draft (m)	1,61
Penumpang (orang)	97
Kru (orang)	4

Analisis hidrostatik awal (upright hydrostatics) dilakukan untuk berbagai kondisi draft kapal, yang mencerminkan variasi muatan. Nilai GM transversal (GMt), displacement, serta koefisien bentuk kapal (block coefficient) tersaji pada Tabel 2. Hasil menunjukkan bahwa GMt berada pada rentang aman, dan nilai Cb meningkat seiring bertambahnya draft, sesuai karakteristik lambung kapal wisata.

Tabel 2. Hasil Upright Hydrostatics pada Berbagai Draft

Draft (m)	Displacement (kg)	GMt (m)	Cb	Waterplane Area (m ²)
1,00	24.305	1,949	0,355	55,174
1,25	40.291	1,949	0,416	66,871
1,50	57.941	1,458	0,473	70,657
1,75	76.288	1,185	0,510	72,524
2,00	95.132	1,068	0,532	74,559

Tahap berikutnya adalah analisis equilibrium untuk memperoleh karakteristik trim, displacement operasional, serta parameter hidrostatik yang menentukan stabilitas awal kapal. Nilai-nilai tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Equilibrium

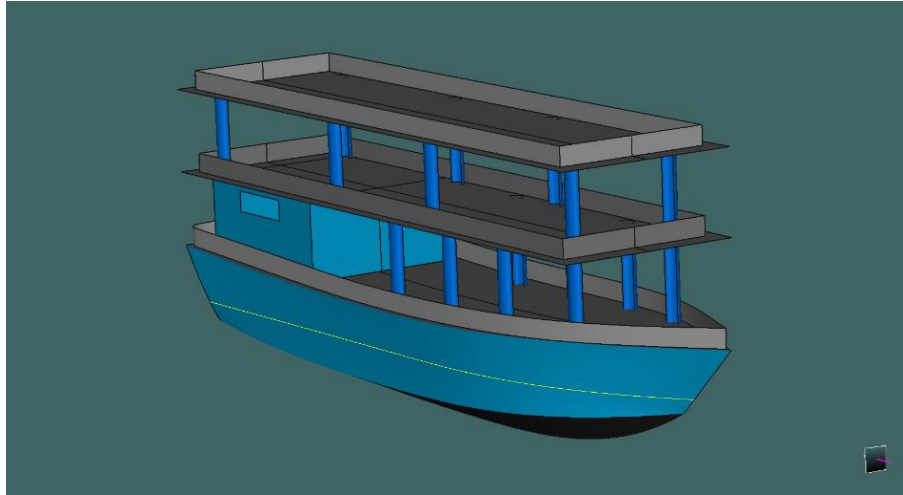
Parameter	Nilai
Draft Amidships (m)	1,608
Displacement (kg)	66.280
GMt Corrected (m)	0,957
Block Coefficient (Cb)	0,494
Prismatic Coefficient (Cp)	0,750
Max Deck Inclination (°)	0,306
Trim (+ve by stern) (m)	0,098

Untuk menilai kemampuan pemulihan kapal pada sudut oleng besar, dilakukan analisis Large Angle Stability dengan hasil cuplikan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Large Angle Stability

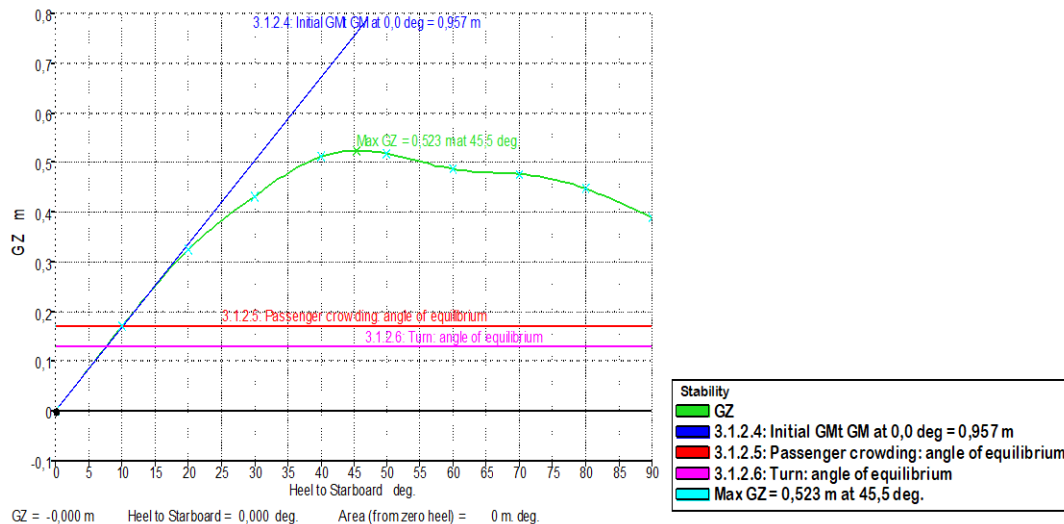
Heel (°)	GZ (m)	Area Under GZ Curve (m·deg)
0	0,000	0,0000
10	0,170	0,8528
20	0,324	33,515
30	0,432	71,583
40	0,511	119,181

