



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Studi Kapal Ikan Cakalang Di Galangan Bintang Mumbul Wibowo Pekalongan

Tungky Ari Wibowo¹⁾, Andi Trimulyono²⁾, Samuel³⁾

¹⁾ Laboratorium Teknologi Kapal Kecil dan Perikanan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*)}e-mail : @students.undip.ac.id, @lecturer.undip.ac.id, @ft.undip.ac.id

Abstrak

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia yang kaya akan sumber daya kelautan, Indonesia masih mengandalkan armada kapal perikanan tradisional yang kerap kali dibangun tanpa dokumentasi teknis yang memadai, sehingga memicu peningkatan risiko keselamatan dan penurunan efisiensi operasional. Kajian ini menginvestigasi penerapan teknologi kontemporer dalam proses dokumentasi dan evaluasi konstruksi kapal penangkap ikan cakalang berbasis tradisional di Galangan Bintang Mumbul Wibowo, Pekalongan, dengan penekanan pada kapal KMN Sukses Maju 6. Dengan memanfaatkan metode fotogrametri udara yang didukung oleh drone serta pemodelan tiga dimensi melalui perangkat lunak Rhinoceros dan Agisoft Metashape, penelitian ini menyusun rencana garis (lines plan) dan tata letak umum (general arrangement) guna menetapkan dimensi primer beserta tonase kapal secara presisi, selaras dengan ketentuan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 45 Tahun 2021. Evaluasi hambatan total kapal diimplementasikan melalui pendekatan empiris Holtrop dan Fung pada perangkat lunak Maxsurf, bertujuan untuk mengoptimalkan efisiensi operasional serta meningkatkan aspek keselamatan. Temuan penelitian menghasilkan dokumentasi terstruktur mengenai tahapan fabrikasi kapal berbahan kayu, model geometris tiga dimensi yang akurat, serta rekomendasi strategis untuk peningkatan produktivitas sektor perikanan berkelanjutan di Indonesia. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan sumbangan substantif terhadap pengembangan acuan ilmiah dalam rangka modernisasi industri perkapalan lokal, meskipun dibatasi pada analisis hidrodinamika empiris tanpa penilaian struktural atau viabilitas ekonomi.

Kata Kunci : Kapal Ikan, Galangan Tradisional, Pemodelan 3D, Hambatan

1. PENDAHULUAN

Sebagai negara maritim dan kepulauan terbesar, Indonesia memiliki kekayaan sumber daya perikanan yang beragam, mencakup ikan, biota laut, moluska, dan flora laut yang menjaga keseimbangan ekosistem maritim. Industri perikanan berperan strategis dalam perekonomian global dan lokal, mendukung keberlangsungan hidup komunitas pesisir melalui praktik berkelanjutan. Melalui penelitian dan inovasi, Indonesia meningkatkan produktivitas perikanan sambil menjaga kelestarian lingkungan laut, memenuhi kebutuhan pangan, dan menciptakan peluang ekonomi bagi nelayan dan pekerja sektor terkait [1].

Sebagai negara kepulauan terbesar dengan armada kapal yang luas, Indonesia menghadapi tantangan signifikan karena banyak kapal

tradisional masih dibangun tanpa dokumen teknis yang akurat, sebagaimana dicatat dalam *Utilization of Aerial Photo Techniques Using Drone with Different Flight Paths for Measurement of Fishing Boat Hull Dimensions*, yang menyoroti ketidaklayakan desain akibat metode konvensional yang manual, lambat, dan mahal, sehingga meningkatkan risiko kecelakaan dan mengganggu produktivitas nelayan, seperti terlihat dalam studi kasus di Indramayu oleh *Fishing Vessel Characteristics with Multipurpose Gear to Support Fishing Operations in the Northern Sea of Java, Indonesia*, yang menekankan perlunya optimasi rasio dimensi untuk efisiensi [2], [3].

Kapal perikanan, vital bagi sektor perikanan Indonesia, diproduksi galangan lokal dengan bahan utama kayu dan fiberglass, terutama di pesisir

Jawa, serta baja dan aluminium untuk kapal modern. Variasi desain, seperti lambung ramping di Cirebon dan lambung lebar dengan linggi tegak di Tegal, Pekalongan, dan Batang, mencerminkan adaptasi lokal. Teknologi pengukuran modern diperlukan untuk meningkatkan keselamatan dan produktivitas.

