

Analisis Desain dan Kinerja Hidrodinamika Perahu Fiberglass Menggunakan Metode Van Oortmessen di Sungai Rokan

Nur Audina^{1,*}, Muhammad Ikhsan¹, Muhammad Reza Aditia¹

¹Politeknik Negeri Bengkalis, Jalan Bathin Alam, Desa Sungai Alam, Bengkalis, Indonesia

*Email: nuraudina@polbeng.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis desain dan kinerja hidrodinamika perahu nelayan berbahan fiberglass sebagai alternatif pengganti perahu kayu di Sungai Rokan. Perancangan dilakukan dengan menentukan ukuran utama perahu dan bentuk lambung tipe round bilge. Proses produksi menggunakan metode hand lay-up. Analisis hidrodinamika dilakukan menggunakan metode Van Oortmerssen melalui perangkat lunak Maxsurf Resistance untuk memperoleh nilai tahanan dan kebutuhan daya pada variasi kecepatan. Hasil analisis menunjukkan bahwa tahanan meningkat secara non-linear terhadap kecepatan, dengan dominasi wave resistance pada kecepatan tinggi. Kebutuhan daya meningkat secara eksponensial, dimana pada kecepatan operasional 6 knot dibutuhkan daya mendekati kapasitas mesin 6,5 HP. Hal ini menunjukkan bahwa desain perahu memiliki efisiensi yang baik pada kecepatan operasional nelayan. Dengan demikian, perahu fiberglass layak digunakan sebagai alternatif pengganti perahu kayu dari sisi kinerja hidrodinamika.

Abstract

Design and Hydrodynamic Performance Analysis of a Fiberglass Boat using the Van Oortmerssen Method in the Rokan River. This research investigates the design development and hydrodynamic characteristics of a fiberglass fishing vessel proposed as a substitute for conventional wooden boats operating along the Rokan River. The design stage involved defining the principal dimensions and selecting a round bilge hull configuration to enhance flow performance. Fabrication of the vessel was carried out using the hand lay-up technique, which is widely recognized for its practicality and durability in small boat construction. To evaluate hydrodynamic behavior, resistance and propulsion power were estimated using the Van Oortmerssen empirical method implemented in Maxsurf Resistance software across a range of operating speeds. The findings reveal a non-linear increase in total resistance as speed rises, with wave-making effects becoming increasingly significant at higher velocities. Similarly, propulsion power demand exhibits an exponential growth trend, reaching a level close to the installed engine capacity of 6.5 HP at an operational speed of 6 knots. These results suggest that the proposed design performs efficiently within typical fishing conditions. Consequently, the fiberglass vessel demonstrates strong potential as a practical and hydrodynamically viable replacement for wooden fishing boats in riverine environments.

Kata Kunci: Kapal fiberglass, hidrodinamika, tahanan kapal, Van Oortmerssen, perahu nelayan

1. Pendahuluan

Perahu nelayan tradisional di Sungai Rokan umumnya masih menggunakan material kayu yang memiliki keterbatasan dalam hal umur pakai, perawatan, dan ketersediaan bahan baku. Seiring meningkatnya kebutuhan akan efisiensi operasional dan keberlanjutan, diperlukan alternatif material yang lebih unggul. Fiberglass merupakan salah satu material yang memiliki keunggulan berupa bobot ringan, ketahanan terhadap korosi, serta perawatan yang relatif rendah. Selain itu, dari aspek hidrodinamika, permukaan fiberglass yang lebih halus berpotensi mengurangi tahanan kapal. Permukaan lambung yang halus terbukti mampu menurunkan

tahanan gesek (frictional resistance), yang merupakan komponen dominan dalam total tahanan kapal [1], [2]. Sebaliknya, peningkatan kekasaran permukaan akibat biofouling atau material yang tidak halus dapat meningkatkan tahanan kapal secara signifikan, bahkan hingga puluhan persen pada kecepatan tertentu [3], [4]. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan material dengan kualitas permukaan yang baik menjadi faktor penting dalam meningkatkan efisiensi hidrodinamika kapal. Namun, penggunaan fiberglass perlu didukung dengan analisis desain dan kinerja hidrodinamika yang memadai agar dapat memastikan efisiensi dan kesesuaian dengan kondisi operasional di perairan sungai, terutama dalam

kaitannya dengan interaksi antara bentuk lambung, tahanan, dan pola gelombang yang dihasilkan [5].