50	0,517	171,191
----	-------	---------



Gambar 1. Model 3D Kapal Wisata Galaherang.

Model 3D memperlihatkan bentuk lambung semi-ramping dengan koefisien blok (C_b) 0,494. Desain ini berkontribusi pada peningkatan stabilitas transversal kapal. Model tiga dimensi Kapal Wisata Galaherang pada Gambar 1 menunjukkan konfigurasi lambung semi-ramping dengan nilai koefisien blok (C_b) sebesar 0,494. Desain ini memberikan kombinasi yang efektif antara efisiensi hidrodinamika dan kemampuan stabilitas, terutama untuk operasi di perairan sungai yang cenderung memiliki arus rendah namun dipengaruhi fluktuasi kedalaman. Bentuk lambung semi-ramping memungkinkan kapal memiliki hambatan gerak yang relatif kecil, namun tetap menjaga keseimbangan transversal ketika membawa penumpang dalam jumlah besar. Selain itu, nilai C_b yang berada pada kategori sedang mengindikasikan bahwa volume badan kapal terdistribusi secara proporsional, sehingga menghasilkan gaya pemulih (righting moment) yang stabil saat kapal mengalami oleng.



Gambar 2. Kurva GZ (Righting Arm Curve)

Gambar 2 menampilkan kurva GZ (Righting Arm Curve), salah satu parameter utama untuk menilai kemampuan pemulihan kapal dari sudut oleng. Kurva tersebut menunjukkan bahwa nilai maksimum lengan pemulih tercapai pada 0,523 m pada sudut oleng $45,5^\circ$, sebuah indikasi kuat bahwa kapal memiliki stabilitas sudut besar yang memadai. Luas area di bawah kurva GZ hingga 30° adalah sebesar 71,583 m·deg, jauh melampaui batas minimum persyaratan IMO yaitu 0,055 m·rad pada sudut yang sama. Perbandingan ini menunjukkan bahwa kapal tidak hanya memenuhi standar minimum stabilitas, tetapi juga memiliki margin keselamatan yang tinggi. Hasil ini menguatkan karakteristik bahwa kapal mampu kembali ke posisi tegak dengan cepat setelah mengalami gangguan eksternal seperti manuver tajam atau distribusi beban penumpang yang berubah secara mendadak.

Analisis statistik dalam penelitian ini dilakukan secara deskriptif terhadap seluruh keluaran simulasi numerik Maxsurf. Pendekatan ini dipilih karena penelitian berfokus pada satu objek tunggal (single computational case study), sehingga tidak memerlukan pengujian inferensial seperti uji-p ataupun analisis regresi. Parameter yang dijadikan indikator utama antara lain displacement, nilai GM transversal, karakteristik kurva GZ, serta luas area di bawah kurva GZ pada berbagai sudut. Keempat parameter tersebut sudah mewakili standar evaluasi stabilitas dalam regulasi IMO dan BKI, sehingga mampu menggambarkan performa stabilitas kapal secara komprehensif tanpa memerlukan pendekatan statistik inferensial.

