

Perancangan Kapal Wisata dengan Pertimbangan Penggunaan Bahan Bakar Alternatif

Budianto^{1*}, dan Boedi Herijono²

¹ Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Keputih Sukolilo Surabaya, 60111, Indonesia

² Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Keputih Sukolilo Surabaya, 60111, Indonesia

Email: budianto@ppns.ac.id¹, boedihj@ppns.ac.id²

Abstrak

Dengan menganalisis kebutuhan operasional seperti kapasitas penumpang, ruang kargo, jenis rute, dan kecepatan desain untuk menentukan ukuran utama kapal wisata katamaran dengan konsep teknologi hijau. Untuk mengetahui tren desain dan teknologi terbaru, dengan melakukan benchmarking dengan kapal sejenis. Dalam desain awal, panjang kapal keseluruhan (LOA), lebar (beam), draft, dan tinggi dihitung sesuai dengan persyaratan operasional dan stabilitas. Penggunaan perangkat lunak desain kapal untuk simulasi dan perhitungan membantu mengoptimalkan bentuk lambung dan kinerja hidrodinamik. Diperlukan untuk menguji model skala di kolam uji untuk memastikan bahwa model kapal stabil dan bekerja dengan baik, dan desain harus disesuaikan berdasarkan hasil uji coba. Penggunaan sistem propulsi yang ramah lingkungan, seperti motor listrik, panel surya, atau mesin hibrida, serta bahan konstruksi yang efisien energi, adalah bagian dari implementasi teknologi hijau. Pastikan desain kapal sesuai dengan peraturan keselamatan. Penggunaan bahan bakar alternatif pada kapal wisata yang lebih ramah lingkungan seperti energi terbarukan solar panel dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) dan polusi udara. Perancangan kapal wisata dengan pertimbangan penggunaan bahan bakar alternatif harus mencakup pemilihan bahan bakar yang paling efisien dan ramah lingkungan, seperti energi listrik atau hidrogen, serta integrasi teknologi hijau seperti panel surya dan sistem pengelolaan limbah. Langkah-langkah ini memastikan kapal yang dirancang tidak hanya memiliki kinerja yang optimal dan efisiensi bahan bakar yang tinggi, tetapi juga meminimalkan dampak lingkungan. Selain itu, perancangan harus mematuhi regulasi lingkungan yang berlaku dan mempertimbangkan aspek keselamatan dan biaya operasional. Dengan pendekatan holistik ini, kapal wisata katamaran dapat beroperasi secara berkelanjutan dan mendukung tujuan keberlanjutan dalam industri maritim.

Kata kunci: kapal, wisata, teknologi hijau, displacement, operasional.

Abstract

By analyzing operational needs such as passenger capacity, cargo space, route type, and design speed to determine the main size of a catamaran tour boat with a green technology concept. To find out the latest design and technology trends, by benchmarking with similar ships. In the preliminary design, the overall ship length (LOA), width (beam), draft, and height are calculated according to operational and stability requirements. The use of ship design software for simulation and calculation helps to optimize hull form and hydrodynamic performance. It is necessary to test the scale model in the test pool to ensure that the ship model is stable and works properly, and the design should be adjusted based on the trial results. The use of environmentally friendly propulsion systems, such as electric motors, solar panels, or hybrid engines, as well as energy-efficient construction materials, is part of the implementation of green technology. Ensure that the vessel design complies with safety regulations. The use of alternative fuels on tour boats that are more environmentally friendly such as renewable energy solar panels can help reduce greenhouse gas (GHG) emissions and air pollution.. Design of tourist vessels with consideration of alternative fuel use should include the selection of the most efficient and environmentally friendly fuels, such as electric or hydrogen energy, as well as the integration of green technologies such as solar panels and waste management systems. These measures ensure the designed vessel not only has optimal performance and high fuel efficiency, but also minimizes environmental impact. In addition, the design must comply with applicable environmental regulations and consider aspects of safety and operational costs. With this holistic approach, catamaran tour boats can operate sustainably and support sustainability goals in the maritime industry.

Keywords: ship, tourism, green technology, displacement, operational.