Penelitian berjudul *Kajian Penggunaan Program Aplikasi Desain Kapal Tradisional pada Galangan Kapal Kayu di Kabupaten Batang* berfungsi sebagai acuan utama dalam upaya modernisasi desain kapal tradisional. Penelitian ini bertujuan untuk mendorong pelaku industri perkapalan perikanan guna meningkatkan kualitas konstruksi kapal melalui penerapan perangkat lunak komputer dalam proses perancangan. Selain itu, pemanfaatan teknologi diharapkan dapat menyederhanakan proses pembangunan kapal, mengoptimalkan standar kualitas, serta mengurangi kesalahan dalam pengembangan struktur kapal. Melalui kajian ini, diantisipasi adanya langkah lanjutan untuk memperkuat peran dan kesadaran terhadap penggunaan teknologi informasi dalam strategi pemasaran kapal kayu, sehingga memfasilitasi aksesibilitas bagi calon pembeli [4], [5].

Teknologi fotogrametri udara berbasis drone, sebagaimana diuraikan dalam jurnal terkait, menyediakan solusi yang efisien dan non-invasif untuk pengukuran dimensi lambung kapal, dengan tingkat akurasi yang terbukti meningkat pada jalur penerbangan tertentu, misalnya perbedaan hanya 2,78 cm untuk panjang keseluruhan (LoA) pada jalur 90°. Pendekatan ini diperkuat oleh penelitian *Measuring Propeller Pitch Based on Photogrammetry and Computer-aided Design*, yang mengindikasikan bahwa penggunaan fotogrametri dan desain berbantu komputer (CAD) mampu mengatasi keterbatasan metode pengukuran manual pada komponen kompleks seperti propeller, sehingga meningkatkan efisiensi energi dan keamanan operasional [6]. Lebih lanjut, *3D Reconstruction & Modeling of the Traditional Greek Trechadiri: "Aghia Varvara"* menekankan signifikansi rekonstruksi tiga dimensi dalam pelestarian desain tradisional, yang dapat diadaptasi untuk kapal lokal, sebagaimana diilustrasikan dalam *Fishing Boat Design Based Local Wisdom in Southeast Sulawesi Fishermen*, di mana desain yang berlandaskan kearifan lokal terbukti meningkatkan penerimaan dan adaptasi oleh komunitas nelayan [7], [8].

Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 45 Tahun 2021 mengatur kompetensi, standar, dan prosedur pengukuran kapal di Indonesia, yang wajib dilakukan sebelum operasi untuk menentukan dimensi utama seperti panjang, lebar,

dalam, serta tonase kotor (GT) dan bersih (NT) guna memastikan keselamatan, keamanan, dan efisiensi pelayaran. Dalam industri perikanan, regulasi ini relevan bagi kapal penangkap ikan berpanjang kurang dari 24 meter, menggunakan metode pengukuran dalam negeri yang dilakukan oleh Ahli Ukur Kapal atau pelaksana khusus yang telah dikukuhkan melalui pendidikan, pelatihan, dan uji kompetensi oleh Menteri atau Direktur Jenderal Perhubungan Laut. Prosedur mencakup permohonan, pengukuran fisik, penyusunan daftar ukur, penerbitan surat ukur, serta pemasangan tanda selar permanen, sesuai standar nasional dan internasional seperti Konvensi Pengukuran Kapal 1969 (TMS-1969), dengan penekanan pada pembaruan surat ukur atas perubahan konstruksi dan penyegaran kompetensi pengukur untuk mendukung kemajuan teknologi dan keberlanjutan [9].

Berdasarkan landasan hukum seperti Undang-Undang Pelayaran dan peraturan pemerintah terkait, keputusan tersebut menetapkan prosedur inspeksi, pengawasan, serta penerbitan sertifikat keselamatan kapal termasuk kapal perikanan untuk menjamin kepatuhan terhadap standar nasional dan internasional, seperti konvensi IMO. Ketentuan ini meliputi mekanisme koordinasi antarunit, peningkatan kompetensi petugas, serta penanganan modifikasi konstruksi kapal yang berdampak pada stabilitas dan keamanan. Regulasi ini menjadi fondasi esensial dalam upaya modernisasi industri perkapalan di Indonesia, khususnya pada sektor perikanan yang masih bergantung pada kapal tradisional berbahan kayu atau fiberglass. Sebagai negara maritim dengan armada perikanan yang ekstensif, Indonesia menghadapi berbagai tantangan, seperti ketidaklayakan kapal akibat desain non-standar, yang meningkatkan risiko kecelakaan dan menghambat produktivitas nelayan. Keputusan KP-DJPL 468/2024 menekankan pendelegasian wewenang untuk evaluasi kelaiklautan, yang selaras dengan imperatif penelitian dalam mengintegrasikan teknologi desain kapal kontemporer guna memenuhi kriteria stabilitas, navigasi, dan keselamatan [10].