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Perahun nelayan fiberglass

Perahu fiberglass banyak digunakan karena memiliki ketahanan yang baik terhadap lingkungan laut dan biaya perawatan yang lebih rendah dibandingkan kayu, karena material fiber reinforced plastic (FRP) memiliki ketahanan tinggi terhadap korosi, pembusukan, serta degradasi akibat air laut dan radiasi UV, sehingga umur pakainya lebih panjang [6], [7].

2.2. Tahanan kapal

Tahanan kapal secara umum terdiri dari beberapa komponen utama yaitu frictional resistance, wave resistance, dan residual resistance, yang masing-masing memiliki karakteristik berbeda dalam mempengaruhi performa kapal. Frictional resistance terjadi akibat gesekan antara permukaan lambung kapal dengan fluida, sedangkan wave resistance timbul akibat pembentukan gelombang di sekitar kapal saat bergerak, dan residual resistance merupakan gabungan dari komponen tahanan tambahan seperti tekanan dan bentuk lambung. Tahanan total kapal dapat dinyatakan sebagai kombinasi antara tahanan gesek dan tahanan residual yang mencakup komponen gelombang dan tekanan, sehingga analisis pemisahan komponen tahanan sangat penting dalam studi hidrodinamika kapal [8].

2.3. Metode Van Oortmerssen

Metode ini digunakan untuk menghitung tahanan kapal kecil berbasis parameter geometrik dan cocok untuk kapal dengan panjang kurang dari 20 meter. Metode ini banyak digunakan pada tahap awal desain karena mampu memberikan estimasi tahanan dan daya secara cepat dan cukup akurat untuk kapal tipe displacement pada penggunaan metode Van Oortmerssen [5]. Selain itu, pada metode ini juga menunjukkan bahwa metode empiris berbasis parameter geometrik masih relevan digunakan dalam prediksi karakteristik hidrodinamika kapal, terutama pada tahap konseptual desain sebelum dilakukan simulasi numerik lanjutan [9].

3. Metode Penelitian

3.1. Lokasi penelitian

Penelitian dilaksanakan di Sungai Rokan, Desa Jurong.

3.2. Metode penelitian

Metode penelitian ini dilakukan melalui pendekatan rekayasa (engineering approach) yang mengintegrasikan studi literatur, pengumpulan data lapangan, perancangan, hingga proses manufaktur perahu fiberglass. Tahap awal dimulai dengan identifikasi masalah terkait keterbatasan penggunaan perahu kayu, kemudian dilanjutkan dengan studi literatur untuk memperoleh dasar teoritis mengenai desain kapal, material komposit fiberglass (FRP), serta metode produksi yang sesuai. Studi literatur menjadi landasan penting dalam penelitian modern karena mampu mengarahkan proses desain agar sesuai standar teknis dan keselamatan konstruksi kapal [10].

Tahapan selanjutnya dilakukan pengumpulan data melalui observasi dan wawancara langsung dengan nelayan sebagai pengguna utama. Data ini digunakan untuk menentukan kebutuhan operasional serta ukuran utama perahu. Pendekatan berbasis pengguna (user-based design) ini penting agar desain yang dihasilkan sesuai dengan kondisi nyata di lapangan. [11].

Tahap perancangan dilakukan dengan membuat rencana garis (lines plan) dan rencana umum (general arrangement) menggunakan perangkat lunak desain seperti AutoCAD dan Maxsurf. Selain itu, dalam beberapa penelitian terkini, proses desain juga dikombinasikan dengan analisis kekuatan struktur menggunakan pendekatan numerik seperti metode elemen hingga untuk memastikan keamanan konstruksi [10].