^{1*} Penulis korespondensi

1. Pendahuluan

Kapal wisata yang digunakan untuk mengangkut penumpang untuk berwisata atau bertamasya dengan destinasi wisata tertentu. Kapal wisata memiliki berbagai ciri khas yang membedakannya dari jenis kapal lainnya. Ukuran kapal wisata umumnya berukuran kecil sampai besar dengan kapasitas penumpang yang banyak. Kapal wisata bisa berukuran berbagai macam ukuran, dari kapal kecil yang membawa beberapa orang hingga kapal besar yang membawa ratusan orang. Fasilitas kapal wisata dilengkapi dengan berbagai fasilitas untuk kenyamanan dan hiburan penumpang, seperti restoran, bar, kolam renang, spa, gym, dan teater. Rute kapal wisata biasanya memiliki rute yang telah ditentukan, mengunjungi berbagai pelabuhan dan destinasi wisata. Durasi perjalanan kapal wisata menawarkan berbagai durasi perjalanan, mulai dari perjalanan singkat selama beberapa hari hingga pelayaran keliling dunia yang dapat berlangsung selama beberapa bulan. Tipe kapal wisata tersedia dalam berbagai tipe, seperti kapal pesiar, kapal pesiar sungai, kapal ferri, kapal pinisi, dan yacht. Harga biaya perjalanan dengan kapal wisata bervariasi tergantung pada tipe kapal, rute, durasi perjalanan, dan fasilitas yang ditawarkan ke wisatawan. Kapal wisata dapat dioperasikan di berbagai kondisi perairan, termasuk danau, sungai, pesisir pantai, dan juga lautan. Karakteristik lain dari ciri khas kapal wisata memiliki geladak observasi yang memungkinkan penumpang untuk menikmati pemandangan laut dan daratan. Kapal wisata dilengkapi dengan berbagai fitur keselamatan untuk memastikan keamanan penumpang dan awak kapal. Serta Kapal wisata memiliki kru yang terlatih untuk melayani penumpang dan memastikan kelancaran perjalanan.

Kapal wisata, meskipun membawa banyak manfaat ekonomi dan sosial, akan tetapi dapat menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan. Adanya dampak lingkungan akibat aktivitas pelayaran kapal seperti kapal menghasilkan emisi gas rumah kaca (GRK) yang signifikan berkontribusi pada perubahan iklim. Kapal wisata umumnya menggunakan bahan bakar fosil seperti diesel dan Heavy fuel Oil (HFO) yang signifikan menghasilkan emisi GRK, terutama CO₂. Penggunaan bahan bakar ini berkontribusi pada pemanasan global dan perubahan iklim. Kapal wisata yang besar membutuhkan lebih banyak bahan bakar untuk beroperasi, menghasilkan emisi GRK yang lebih tinggi serta Aktivitas di kapal wisata, seperti penggunaan energi untuk penerangan, pendingin ruangan, dan peralatan elektronik, juga menghasilkan emisi GRK. Dampak emisi GRK dari kapal wisata berkontribusi pada pemanasan global dan perubahan iklim. Hal ini dapat mengakibatkan naiknya permukaan laut, perubahan pola cuaca, dan kerusakan ekosistem laut.

Kapal wisata juga menghasilkan polusi udara dan air yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan ekosistem laut. Kapal menghasilkan emisi gas buang yang mengandung sulfur oksida (SO_x), nitrogen oksida (NO_x), partikel halus, dan hidrokarbon. Emisi gas buang ini dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan seperti penyakit pernapasan, kanker, dan penyakit jantung. Emisi ini juga dapat menyebabkan hujan asam dan kabut asap. Kebocoran bahan bakar atau limbah dari kapal yang dapat mencemari laut dan membahayakan kehidupan laut. Kapal menghasilkan polusi air seperti limbah cair antara lain air limbah domestik, air bilge, dan air ballast. Limbah padat di kapal menghasilkan sampah seperti plastik, kertas, dan makanan. Limbah ini dapat mencemari laut dan membahayakan kehidupan laut. Limbah cair dapat menyebabkan eutrofikasi dan kontaminasi mikroba. Limbah padat dapat mencemari pantai dan laut, dan membahayakan hewan laut yang dapat terjatuh atau menelan sampah