Temuan utama penelitian menunjukkan bahwa Kapal Wisata Galaherang memiliki stabilitas awal yang kuat dengan nilai GMt sebesar 0,957 m pada kondisi muatan penuh. Kurva GZ maksimum berada pada 0,523 m pada sudut $45,5^\circ$, dan area di bawah kurva $0-30^\circ$ mencapai 71,583 m·deg, yang kesemuanya berada jauh di atas standar stabilitas IMO A.749(18). Seluruh parameter stabilitas yang dianalisis, baik pada kondisi statis maupun dinamis, memenuhi ketentuan IMO dan BKI. Pada simulasi beban dinamis—seperti skenario passenger crowding dan turning maneuver—kapal hanya mencapai sudut heel $7,5^\circ$ hingga 10° , masih dalam batas aman dan jauh dari risiko kehilangan stabilitas (loss of stability). Secara keseluruhan, temuan ini memperkuat bahwa desain lambung dan konfigurasi struktural Galaherang sudah optimal untuk operasi wisata sungai yang aman dan stabil.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain Kapal Wisata *Galaherang* memenuhi seluruh kriteria stabilitas untuk kapal penumpang sebagaimana ditetapkan dalam IMO A.749(18) dan BKI. Nilai GMt sebesar 0,957 m pada kondisi muatan penuh jauh melampaui batas minimum yang dipersyaratkan (0,15 m), sehingga mengindikasikan stabilitas awal yang sangat baik. Kurva GZ juga menunjukkan performa yang unggul, dengan nilai maksimum 0,523 m pada sudut $45,5^\circ$ dan luas area di bawah kurva hingga 30° mencapai 71,583 m·deg, jauh di atas persyaratan IMO. Secara teoretis, besarnya GMt dan GZ berbanding lurus dengan kekuatan gaya pemulih (restoring moment), sehingga kapal mampu kembali ke posisi tegak dengan lebih cepat ketika mengalami oleng. Kinerja stabilitas yang baik ini dipengaruhi oleh desain lambung semi-ramping dengan nilai Cb sebesar 0,494, freeboard yang cukup tinggi, serta distribusi massa yang cenderung terkonsentrasi di bagian tengah kapal, sehingga meningkatkan efektivitas pemulihan pada berbagai kondisi operasi.

Metodologi penelitian sepenuhnya berbasis simulasi komputasional menggunakan Maxsurf Modeler dan Maxsurf Stability dengan data input yang berasal dari hasil survei dimensi aktual kapal. Validasi dilakukan melalui perbandingan parameter hasil simulasi dengan standar IMO/BKI serta konfirmasi konsistensi tren hasil dengan literatur terdahulu. Namun, penelitian ini

memiliki keterbatasan karena tidak melibatkan uji fisik skala laboratorium ataupun pengujian lapangan terhadap respons oleng dan trim pada kondisi operasi nyata. Faktor lingkungan seperti arus sungai yang tidak teratur, gelombang lokal akibat lalu lintas kapal, perubahan distribusi penumpang, hingga manuver darurat belum dianalisis secara mendalam dalam simulasi. Selain itu, akurasi hasil sangat bergantung pada ketelitian data input dimensi kapal dan distribusi beban. Untuk mengatasi keterbatasan ini, penelitian lanjutan dianjurkan meliputi *tank test*, validasi lapangan, serta simulasi hidrodinamika yang lebih kompleks—termasuk pemodelan arus, interaksi gelombang, dan manuver dinamis. Dengan demikian, meskipun hasil penelitian ini valid untuk objek yang dianalisis, generalisasi temuan perlu dilakukan secara hati-hati ketika diterapkan pada kapal wisata sungai lainnya dengan desain atau kondisi operasi berbeda.

Temuan penelitian ini sejalan dengan beberapa studi sebelumnya, seperti Ramadina (2022) dan Indrajati et al. (2025), yang menunjukkan bahwa Maxsurf efektif digunakan untuk mengevaluasi stabilitas kapal penumpang maupun kapal kargo pada berbagai kondisi pemuatan. Nilai GMt mendekati 1 m juga konsisten dengan temuan Santoso et al. (2020) meskipun pada kasus LCT 200 GT stabilitas gagal memenuhi syarat ketika kapal bermuatan penuh, sementara *Galaherang* justru memenuhi semua kriteria meski dianalisis pada kondisi muatan maksimum. Jika dibandingkan dengan studi Babadi & Ghassemi (2024) yang lebih berfokus pada optimasi lambung untuk *seakeeping* di laut terbuka penelitian ini memberikan arah baru dalam literatur dengan menekankan stabilitas operasional kapal wisata sungai di lingkungan tropis yang memiliki karakteristik lebih fluktuatif. Karena itu, penelitian ini menambahkan perspektif bahwa metode evaluasi numerik berbasis Maxsurf tidak hanya relevan untuk kapal laut, tetapi juga efektif dalam menilai stabilitas kapal wisata sungai.