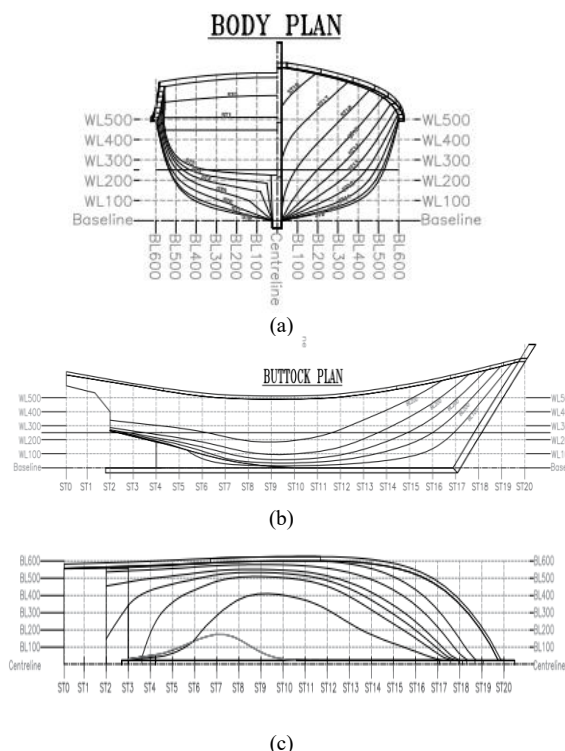
Tahapan berikutnya adalah proses fabrikasi menggunakan metode hand lay-up, yaitu teknik laminasi komposit fiberglass secara manual dengan sistem cetakan terbuka (open mould). Metode ini banyak digunakan pada industri kapal kecil karena sederhana, fleksibel, dan biaya relatif rendah. Proses laminasi dilakukan dengan mengaplikasikan resin pada serat penguat seperti chopped strand mat dan woven roving hingga membentuk struktur lambung perahu [12]. Tahap akhir meliputi finishing, pengujian, dan evaluasi hasil produksi. Proses ini mencakup pengecekan kualitas struktur, kekuatan material, serta kesiapan operasional perahu. Selain itu, pentingnya penerapan standar dalam proses produksi juga ditekankan dalam penelitian terbaru, karena kualitas kapal fiberglass sangat dipengaruhi oleh kesesuaian terhadap standar konstruksi dan prosedur manufaktur [11].

3.3. Desain perancangan perahu fiberglass

Perahu nelayan fiberglass dirancang dengan mempertimbangkan kondisi operasional di Sungai Rokan yang memiliki karakteristik perairan tenang hingga sedang. Dimensi utama perahu yang diperoleh dari proses perancangan meliputi panjang (LPP) 5 m,

lebar (B) 1,25 m, sarat (T) 0,30 m. Hasil desain rencana garis perahu dapat dilihat pada Gambar 1.

Desain lambung menggunakan tipe round bilge yang bertujuan untuk mengurangi hambatan aliran air serta meningkatkan efisiensi gerak perahu. Bentuk ini memungkinkan distribusi aliran fluida yang lebih halus di sepanjang permukaan lambung sehingga dapat meminimalkan turbulensi dan tahanan gesek.

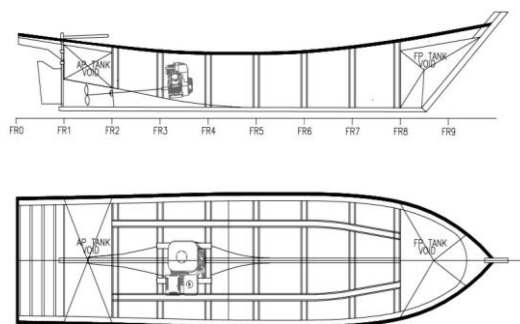


Gambar 1. Rencana garis (a) Body Plan (b) Buttock plan dan (c) Half breadth plan

Gambar rencana garis yang terdiri dari body plan, buttock plan, dan half breadth plan sebagaimana Gambar 1 merupakan representasi geometris utama dalam perancangan bentuk lambung kapal yang digunakan untuk menganalisis karakteristik hidrodinamika dan stabilitas kapal. Body plan (Gambar 1a) menunjukkan bentuk penampang melintang kapal pada setiap station, buttock plan (Gambar 1b) menggambarkan irisan longitudinal untuk melihat kelengkungan memanjang lambung, sedangkan half breadth plan (Gambar 1c) menampilkan bentuk garis air (waterline) yang berpengaruh terhadap distribusi volume dan stabilitas awal.