2. Metode Penelitian

Metode penelitian pada perancangan kapal wisata dengan pertimbangan penggunaan bahan bakar alternatif melibatkan beberapa tahapan kunci yang sistematis. Berikut adalah rincian tahapan dalam penelitian ini dapat ditunjukkan tahapan-tahapan sebagai berikut:

2.1 Pendahuluan dan Pengumpulan Data

Studi Literatur: Melakukan kajian pustaka untuk mengumpulkan informasi mengenai bahan bakar alternatif yang telah digunakan dalam industri maritim, seperti energi listrik, hidrogen, biodiesel, bioethanol, dan LNG. Penelitian ini juga mencakup teknologi hijau yang relevan, regulasi lingkungan, dan tren terkini dalam desain kapal wisata.

Pengumpulan Data Sekunder: Mengumpulkan data historis dan teknis tentang kapal wisata katamaran, termasuk ukuran utama kapal, displacement, kecepatan, konsumsi bahan bakar, dan efisiensi operasional dari sumber yang kredibel.

2.2 Analisis Kebutuhan dan Spesifikasi Desain

Analisis Kebutuhan Pengguna: Melakukan survei dan wawancara dengan operator kapal wisata, wisatawan, dan pemangku kepentingan lainnya untuk memahami kebutuhan dan preferensi mereka terkait dengan kapal wisata yang ramah lingkungan dan efisien.

Spesifikasi Desain: Menetapkan spesifikasi desain yang mencakup ukuran utama kapal (panjang, lebar, draft, displacement), jenis bahan bakar alternatif yang akan digunakan, kapasitas penumpang, dan fitur teknologi hijau yang akan diintegrasikan.

2.3 Simulasi dan Pemodelan

Pemodelan Komputer: Menggunakan perangkat lunak desain kapal (CAD) untuk membuat model 3D dari kapal wisata yang diusulkan. Pemodelan ini mencakup analisis hidrodinamis untuk memastikan efisiensi dan stabilitas kapal di berbagai kondisi perairan.

Simulasi Kinerja: Melakukan simulasi kinerja kapal dengan menggunakan perangkat lunak simulasi untuk menguji efisiensi bahan bakar, kecepatan, dan stabilitas kapal. Simulasi ini juga mencakup analisis emisi untuk memastikan kapal memenuhi standar lingkungan yang berlaku.

2.4 Eksperimen dan Pengujian Prototipe

Pembangunan Prototipe: Membangun prototipe skala kecil dari desain kapal untuk pengujian awal. Prototipe ini akan digunakan untuk menguji kinerja bahan bakar alternatif dan teknologi hijau yang diintegrasikan.

Pengujian Laboratorium: Melakukan pengujian di laboratorium untuk mengevaluasi kinerja bahan bakar alternatif, termasuk efisiensi energi, emisi, dan keandalan sistem propulsi. Pengujian ini juga mencakup analisis stabilitas dan daya apung.

Uji Laut: Melakukan uji laut dengan prototipe untuk mengumpulkan data kinerja kapal dalam kondisi operasional sebenarnya. Uji laut ini akan memberikan informasi mengenai kecepatan, efisiensi bahan bakar, stabilitas, dan kenyamanan penumpang.

2.5 Analisis Data dan Validasi

Analisis Data: Mengolah dan menganalisis data yang diperoleh dari simulasi, pengujian laboratorium, dan uji laut. Analisis ini mencakup evaluasi kinerja bahan bakar alternatif, efisiensi energi, dan dampak lingkungan.

Validasi Model: Memvalidasi model desain dan kinerja kapal berdasarkan data empiris yang diperoleh. Jika diperlukan, model dapat disesuaikan untuk meningkatkan akurasi dan keandalan.

2.6 Pengembangan Desain Akhir dan Implementasi

Desain Akhir: Mengembangkan desain akhir kapal wisata berdasarkan hasil analisis dan validasi. Desain ini harus memenuhi semua spesifikasi dan standar lingkungan yang telah ditetapkan.

Dokumentasi dan Publikasi: Menyusun dokumentasi lengkap mengenai proses perancangan, pengujian, dan hasil penelitian. Publikasikan hasil penelitian untuk berbagi pengetahuan dengan komunitas ilmiah dan industri maritim.