Penelitian seperti *A Study on the Relationship Between Ship Resistance and Trim, Supported by Experimental and Software-Based Analysis* menegaskan bahwa analisis berbasis perangkat lunak dapat mengoptimalkan trim untuk mengurangi resistensi, mendukung efisiensi bahan bakar. Pada Agustus 2025, dengan tekanan meningkatnya permintaan pangan laut dan perlindungan ekosistem, teknologi pengukuran mutakhir menjadi fondasi untuk meningkatkan produktivitas nelayan, mengurangi risiko, dan

mendukung pembangunan maritim berkelanjutan di Indonesia [11], [12].

Penelitian ini bertujuan memberikan kontribusi signifikan bagi industri perikanan, khususnya melalui pengembangan kapal penangkap ikan cakalang dengan spesifikasi teknis yang sesuai untuk meningkatkan daya saing dan produktivitas. Penelitian ini juga berupaya memperkaya keilmuan perkapalan, terutama pada pembangunan kapal kayu bermotor untuk keperluan spesifik, sehingga menjadi sumbangan berharga bagi literatur ilmiah dan praktik industri perkapalan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapal ikan cakalang melalui pendekatan kuantitatif, dengan tahapan observasi langsung di lapangan, pengumpulan data dimensi kapal, pengambilan data menggunakan metode fotogrametri, diikuti pemodelan 3D sebagai dasar penyusunan lines plan dan general arrangement, serta analisis hambatan kapal.

2.1 Kapal Ikan Cakalang

Kapal ikan cakalang, modifikasi dari kapal purse seine dan long liner, dirancang khusus untuk menangkap ikan cakalang seperti pada Gambar 1. di Wilayah Pengelolaan Perikanan Indonesia. Kapal ini mampu beroperasi selama sekitar 120 hari dengan persediaan bahan bakar yang memadai. Terdapat dua pola operasional: pertama, kapal kembali ke pelabuhan saat bahan bakar menipis atau ruang penyimpanan penuh untuk bongkar muatan dan isi ulang logistik; kedua, kapal tetap beroperasi di laut dengan dukungan logistik dari kapal pengangkut [14].

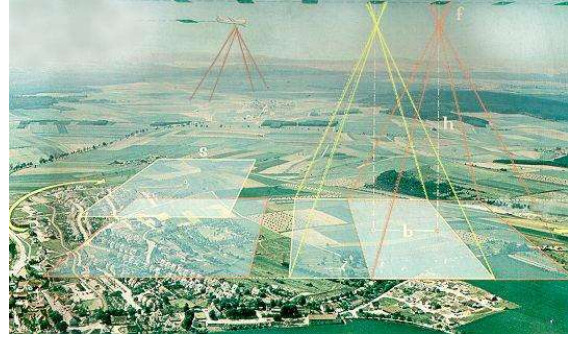


Gambar 1. Kapal Ikan Cakalang
(Sumber: Dokumen Penulis)

2.2 Fotogrametri

Fotogrametri merupakan ilmu dan teknologi pengukuran yang memanfaatkan citra atau foto untuk menghasilkan data spasial tiga dimensi (3D) dengan akurasi tinggi seperti pada Gambar 2. yang semakin relevan dalam aplikasi seperti pengukuran kapal perikanan. Menurut *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)*, fotogrametri mencakup akuisisi, pengolahan, dan interpretasi data visual untuk mengekstraksi

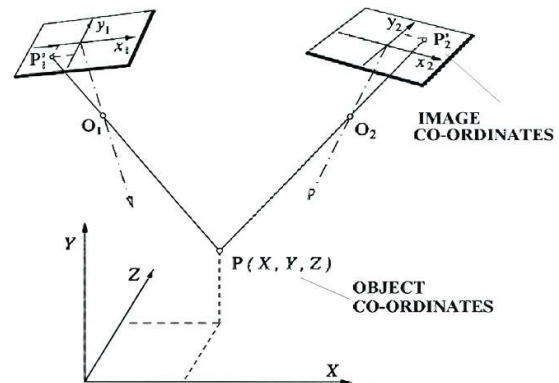
informasi geometris, seperti dimensi panjang, lebar, dan volume, dengan presisi tinggi [13].