Rencana garis merupakan dasar utama dalam proses desain kapal karena menentukan performa tahanan dan efisiensi propulsi [13]. Selain itu, bentuk kurva pada setiap plan sangat mempengaruhi distribusi displacement serta karakteristik gelombang yang dihasilkan kapal [14]. Optimasi bentuk lambung melalui analisis lines plan dapat meningkatkan efisiensi hidrodinamika serta mengurangi tahanan

kapal, sehingga tahap perancangan ini menjadi sangat krusial dalam pengembangan kapal modern [15].



Gambar 2. Rencana umum

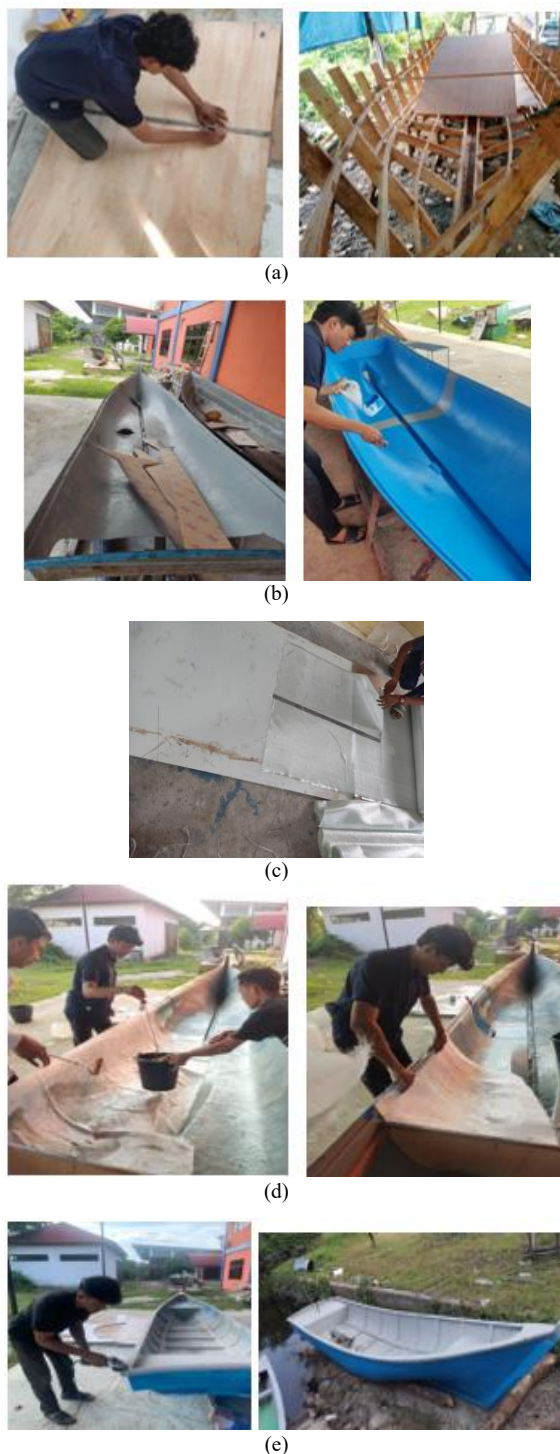
Selain itu, tata letak umum (general arrangement) seperti pada Gambar 2. dirancang untuk mendukung aktivitas nelayan, dengan mempertimbangkan aspek stabilitas, kapasitas muatan, serta kemudahan operasional di perairan sungai. Perencanaan general arrangement sangat penting dalam menentukan efisiensi ruang dan distribusi beban yang berpengaruh langsung terhadap stabilitas kapal [13]. Selanjutnya tata letak ruang mesin dan tangki harus mempertimbangkan aksesibilitas, keselamatan, serta kemudahan perawatan untuk mendukung operasional kapal yang optimal [16]. Penelitian oleh [17] juga menegaskan bahwa desain rencana umum yang baik dapat meningkatkan efisiensi operasional kapal sekaligus meminimalkan risiko kegagalan sistem akibat distribusi beban yang tidak merata.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Produksi perahu fiberglass