Implementasi dan Produksi: Mengimplementasikan desain akhir untuk produksi massal. Ini mencakup pembuatan kapal dalam skala penuh dan penerapan teknologi bahan bakar alternatif dan teknologi hijau yang telah diuji.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Penentuan Ukuran Utama Kapal

Dengan menganalisis kebutuhan operasional seperti kapasitas penumpang, ruang kargo, jenis rute, dan kecepatan desain untuk menentukan ukuran utama kapal wisata katamaran dengan konsep teknologi hijau. Untuk mengetahui tren desain dan teknologi terbaru, lakukan benchmarking dengan kapal sejenis. Dalam desain awal, panjang kapal keseluruhan (L_{OA}), lebar ($beam$), $draft$, dan tinggi dihitung sesuai dengan persyaratan operasional dan stabilitas. Penggunaan perangkat lunak desain kapal dan analisis CFD untuk simulasi dan perhitungan membantu mengoptimalkan bentuk lambung dan kinerja hidrodinamik. Diperlukan untuk menguji model skala di kolam uji untuk memastikan bahwa model kapal stabil dan bekerja dengan baik, dan desain harus disesuaikan berdasarkan hasil uji coba. Penggunaan sistem propulsi yang ramah lingkungan, seperti motor listrik, panel surya, atau mesin hibrida, serta bahan konstruksi yang efisien energi, adalah bagian dari implementasi teknologi hijau. Pastikan desain kapal sesuai dengan peraturan keselamatan.

Dalam menentukan ukuran utama kapal, regresi linier memiliki beberapa keunggulan. Pertama, regresi linier memiliki teknik yang cukup sederhana dan mudah digunakan untuk pemodelan hubungan antara variabel independen dan dependen. Persamaannya memungkinkan pemodelan yang jelas dari hubungan antara variabel independen dan dependen, dan koefisiennya menunjukkan seberapa besar perubahan dalam variabel dependen yang diprediksi untuk setiap unit perubahan variabel independen. Hasil regresi linier mudah diinterpretasikan. Dibandingkan dengan metode yang lebih kompleks, metode ini juga efektif dengan dataset yang lebih kecil dan memerlukan sedikit sumber daya komputer. Regresi linier berganda memungkinkan untuk menganalisis pengaruh beberapa variabel independen sekaligus. Ini sering digunakan sebagai langkah awal untuk memberikan gambaran umum sebelum menerapkan metode yang lebih kompleks. Selain itu, pengetahuan tentang regresi linier

memberikan dasar yang kuat untuk metode analisis statistik. Selain itu, memahami regresi linier memberikan dasar yang kuat untuk teknik analisis statistik dan machine learning yang lebih kompleks. Meskipun begitu, regresi linier memiliki keterbatasan, terutama jika hubungan antar variabel tidak linear atau ada interaksi yang kompleks, sehingga metode lain mungkin diperlukan untuk hasil yang lebih akurat dalam kasus tersebut. Berikut data existing kapal katamaran dengan penerapan teknologi hijau :

Tabel 1 Data Kapal Existing

NO	Ship Name	Displ	Lpp	B	H	T
1	Breeze	10.00	6.50	3.00	1.90	0.80
2	Horizon	15.00	8.20	4.00	2.80	1.20
3	Sea Star	18.00	9.10	4.50	2.50	1.30
4	Ocean Wave	22.00	10.80	5.00	3.50	1.50
5	Coral Reef	25.00	13.10	5.50	4.10	1.70
6	Wave Rider	30.00	14.70	6.00	4.90	1.80
7	Sea Breeze	35.00	16.40	7.00	4.95	1.90
8	Blue Horizon	40.00	18.90	8.00	4.00	2.00

Data kapal existing sangat penting dalam penentuan metode regresi linier karena menyediakan basis empiris yang akurat untuk analisis dan prediksi. Dengan menggunakan data ukuran utama dan karakteristik teknis dari kapal-kapal yang sudah ada, metode regresi linier dapat mengidentifikasi hubungan dan pola yang relevan antara berbagai variabel, seperti panjang, lebar, draft, displacement, dan kapasitas penumpang. Informasi ini memungkinkan perancangan kapal baru dengan estimasi yang lebih tepat dan andal, mengurangi risiko kesalahan perhitungan dan optimasi desain. Tanpa data existing, prediksi dan analisis akan kurang valid dan dapat mengarah pada desain yang kurang efisien atau tidak sesuai dengan kebutuhan operasional sebenarnya. Oleh karena itu, data kapal existing merupakan fondasi yang krusial dalam penerapan metode regresi linier untuk memastikan hasil yang optimal dan dapat diandalkan.