Secara teoretis, penelitian ini memperluas aplikasi teori stabilitas kapal khususnya hubungan antara GM, GZ, dan luas area kurva stabilitas ke dalam konteks kapal wisata berukuran kecil yang beroperasi di sungai tropis. Parameter desain seperti GMt, Cb, Cp, dan pola distribusi muatan terbukti menjadi penentu utama performa stabilitas, sehingga memperkaya pemahaman tentang bagaimana teori stabilitas klasik diterapkan pada kondisi operasional yang berbeda dari kapal laut. Secara praktis, penelitian ini memberikan pedoman teknis yang dapat langsung diterapkan oleh perancang kapal, operator wisata, dan otoritas keselamatan. Prosedur penggunaan Maxsurf serta metode evaluasi berdasarkan standar IMO/BKI dapat dijadikan protokol wajib dalam merancang dan mengevaluasi kapal wisata di sungai besar seperti Kapuas, Mahakam, atau Musi. Selain itu, hasil penelitian menyediakan referensi data awal yang dapat dimanfaatkan untuk pengembangan desain kapal wisata serupa, audit keselamatan, maupun pengembangan produk pariwisata berbasis transportasi air yang lebih aman dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang serta menganalisis karakteristik hidrostatis dan stabilitas Kapal Wisata *Galaherang* menggunakan perangkat lunak Maxsurf sesuai standar keselamatan IMO A.749(18) dan BKI Vol. II. Hasil menunjukkan bahwa ukuran utama kapal LOA 21 meter, lebar 5 meter, kedalaman 3 meter, draft operasional 1,61 meter, serta kapasitas 97 penumpang dan 4 awak memberikan nilai stabilitas transversal (GMt) sebesar 0,957 meter pada kondisi muatan penuh, jauh di atas ambang batas minimum IMO. Kurva GZ mencapai nilai maksimum 0,523 meter pada sudut oleng 45,5°, dengan luas area di bawah kurva hingga 30° sebesar 71,583 m·deg, menandakan kemampuan pemulihan kapal yang sangat baik terhadap gangguan eksternal. Simulasi dinamis seperti *passenger crowding* dan manuver *turning* menunjukkan sudut kemiringan hanya

berkisar $7,5^{\circ}$ – 10° , tetap dalam batas aman dan memberikan bukti tambahan bahwa kapal mampu beroperasi dengan stabil di lingkungan Sungai Kapuas.

Temuan ini sepenuhnya memenuhi tujuan penelitian, yakni memberikan rancangan kapal wisata sungai yang memenuhi standar keselamatan, menilai karakteristik stabilitas awal dan sudut besar, serta menyediakan dokumentasi teknis yang dapat dijadikan acuan dalam perancangan kapal wisata serupa. Hasil analisis menunjukkan bahwa Kapal *Galaherang* layak secara teknis untuk dioperasikan di Sungai Kapuas, dengan performa stabilitas yang konsisten baik dalam kondisi statis maupun dinamis. Kendati demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan karena analisis dilakukan pada satu objek tunggal dan dalam kondisi operasional tertentu, sehingga penerapannya pada kapal dengan desain atau lingkungan sungai berbeda memerlukan verifikasi tambahan.

Kontribusi ilmiah penelitian ini terletak pada perluasan penerapan teori stabilitas klasik ke dalam konteks kapal wisata sungai tropis, serta penyajian model validasi berbasis simulasi numerik Maxsurf yang terintegrasi dengan standar IMO dan BKI. Model evaluasi ini dapat digunakan sebagai referensi dalam proses desain kapal wisata di Indonesia, baik oleh industri maupun lembaga regulator. Penelitian ini juga memberikan dasar teknis untuk replikasi di masa depan melalui penyajian rumus, prosedur simulasi, dan parameter verifikasi yang terstruktur. Untuk penelitian lanjutan, direkomendasikan pelaksanaan *tank test* atau *sea trial* untuk memvalidasi akurasi simulasi, pengembangan pemodelan stabilitas dinamis berbasis CFD, serta penerapan metode optimasi desain lambung yang mempertimbangkan stabilitas, efisiensi energi, dan kenyamanan penumpang secara simultan.