Proses produksi perahu dilakukan menggunakan metode hand lay-up seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, yang merupakan metode umum dalam pembuatan kapal fiberglass skala kecil. Metode ini dipilih karena relatif sederhana, ekonomis, serta mudah diaplikasikan pada produksi skala terbatas

Tahapan produksi diawali dengan persiapan cetakan (mould) yang harus dalam kondisi bersih dan siap digunakan. Selanjutnya dilakukan pelapisan gelcoat sebagai lapisan permukaan untuk memberikan perlindungan dan kualitas finishing yang baik. Setelah itu, dilakukan penyusunan serat kaca (fiberglass mat) di atas cetakan sesuai dengan kebutuhan ketebalan dan kekuatan struktur. Proses berikutnya adalah laminasi menggunakan resin sebagai matriks pengikat serat, yang bertujuan membentuk struktur komposit yang kuat dan kaku. Tahap akhir meliputi proses curing untuk memastikan pengerasan material secara sempurna, diikuti dengan proses finishing untuk memperoleh hasil permukaan yang halus dan sesuai spesifikasi.



Gambar 3. Proses produksi perahu fiberglass (a) Persiapan cetakan, (b) Pelapisan gelcoat, (c) Penyusunan serat kaca (fiberglass matt), (d) Proses laminasi dan (e) Finishing

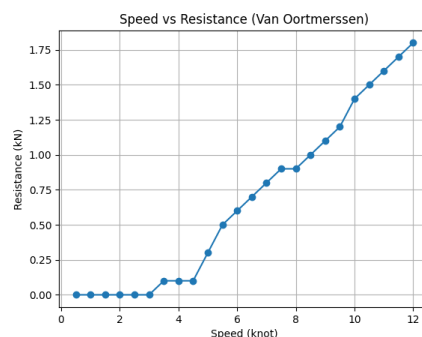
Proses produksi perahu fiberglass dilakukan menggunakan metode hand lay-up, yang merupakan metode umum dalam pembuatan kapal skala kecil karena sederhana dan ekonomis. Tahapan produksi dimulai dari persiapan cetakan (mould) (Gambar 3a), pelapisan gelcoat (Gambar 3b), penyusunan serat kaca (fiberglass mat) (Gambar 3c), proses laminasi menggunakan resin (Gambar 3d), hingga proses

curing dan finishing (Gambar 3e). Metode ini termasuk dalam teknik cetakan terbuka (open mould) yang dilakukan secara manual dengan pelapisan bertahap antara serat dan resin, sebagaimana dijelaskan oleh [18] bahwa proses fabrikasi kapal fiberglass dilakukan melalui beberapa tahapan mulai dari desain hingga laminasi berlapis menggunakan material FRP untuk menghasilkan struktur yang kuat.

Selain itu, tahapan seperti pelapisan gelcoat, laminasi, hingga finishing sangat menentukan kualitas akhir lambung kapal, terutama dalam hal kekuatan dan ketahanan terhadap lingkungan laut [19]. Metode hand lay-up merupakan teknik tertua dan paling sederhana dalam pembuatan komposit fiberglass, di mana resin dan serat diperkuat secara manual pada cetakan untuk membentuk struktur kapal, meskipun memiliki kelemahan pada konsistensi kualitas karena sangat bergantung pada keterampilan pekerja [20].

4.2. Analisis kerja hidrodinamika

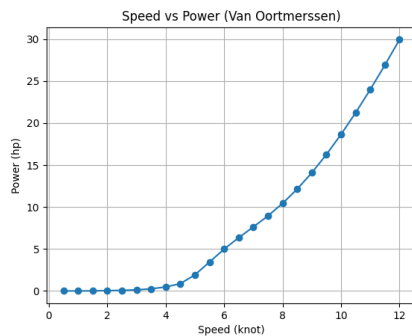
Analisis hidrodinamika dilakukan untuk mengevaluasi hubungan antara kecepatan perahu terhadap tahanan (resistance) dan kebutuhan daya (power) menggunakan metode Van Oortmerssen melalui perangkat lunak Maxsurf. Gambar 4 dan 5 menunjukkan grafik perbandingan kecepatan kapal dengan ketahanan dan daya tahanan kapal.