Tabel 2 Hasil regresi linier

Displ - Lpp		Displ - B	
m =	0.4658	m =	0.1934
b =	0.6872	b =	0.5288
y =	0.4658 X + 0.6872	y =	0.1934 X + 0.5288
Harga LBP [m] untuk displ =		Harga B [m] untuk displ =	
13	6.74	13	3.04

Displ - H		Displ - T	
m =	0.1232	m =	0.0521
b =	0.4622	b =	0.2047
y =	0.1232 X + 0.4622	y =	0.0521 X + 0.2047
Harga H [m] untuk displ =		Harga T [m] untuk displ =	
13	2.06	13	0.88

Pada tahap general requirement terdapat 2 (dua) fokus pengerjaan yaitu penentuan ukuran utama kapal, dan estimasi beban penumpang dan displacement kapal. Didapatkan perencanaan dimensi kapal dari regresi linier adalah sebagai berikut:

LOA : 8.00 meter
 Lebar (B) : 3.05 meter
 Tinggi (H) : 2.15 meter
 Sarat (T) : 0.88 meter

Pada perencanaan kapal pariwisata bertenaga surya ini di estimasikan mampu untuk membawa 10 orang penumpang. Untuk mendapatkan tambahan luasan pada bagian deck digunakan bentuk katamaran pada bagian lambung dengan model

shape chine hull, dengan bantuan chine maka akan menambah daya dorong ke atas pada penerapan kapal tersebut. Kesimpulannya, dimana displacement merupakan parameter kunci dalam analisis regresi linier untuk desain dan operasional kapal. Dengan memahami hubungan antara displacement dan kinerja kapal, kita dapat membuat prediksi yang lebih akurat mengenai kecepatan, konsumsi bahan bakar, stabilitas, dan draft. Hal ini memungkinkan perancangan kapal yang lebih efisien, stabil, dan aman, serta optimal dalam berbagai kondisi operasional

3.2 Hasil Kajian Analisis Kebutuhan dan spesifikasi teknik

Analisis kebutuhan menunjukkan bahwa kapal wisata harus memiliki efisiensi bahan bakar yang tinggi dan biaya operasional yang rendah untuk memenuhi kebutuhan operator. Wisatawan menginginkan kenyamanan selama perjalanan dengan fasilitas yang baik dan ruang yang cukup, serta kapal yang ramah lingkungan dengan emisi rendah. Selain itu, kapal harus memenuhi standar keselamatan dan regulasi lingkungan, serta mampu beroperasi dalam berbagai kondisi cuaca dan perairan. Integrasi teknologi hijau seperti panel surya, sistem pengelolaan limbah, dan baterai litium-ion untuk sistem propulsi juga menjadi kebutuhan penting untuk mendukung keberlanjutan dan operasi yang efisien.