Gambar 2. Fotogrametri

(Sumber: www.jasaukurtanah.com)

Prinsip utama fotogrametri melibatkan triangulasi matematis, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 3, di mana titik-titik pada citra yang tumpang tindih digunakan untuk membentuk point cloud dan rekonstruksi *mesh* 3D dengan tingkat akurasi yang tinggi, memungkinkan representasi spasial yang mendetail. Melalui proses aerial triangulation data yang dihasilkan dari berbagai perspektif diintegrasikan secara sistematis untuk menghasilkan model 3D yang akurat dari citra statis [14].



Gambar 3. Prinsip Triangulasi
(Sumber: Chen B.Q. et al., 2011)

2.3 Rencana Umum

Objek penelitian ini adalah kapal KMN Sukses Maju 6 yang sedang dalam tahap pembangunan di Galangan Bintang Mumbul Wibowo, Pekalongan, Jawa Tengah. Kapal yang menjadi objek penelitian memiliki spesifikasi utama sebagai berikut: panjang keseluruhan (*LOA*) ± 37 meter, lebar $\pm 9,5$ meter, kedalam palka $\pm 4,5$ meter.

2.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan berikut:

2.4.1 Observasi dan Dokumentasi Lapangan

Observasi dilakukan secara langsung di lokasi pembangunan kapal. Aktivitas ini bertujuan untuk memahami urutan proses pembangunan,

teknik konstruksi, serta mendokumentasikan setiap tahapan penting dalam bentuk foto dan catatan lapangan. serta menjadi dasar pengambilan data dimensi utama, yang kemudian digunakan untuk membangun model digital 3D.

2.4.2 Pengukuran Dimensi Kapal

Pengukuran pada kapal ikan berdasarkan Surat Ukur Internasional (*International Tonnage Certificate 1969 – TMS'69*) pengukuran ukuran utama kapal yang meliputi panjang keseluruhan (*LOA*), lebar (*B*), tinggi (*H*), dan sarat (*T*). Dilakukan juga perhitungan volume ruangan berupa *Gross Tonnage* dan *Net Tonnage*. Metode teknis pengukuran kapal diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan No. 45 Tahun 2021. Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan data dimensi utama kapal.

- a. Perhitungan *Gross Tonnage* dan *Net Tonnage* [15]. Perhitungan volume ruangan dibawah geladak atas menggunakan persamaan berikut:

$$V = L \times B \times D \times f \quad (1)$$

Dengan:

L : Panjang kapal

B : Lebar kapal

D : Tinggi kapal

f : Faktor, didalam metode pengukuran dalam negeri ini faktor ditentukan berdasarkan bentuk lambung atau jenis kapal yaitu:

–0.85 bagi kapal dengan bentuk penampang penuh atau bagi kapal dengan dasar rata, secara umum digunakan bagi kapal tongkang.

–0.70 bagi kapal dengan penampang hampir penuh atau dengan dasar agak miring dari tengah-tengah ke sisi kapal, secara umum digunakan untuk kapal motor.

–0.50 bagi kapal yang tidak termasuk golongan 1 dan 2 secara umum digunakan bagi kapal layar atau kapal layar yang dibantu motor.

Pada kapal penelitian ini digunakan nilai $f = 0.70$ sehingga didapat nilai v . Kemudian perhitungan volume ruangan pada bangunan di atas geladak seperti: bangunan tertutup di atas geladak, pertinggian geladak dan kepala palkah dengan persamaan sebagai berikut:

$$V = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \quad (2)$$

Volume ruang bangunan masing-masing diakumulasi dengan persamaan berikut:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_n \quad (3)$$

Hasil volume ruangan dibawah geladak atas dan volume ruangan pada bangunan diatas geladak dijumlahkan untuk mendapatkan volume total menggunakan persamaan berikut:

$$V_{total} = V_{bawah\ geladak} + V_{atas\ geladak} \quad (4)$$

Maka didapat V total kapal dalam satuan M^3 . Nilai V_{total} inilah yang digunakan untuk menghitung GT dan NT kapal dengan uraian persamaan sebagai berikut:

$$GT = 0.25 \times V_{total} \quad (5)$$

$$NT = 0.30 \times V_{total} \quad (6)$$

2.4.3 Pemodelan Tiga Dimensi Lambung Kapal

Berdasarkan data ukur kemudian dilakukan pemodelan bentuk kapal dalam format digital 3D menggunakan perangkat lunak *Rhinoceros*. Proses ini turut melibatkan metode fotogrametri dengan bantuan *drone* untuk mengambil foto dan *software agisoft metashape* sebagai upaya untuk menghasilkan bentuk tiga dimensi secara akurat dari dimensi dan bentuk kapal.