Gambar 4. Grafik speed vs resistance

Grafik hubungan kecepatan kapal terhadap tahanan seperti pada Gambar 4 menunjukkan pola non-linear meningkat, di mana pada kecepatan rendah (0–3 knot) nilai tahanan masih sangat kecil akibat dominasi tahanan gesek (frictional resistance), sebagaimana dijelaskan oleh [21] yang menyatakan bahwa kontribusi tahanan gelombang pada kecepatan rendah masih belum signifikan. Seiring peningkatan kecepatan pada rentang 3–6 knot, mulai terjadi kenaikan tahanan secara bertahap akibat munculnya tahanan gelombang (wave-making resistance), yang dipicu oleh interaksi antara lambung kapal dan permukaan air, sesuai dengan temuan [22] serta [23] yang menjelaskan bahwa pembentukan dan interferensi gelombang haluan–buritan semakin meningkat pada kecepatan menengah. Hasil ini

diperoleh menggunakan metode empiris Van Oortmerssen yang dipilih karena sesuai dengan tipe kapal yang digunakan. Metode ini juga dikenal mampu memberikan estimasi tahanan yang cukup baik pada rentang kecepatan rendah hingga menengah dengan kebutuhan data yang relatif sederhana dibandingkan metode numerik atau eksperimental.



Gambar 5. Grafik speed vs power

Grafik hubungan antara kecepatan kapal dan daya seperti pada Gambar 5 menunjukkan pola peningkatan yang sangat tajam dan bersifat non-linear, di mana pada kecepatan rendah (0–3 knot) kebutuhan daya masih mendekati nol, kemudian meningkat bertahap pada kecepatan menengah (4–6 knot), dan mengalami lonjakan signifikan pada kecepatan di atas 6 knot hingga mencapai sekitar 30 HP pada 12 knot. Pola ini mencerminkan karakteristik kapal tipe displacement yang mengikuti hubungan mendekati kubik antara daya dan kecepatan, sebagaimana dijelaskan oleh [24] bahwa peningkatan kecepatan kapal akan menyebabkan kebutuhan daya meningkat secara tidak proporsional akibat kenaikan tahanan total. Selain itu, pembentukan gelombang di sekitar lambung kapal berkontribusi besar terhadap peningkatan kebutuhan daya propulsi, terutama pada kecepatan menengah hingga tinggi [25]. Penelitian oleh [26] juga menunjukkan bahwa interaksi antara tahanan gesek dan tahanan gelombang menyebabkan peningkatan energi yang dibutuhkan untuk mempertahankan kecepatan kapal. Lebih lanjut, [27] menjelaskan bahwa pada kecepatan tinggi, dominasi tahanan gelombang mengakibatkan lonjakan kebutuhan daya yang signifikan sehingga efisiensi energi menurun.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan proses produksi, perahu nelayan berbahan fiberglass berhasil dikembangkan dengan dimensi utama panjang 5,00 m, lebar 1,25 m, dan sarat 0,30 m, serta menggunakan bentuk lambung round bilge yang sesuai dengan karakteristik operasional di perairan Sungai Rokan. Metode produksi hand lay-up mampu menghasilkan struktur perahu yang kuat dan permukaan lambung yang halus, sehingga berkontribusi dalam mengurangi

tahanan gesek dan meningkatkan performa hidrodinamika.

Hasil analisis hidrodinamika menggunakan metode Van Oortmerssen menunjukkan bahwa tahanan total meningkat secara non-linear terhadap kecepatan, dengan dominasi wave resistance pada kecepatan tinggi. Kebutuhan daya juga meningkat secara eksponensial seiring bertambahnya kecepatan, di mana pada kecepatan operasional sekitar 5–6 knot, daya yang dibutuhkan mendekati kapasitas mesin 6,5 HP. Secara keseluruhan, desain perahu ini memiliki kinerja hidrodinamika yang cukup efisien dan layak digunakan sebagai alternatif pengganti perahu kayu, terutama dari segi efisiensi operasional dan performa di perairan sungai.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang terlibat seperti masyarakat nelayan Sungai Jurong, Desa Rokan yang bersedia memberikan informasi terkait kapal nelayan dan juga Politeknik Negeri Bengkalis sebagai tempat produksi perahu berbahan dasar Fiberglass.