Tabel 3 analisis kebutuhan dan spesifikasi teknis

Kategori	Kebutuhan	Spesifikasi Desain
Ukuran Utama	Panjang, lebar, dan tinggi yang sesuai dengan operasi di perairan tertentu	Panjang: 7-25 meter, Lebar: 3-10 meter, Tinggi: 3-7.5 meter, Draft: 0.8-2.5 meter
Kapasitas Penumpang	Mampu mengangkut sejumlah penumpang sesuai dengan kebutuhan wisata	Kapasitas: 6-50 orang
Kecepatan	Kecepatan yang cukup untuk operasi wisata	Kecepatan Maksimum: 10-22 knot
Displacement	Displacement yang sesuai untuk stabilitas dan efisiensi bahan bakar	Displacement: 10-60 ton
Sistem Propulsi	Efisiensi dan ramah lingkungan	Mesin diesel ganda atau mesin listrik, dilengkapi dengan sistem efisiensi bahan bakar dan/atau panel surya
Teknologi Hijau	Implementasi teknologi ramah lingkungan	Panel surya, sistem pengelolaan limbah, sistem efisiensi bahan bakar
Fasilitas	Kenyamanan dan kebutuhan penumpang selama perjalanan wisata	Tempat duduk yang nyaman, toilet, area pemandangan, tempat penyimpanan, dan sistem pendingin udara
Stabilitas	Stabilitas kapal untuk kenyamanan dan keselamatan penumpang	Desain lambung katamaran untuk stabilitas lebih baik di perairan yang bergelombang
Konstruksi dan Material	Material yang kuat dan tahan lama	Material komposit ringan atau aluminium untuk kekuatan dan ketahanan korosi
Perawatan dan Operasi	Mudah dalam perawatan dan operasi	Desain modular untuk kemudahan perawatan, sistem navigasi dan kontrol yang intuitif
Keselamatan	Standar keselamatan yang sesuai dengan regulasi	Peralatan keselamatan seperti jaket pelampung, alat pemadam kebakaran, sistem deteksi asap, dan prosedur evakuasi darurat
Kompatibilitas Lingkungan	Mengurangi dampak lingkungan	Sistem pengelolaan limbah yang efisien, penggunaan bahan bakar rendah emisi, minimalisasi kebisingan
Harga dan Biaya Operasional	Biaya yang sesuai dengan anggaran	Desain yang cost-effective dengan mempertimbangkan total biaya kepemilikan (TCO) termasuk biaya perawatan dan operasional yang rendah
Regulasi dan Standar	Mematuhi regulasi dan standar internasional dan lokal	Kepatuhan terhadap regulasi maritim internasional (SOLAS, MARPOL) dan standar lokal terkait desain, konstruksi, keselamatan, dan lingkungan
Desain Estetika	Menarik secara visual untuk wisatawan	Desain modern dan estetik yang mencerminkan keindahan dan kenyamanan, menggunakan warna dan bentuk yang menarik perhatian

Desain kapal harus mencakup fasilitas yang mendukung kenyamanan penumpang, seperti tempat duduk yang nyaman, toilet, dan area pemandangan. Stabilitas kapal ditingkatkan melalui desain lambung katamaran, dan material konstruksi harus kuat dan tahan lama, seperti komposit ringan atau aluminium. Kemudahan perawatan dan operasi, serta kepatuhan terhadap standar keselamatan dan regulasi lingkungan, juga merupakan aspek penting. Terakhir, desain estetika yang menarik dan biaya yang cost-effective harus dipertimbangkan untuk mencapai keseimbangan antara efisiensi biaya dan daya tarik visual kapal. Dengan memperhatikan semua faktor ini, kapal wisata katamaran kecil dapat dirancang untuk memberikan pengalaman wisata yang aman, nyaman, dan berkelanjutan

3.3 Penggunaan Bahan Bakar Alternatif.

Penggunaan bahan bakar alternatif pada kapal wisata yang lebih ramah lingkungan seperti energi terbarukan solar panel dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) dan polusi udara. Tabel ini merangkum kelebihan, kekurangan, efisiensi energi, dampak lingkungan, dan kesesuaian teknologi untuk setiap jenis bahan bakar alternatif, memberikan panduan untuk memilih bahan bakar yang paling sesuai untuk kapal wisata katamaran dengan konsep teknologi hijau.

Tabel 4 • Penggunaan Bahan Bakar Alternatif.