2.4.4 Pembuatan Lines Plan dan General Arrangement

3D model yang telah dibuat menggunakan perangkat lunak *Rhinoceros*, dihasilkan gambar *lines plan* untuk keperluan dokumentasi teknis sebagai syarat dari pengajuan legalitas dokumen sesuai dengan Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor KP-DJPL 468 Tahun 2024 dan *general arrangement* kapal disusun untuk menunjukkan tata letak elemen fungsional kapal, termasuk posisi ruang mesin, dek, dan palka [10].

2.4.5 Hambatan Kapal

Hambatan kapal merupakan faktor penting dalam desain kapal karena berkaitan langsung dengan efisiensi energi. Semakin kecil hambatan, semakin efisien performa kapal [16]. Hambatan total terdiri dari beberapa komponen utama:

- a. Hambatan Gesek (*Friction Resistance*)

Terjadi akibat gesekan antara lambung kapal dan air, dipengaruhi oleh *wetted surface area*, kecepatan, massa jenis fluida, serta bentuk dan karakteristik lambung kapal. Hambatan gesek dirumuskan sebagai berikut:

$$R_f = \frac{1}{2} \rho \cdot C_f \cdot s \cdot v^2 \quad (7)$$

$$C_f = \frac{0,075}{(\log Re - 2)^2} \quad (8)$$

Dimana:

R_f : Panjang kapal

C_f : Lebar kapal

ρ : Massa jenis fluida

s : Luas permukaan basah kapal (*WSA*)

V : Kecepatan kapal

- b. Hambatan Viskositas (*Viscous Resistance*)

Dihasilkan oleh sifat viskos fluida saat mengalir atau saat benda bergerak melawannya. Besarnya hambatan viskos bergantung pada luas penampang kapal yang

bersentuhan dengan fluida. Hambatan viskositas dirumuskan sebagai berikut:

$$R_v = \frac{1}{2} \rho \cdot C_v \cdot s \cdot v^2 \quad (9)$$

Dimana :

R_v : Hambatan gesek

C_v : Koefisien hambatan gesek

ρ : Massa jenis fluida

s : Luas permukaan basah kapal (WSA)

V : Kecepatan kapal

- c. Hambatan Gelombang (*Wave Making Resistance*) Disebabkan oleh gelombang yang terbentuk akibat gerakan kapal. Komponen ini sangat signifikan pada kapal berkecepatan tinggi, bahkan bisa mencapai 50% dari hambatan total. Hambatan ini dipengaruhi oleh bentuk lambung dan *Froude Number* (F_n). Hambatan gelombang dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$R_w = \int_x^p Pd \cdot \cos(Px) \cdot ds \quad (10)$$

$$R_w = \frac{1}{4} \rho \cdot g \cdot a^2 \quad (11)$$

Dimana:

g : Percepatan gelombang

a : Amplitudo gelombang

R_w : Hambatan gelombang

p : Massa jenis fluida

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil dari setiap tahapan penelitian yang telah dilakukan, mulai dari pengamatan dan dokumentasi lapangan, pengukuran dimensi kapal, hingga proses pemodelan digital serta analisis teknis. Setiap hasil yang diperoleh dijelaskan secara sistematis dan dikaitkan dengan metode yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya, sehingga dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai karakteristik desain dan kinerja kapal KMN Sukses Maju 6.

3.1 Dokumentasi Pembangunan Kapal

Pembangunan kapal KMN Sukses Maju 6 dikerjakan dengan durasi 5 bulan pada bulan Oktober 2023 hingga Februari 2024. Selama proses pembangunan, dilakukan dokumentasi secara berkala untuk mencatat setiap tahapan konstruksi, mulai dari penyusunan lunas, pemasangan gading, penutupan kulit lambung, hingga pembangunan bangunan atas. Langkah proses pembangunan KMN Sukses Maju 6 secara detail sebagai berikut:

3.1.1 Peletakan Lunas dan Linggi Haluan

Langkah awal dalam konstruksi kapal dengan peletakan lunas seperti pada Gambar 4. yang memiliki dimensi 0,5 x 0,6 meter pada bagian buritan dan 0,3 x 0,3 meter pada bagian haluan, serta panjang total lunas 30 meter. Setelah itu, dilanjutkan dengan pemasangan linggi haluan yang

dibuat dari balok berukuran 0,3 x 0,3 meter dengan panjang 9,5 meter.