Referensi

- [1] I. F. Aisyah and Sutardi, "Numerical Investigations on Hydrofoil Performance due to Homogeneous Roughness," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, 2024, p. 012025. doi: 10.1088/1755-1315/1344/1/012025.
- [2] W. Amiruddin *et al.*, "Assessing Drag Increase on Fishing Vessels due to Biofouling-Induced Surface Roughness using CFD," *Ships Offshore Struct.*, pp. 1–17, 2025, doi: 10.1080/17445302.2025.2472266.
- [3] W. Amiruddin *et al.*, "Prediction of the Impact of Biofouling Roughness on a Full-Scale Planing Boat Performance using CFD," *Ocean Eng.*, vol. 301, p. 117457, 2024, doi: 10.1016/j.oceaneng.2024.117457.
- [4] Z. Ali and G. Bognár, "RANS Study of Surface Roughness Effects on Ship Resistance," *J. Nonlinear, Complex Data Sci.*, vol. 25, no. 2, pp. 215–236, 2024, doi: 10.1515/jncds-2024-0009.
- [5] R. F. Naryanto *et al.*, "Analyzing the Total Resistance and Wave Pattern of Modification Hull Form Design Catamaran Fishing Vessel," *WAVE J. Ilm. Teknol. Marit.*, vol. 18, no. 2, 2024, doi: 10.55981/wave.2024.2165.
- [6] A. P. Mouritz and A. G. Gibson, *Fire Properties of Polymer Composite Materials*, 1st ed. Dordrecht: Springer, 2006. doi: 10.1007/978-1-4020-5356-6.
- [7] M. S. Hossain, M. M. Islam, and M. M. Rahman, "Durability and Performance of FRP Composites in Marine Environment," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 10, no. 6, p. 789, 2022, doi: 10.3390/jmse10060789.
- [8] T. Gerostathis, A. Magkouris, and K. Belibassakis, "A 3D BEM-Coupled Mode Model for the Performance Analysis of Wave Energy Converter Parks in Nearshore-Coastal