Jenis Bahan Bakar	Kelebihan	Kekurangan	Efisiensi Energi	Dampak Lingkungan	Kesesuaian Teknologi
Energi Listrik	<ul style="list-style-type: none"> - Efisiensi tinggi dalam konversi energi - Emisi nol selama operasi 	<ul style="list-style-type: none"> - Terbatas oleh kapasitas dan berat baterai - Jarak tempuh terbatas 	Tinggi	Nol emisi selama operasi	Memerlukan pengembangan teknologi baterai dan infrastruktur pengisian
Hidrogen	<ul style="list-style-type: none"> - Efisiensi tinggi dalam sel bahan bakar - Emisi hanya uap air 	<ul style="list-style-type: none"> - Infrastruktur penyimpanan dan distribusi belum berkembang - Biaya produksi hidrogen masih tinggi 	Tinggi	Emisi nol	Memerlukan infrastruktur khusus dan teknologi penyimpanan
Biodiesel	<ul style="list-style-type: none"> - Emisi CO2 lebih rendah dibandingkan diesel fosil - Bisa digunakan dalam mesin diesel konvensional 	<ul style="list-style-type: none"> - Efisiensi mirip dengan diesel fosil - Emisi partikel dan NOx mungkin lebih tinggi 	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> - Lebih bersih dibandingkan diesel fosil - Penggunaan lahan dan sumber daya untuk produksi 	Mudah diintegrasikan ke dalam sistem yang ada
Bio-ethanol	<ul style="list-style-type: none"> - Mengurangi emisi karbon - Produk terbarukan 	<ul style="list-style-type: none"> - Densitas energi lebih rendah dibandingkan bensin - Memerlukan sumber daya pertanian 	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> - Lebih bersih dibandingkan bensin - Penggunaan lahan dan sumber daya untuk produksi 	Bisa digunakan sebagai campuran dengan bensin atau bahan bakar utama
LNG	<ul style="list-style-type: none"> - Densitas energi tinggi - Emisi karbon lebih rendah dibandingkan diesel 	<ul style="list-style-type: none"> - Memerlukan penyimpanan dalam kondisi sangat dingin - Biaya infrastruktur tinggi 	Tinggi	<ul style="list-style-type: none"> - Lebih bersih dibandingkan diesel - Masih bahan bakar fosil 	Infrastruktur penyimpanan dan distribusi yang ada

Pada jenis bahan bakar alternatif pada kapal wisata yang lebih ramah lingkungan seperti energi terbarukan seperti solar panel memiliki nilai efisiensi energi yang tinggi dengan memerlukan pengembangan teknologi baterai dan infrastruktur pengisian.

3.4 Visualisasi model kapal

Visualisasi model kapal menggunakan perangkat lunak CAD (Computer-Aided Design) memberikan representasi detail dari desain kapal dalam bentuk gambar 2D dan 3D. Gambar 2D meliputi denah, potongan melintang, dan potongan memanjang yang membantu memahami tata letak ruang, struktur internal, dan bentuk lambung dari kapal. Sementara itu, model 3D memungkinkan tampilan visual lengkap dari kapal yang dapat diputar dan diperbesar, memfasilitasi evaluasi bentuk dan fitur kapal dari berbagai sudut. Selain itu, visualisasi fungsional seperti animasi menunjukkan bagaimana kapal bergerak di air dan interaksi sistem di kapal, sementara analisis simulasi menampilkan peta tekanan dan distribusi stres, yang sangat penting untuk mengevaluasi efisiensi hidrodinamik dan kekuatan struktural. Dengan visualisasi CAD, desainer dapat melakukan analisis mendalam terhadap kinerja kapal tanpa memerlukan prototipe fisik yang mahal. Desain interaktif memungkinkan penyesuaian parameter desain secara real-time, membantu dalam pengoptimalan desain. Visualisasi ini juga mencakup detail interior, seperti tata letak kabin dan fasilitas, yang memungkinkan penilaian desain fungsional dan estetika. Dengan menggunakan teknologi CAD, proses desain menjadi lebih efisien dan akurat, mengurangi risiko kesalahan dan memfasilitasi inovasi dalam pengembangan kapal. Berikut hasil simulasi model kapal wisata yang dihasilkan adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Simulasi 3D kapal

3.5 Peninjauan regulasi lingkungan dan aspek keselamatan

Dalam pengembangan desain kapal wisata katamaran kecil dengan konsep teknologi hijau, penting untuk memperhatikan berbagai regulasi lingkungan dan keselamatan yang berlaku secara internasional. Salah satu regulasi utama yang harus diperhatikan adalah MARPOL (The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships), terutama Annex VI yang mengatur pencegahan pencemaran udara dari kapal, termasuk pembatasan emisi gas berbahaya seperti SO_x, NO_x, dan pengurangan gas rumah kaca (GHG). Selain itu, konvensi Ballast Water Management juga relevan untuk kapal wisata yang mungkin menggunakan sistem manajemen air ballast, guna mencegah penyebaran organisme air berbahaya. Regulasi lingkungan ini sangat penting dalam memastikan bahwa desain kapal tidak hanya efisien tetapi juga ramah lingkungan, sehingga memenuhi standar global untuk pengoperasian kapal yang berkelanjutan.