Penelitian ini juga memiliki implikasi praktis bagi operator kapal wisata dan pemerintah daerah. Operator disarankan menerapkan prosedur distribusi muatan yang merata, membatasi jumlah penumpang sesuai kapasitas desain, serta memberikan pelatihan manuver kepada awak kapal untuk menghadapi kondisi sungai yang berubah-ubah. Pemerintah daerah dapat memperkuat regulasi keselamatan kapal wisata dengan mengadopsi standar IMO/BKI dalam proses perizinan, termasuk kewajiban memiliki *stability booklet*, inspeksi berkala, dan uji coba operasional. Dengan penerapan teknologi desain berbasis simulasi yang terintegrasi dengan pengawasan regulatif, keselamatan kapal wisata di sungai-sungai besar Indonesia dapat ditingkatkan sekaligus mendukung pengembangan pariwisata air yang berkelanjutan. Selain itu, memperluas kajian pada berbagai jenis kapal wisata sungai lain di berbagai daerah akan menghasilkan rekomendasi desain yang lebih komprehensif dan aplikatif. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya membuktikan kelayakan desain Kapal *Galaherang*, tetapi juga memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan ilmu rekayasa perkapalan sungai di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indonesia Kaya, “Memandangi Keindahan Sungai Kapuas di Taman Alun-Alun.” [Online]. Available: <https://indonesiakaya.com/pustaka-indonesia/memandangi-keindahan-sungai-kapuas-di-taman-alun-alun/>
- [2] Klikkalteng.id, “DIDUGA ALAMI KEBOCORAN, KAPAL WISATA SUSUR SUNGAI MENTAYA KARAM.” [Online]. Available: <https://www.klikkalteng.id/baca/2025/01/21/33849/diduga-alami-kebocoran-kapal-wisata-susur-sungai-mentaya-karam>
- [3] R. Romadhoni, B. Santoso, and M. Ikhsan, “Resistance and Intact Stability Calculation of Hull Form Tourism Boat Siak River for Passenger Safety,” *Adv. Eng. Res.*, vol. 208, no. 12, pp. 222–227, 2021.
- [4] V. D. Moganti, R. E. Garetno, R. Irvana, and A. Fadillah, “A Study of the effectiveness Fin Stabilizer on Unsada Water Tour Bus to Comfort the Rolling Period to Support Toba Lake

- Tourism,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 557, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/557/1/012012.
- [5] S. Indrajati Restu Ladosa, Andi Trimulyono, “Analisa Stabilitas Kapal Kontainer 25000 DWT Rute Perairan Surabaya-Kobe,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 12, no. 4, pp. 1–9, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [6] A. Ramadina, “Uji Stabilitas Berdasarkan Standar IMO dari Kapal Admiral Moon Menggunakan Software Maxsurf,” 2022.
- [7] A. W. Hasim, “Simulasi Numerik Dynamic Stability pada Kapal di Gelombang,” 2021.
- [8] M. A. Rozaq and E. Pranatal, “Analisis Stabilitas Kapal Wisata Bahari Telocor Sidoarjo,” no. Senastitan V, pp. 1–11, 2025.
- [9] K. Khotimah and H. Hasanudin, “Desain Kapal untuk Wisata Rute Bangsring- Pulau Menjangan Pulau Tabuhan,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.18113.
- [10] Biro Klasifikasi Indonesia, *Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Bagian 1 Kapal Samudra, Volume II Peraturan Lambung*, vol. II. 2022.
- [11] B. Santoso, N. Abdurrahman, and Sarwoko, “Analisis Teknis Stabilitas Kapal LCT 200 GT,” *J. Rekayasa Mesin, Politek. Negeri Semarang*, vol. 11, no. 1, pp. 26–31, 2016.
- [12] A. P. Antika, I. P. Mulyatno, and A. W. B. Santosa, “Perancangan Kapal General Cargo 22200 DWT Untuk Rute Pelayaran Surabaya - Balikpapan,” *Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 2, pp. 152–160, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/26745>