- Regions,” *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 12, no. 2, p. 212, 2024, doi: 10.3390/jmse12020212.
- [9] M. Çillice, “Empirical Methods for Ship Resistance Prediction and Their Applicability in Preliminary Design Stage,” *Sh. Technol. Res.*, 2025, doi: 10.1080/09377255.2025.2513760.
- [10] T. S. Efendy and A. G. Surbakti, “Perancangan Konstruksi Kapal Wisata 1 GT Berbahan Dasar Fiberglass,” *J. Inov. Teknol. Manufaktur, Energi, dan Otomotif*, vol. 2, no. 2, pp. 138–148, 2024, doi: 10.57203/jinggo.v2i2.2024.138-148.
- [11] Suardi, M. Tasrief, S. M. Cakasana, W. Setiawan, and M. U. Pawara, “Perancangan Kapal Penangkap Ikan Tipe Multipurpose untuk Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia (WPP-RI) 713,” *J. Kelaut. Nas.*, vol. 18, no. 2, pp. 141–150, 2023, doi: 10.15578/jkn.v18i2.11387.
- [12] S. A. Rahmawaty, “Analisa Kekuatan Tarik dan Tekuk pada Komposit Fiberglass-Polyester Berpenguat Serat Gelas dengan Variasi Fraksi Volume Serat,” *JTM-ITI (Jurnal Tek. Mesin ITI)*, vol. 5, no. 3, 2021.
- [13] Y. Feng, O. el Moctar, and T. E. Schellin, “Parametric Hull Form Optimization of Containerships for Minimum Resistance in Calm Water and in Waves,” *J. Mar. Sci. Appl.*, vol. 20, no. 4, pp. 670–693, 2021, doi: 10.1007/s11804-021-00243-w.
- [14] S. Riyadi, W. D. Aryawan, and I. K. A. P. Utama, “Experimental and Computational Fluid Dynamics Investigations into the Effect of Loading Condition on Resistance of Hard-Chine Semi Planning Crew Boat,” *Int. J. Technol.*, vol. 13, no. 3, pp. 518–532, 2022, doi: 10.14716/ijtech.v13i3.4597.
- [15] J.-H. Kim, M.-I. Roh, and I.-C. Yeo, “Hull Form Optimization of Fully Parameterized Small Ships Using Characteristic Curves and Deep Neural Networks,” *Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng.*, vol. 16, p. 100596, 2024, doi: 10.1016/j.ijnaoe.2024.100596.
- [16] Gunawan, A. S. A. Utomo, K. Hamada, K. Ouchi, H. Yamamoto, and Y. Sueshige, “Optimization of Module Arrangement in Ship Engine Room,” *J. Sh. Prod. Des.*, vol. 37, no. 1, pp. 54–66, 2021, doi: 10.5957/JSPD.12190066.
- [17] Z. Wei, J. Wu, Z. Li, S. Cheng, X. Yan, and S. Wang, “The Intelligent Layout of the Ship Piping System Based on Optimization Methods,” *Appl. Sci.*, vol. 14, no. 7, p. 2694, 2024, doi: 10.3390/app14072694.
- [18] H. Saputra *et al.*, “Design and Fabrication of 6 Meter Fiberglass Boat for Coastal Water Tourism in Batam,” *Int. J. Mar. Eng. Innov. Res.*, vol. 9, no. 2, 2024, doi: 10.12962/j25481479.v9i2.20342.
- [19] S. Pambudi, M. Asrofi, T. Agus, M. Z. Bin Affan, and N. A. Murtadho, “Perahu Fiberglass untuk Penunjang Alat Penangkap Ikan dan Sektot Pariwisata Desa Sumbersari Kecamatan Purwoharjo Banyuwangi,” *SELAPARANG J. Pengabd. Masy. Berkemajuan*, vol. 4, no. 3, 2021.
- [20] K. Jaswanth, K. Dhanunjaya, M. J. S. Narayana, B. V. N. Karthik, P. Sridhar, and A. N. Kumar, “Experimental Investigation and Analysis of Mechanical Properties of Chopped Strand Mat-E Glass Fiber Polyester Resin & Graphite Powder Composites,” *Int. J. Sci. Res. Eng. Manag.*, vol. 8, no. 4, pp. 1–8, 2024, doi: 10.55041/IJSREM31612.
- [21] Y. Yang *et al.*, “Research on Ship Resistance Prediction Using Machine Learning with Different Samples,” *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 12, no. 4, p. 556, 2024, doi: 10.3390/jmse12040556.
- [22] W. Lee and B. W. Nam, “Numerical Analysis of Wave Interference Effects on Ship Resistance in Parallel Arrangements,” *J. Ocean Eng. Technol.*, vol. 38, no. 6, pp. 325–335, 2024, doi: 10.26748/KSOE.2024.082.
- [23] Y. Tian *et al.*, “A Comparative CFD Study on the Wave-Making Characteristics and Resistance Performance of Two Representative Naval Vessel Designs,” *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 14, no. 2, p. 212, 2026, doi: 10.3390/jmse14020212.
- [24] H. S. Kim and M. Il Roh, “Interpretable Data-Driven Models for Predicting Shaft Power, Fuel Consumption, and Speed Considering the Effects of Hull Fouling and Weather Conditions,” *Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng.*, vol. 16, p. 100592, 2024, doi: 10.1016/j.ijnaoe.2024.100592.
- [25] C. Zhang, J. W. Ringsberg, and F. Thies, “Development of a Ship Performance Model for Power Estimation of Inland Waterway Vessels,” *Ocean Eng.*, vol. 287, p. 115731, 2023, doi: 10.1016/j.oceaneng.2023.115731.
- [26] J.-H. Lee, Y. Kim, B.-S. Kim, and F. Gerhardt, “Comparative Study on Analysis Methods for Added Resistance of Four Ships in Head and Oblique Waves,” *Ocean Eng.*, vol. 236, p. 109552, 2021, doi: 10.1016/j.oceaneng.2021.109552.
- [27] Y. Yu, R. Zhu, D. Xu, S. Huang, and L. Hong, “Investigation into the Direct Calculation of Added Wave Resistance of Ship in Forward Motion with Reflection Ratio Correction,” *Ocean Eng.*, vol. 239, p. 109857, 2021, doi: 10.1016/j.oceaneng.2021.109857.