Di samping itu, aspek keselamatan kapal harus merujuk pada standar yang ditetapkan oleh SOLAS (The International Convention for the Safety of Life at Sea). Beberapa bab dari SOLAS, seperti Chapter II-1 mengenai stabilitas dan instalasi

listrik, serta Chapter III mengenai peralatan keselamatan jiwa, memberikan pedoman penting yang harus dipatuhi dalam desain dan operasi kapal wisata. Selain SOLAS, aturan klasifikasi yang ditetapkan oleh badan klasifikasi seperti Lloyd's Register, DNV GL, atau Bureau Veritas juga harus dipertimbangkan untuk memastikan bahwa kapal dibangun dan dioperasikan dengan aman. Penelitian lebih lanjut dapat difokuskan pada bagaimana teknologi hijau dapat diintegrasikan ke dalam desain kapal untuk memenuhi atau bahkan melampaui standar-standar lingkungan dan keselamatan ini, serta bagaimana regulasi ini mempengaruhi pemilihan material dan sistem yang digunakan dalam pembangunan kapal.

4. Kesimpulan

perancangan kapal wisata dengan pertimbangan penggunaan bahan bakar alternatif harus mencakup pemilihan bahan bakar yang paling efisien dan ramah lingkungan, seperti energi listrik atau hidrogen, serta integrasi teknologi hijau seperti panel surya dan sistem pengelolaan limbah. Langkah-langkah ini memastikan kapal yang dirancang tidak hanya memiliki kinerja yang optimal dan efisiensi bahan bakar yang tinggi, tetapi juga meminimalkan dampak lingkungan. Selain itu, perancangan harus mematuhi regulasi lingkungan yang berlaku dan mempertimbangkan aspek keselamatan dan biaya operasional. Dengan pendekatan holistik ini, kapal wisata katamaran dapat beroperasi secara berkelanjutan dan mendukung tujuan keberlanjutan dalam industri maritim.

5. Ucapan Terima Kasih

Terimakasih disampaikan kepada kolega dosen PPNS yang memberikan sharing ilmu pengetahuan dalam mendukung perancangan kapal wisata ini.

6. Daftar Pustaka

- Ali Imron As et al(2017). Perancangan Kapal Pembersih Eceng Gondok di Sungai Rowo Tirta Probolinggo. In Seminar Master PPNS Vol. 2, No. 1, pp. 209-215
- Anderson, R., & Murphy, L. (2010). *Advanced Catamaran Design and Performance*. Marine Engineering Press.
- Budianto, et al., (2023). Shape Optimization of Remote Operated Vehicle Structure Using Finite Element Method. *Journal of Maritime Research* This link is disabled., 20(3), pp. 57-61.
- Budianto, et al., (2018). Strength Analysis on Ship Ladder Using Finite Element. Bristol, IOP science, p. 012043.
- Budianto, Gaguk Suhardjito. (2017) Pembuatan Rescue Boat 2 In 1 untuk Wilayah Sungai Brantas.
- Johnson, M., Smith, L., & Roberts, A. (2021). Sustainable Innovations in Catamaran Design: A Case Study on the EcoWave. *Journal of Marine Technology*, 55(3), 45-62.
- Jones, T., & Roberts, H. (2020). Emerging Trends in Luxury Catamaran Tourism. *Maritime Industry Review*, 22(1), 78-89.
- Lee, D., & Smith, R. (2015). Technical Considerations in Catamaran Design for Enhanced Stability and Performance. *International Journal of Ship Design*, 48(2), 105-119.
- Macfarlane, A. (2002). The Evolution of Catamarans: From Polynesia to Modern Designs. *Naval Architecture Review*, 18(4), 120-134.
- Thompson, P., & Edwards, K. (2019). Performance Analysis of Hybrid Propulsion Systems in Catamaran Vessels. *Journal of Marine Engineering*, 63(2), 200-215.
- Zhang, Y., & Wang, X. (2018). Green Technology Integration in Tourist Catamarans. *Maritime Technology and Innovation*, 33(4), 150-165.