Gambar 4. Lunas dan Linggi Haluan

3.1.2 Pemasangan *Wrang*, Gading Utama, dan Papan Sabuk

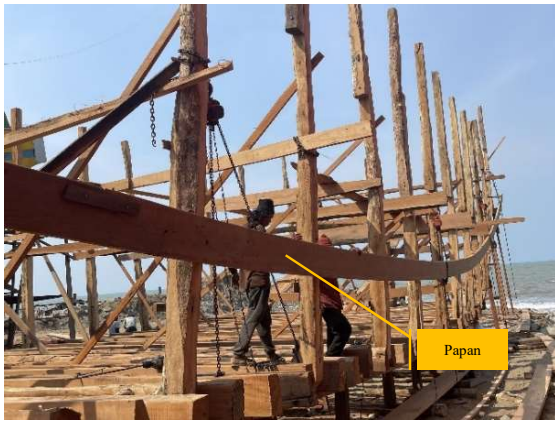
Wrang dan gading utama dipasang sebagai langkah awal untuk menentukan bentuk serta ukuran lambung kapal secara keseluruhan. Kemudian pada tahap ini juga dipasang dua papan di sisi bawah lambung kanan dan kiri seperti pada Gambar 5. yang dikenal sebagai papan sabuk— yaitu papan pada bagian kulit lambung yang memiliki ketebalan lebih besar dibandingkan papan kulit lainnya, yaitu 7 cm untuk papan sabuk dan 5 cm untuk papan *non*-sabuk.



Gambar 5. Kontruksi Utama Kapal

3.1.3 Pemasangan Papan Sabuk Sisi Lambung

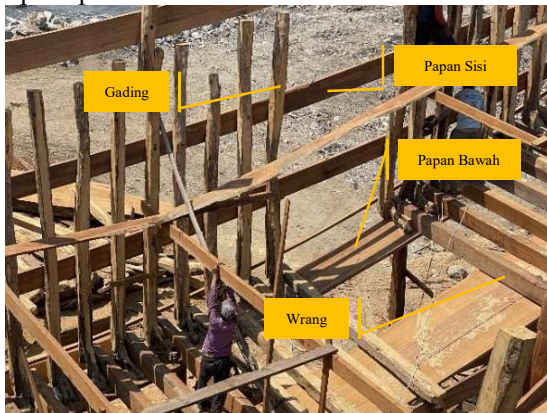
Papan sabuk pada sisi kanan dan kiri lambung kapal dipasang menggunakan baut baja seperti pada Gambar 6. Papan ini terdiri dari tiga hingga empat sambungan, tergantung pada ketersediaan papan yang disesuaikan dengan panjang kapal.



Gambar 6. Papan Sabuk Sisi Lambung

3.1.4 Pemasangan *Wrang*, Gading, dan Papan Bawah Lambung

Tahap berikutnya adalah pemasangan *wrang* dan gading di antara celah sisi konstruksi utama, dengan jarak antar *pusat* (*center to center*) sekitar 30 hingga 50 cm. Pada bagian bawah lambung juga dipasang papan sabuk dan papan *non-sabuk* untuk membentuk struktur kulit kapal secara menyeluruh seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. *Wrang*, Gading, dan Papan Bawah

3.1.5 Pemasangan Kontruksi Utama Geladak

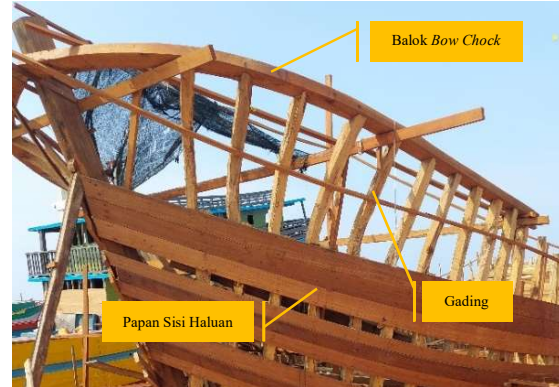
Konstruksi utama atau gading besar pada bagian geladak dilakukan setelah penutupan sisi lambung kapal hampir selesai secara keseluruhan pada Gambar 8.



Gambar 8. Kontruksi Utama Geladak

3.1.6 Pemasangan Kontruksi *Bow Chock*

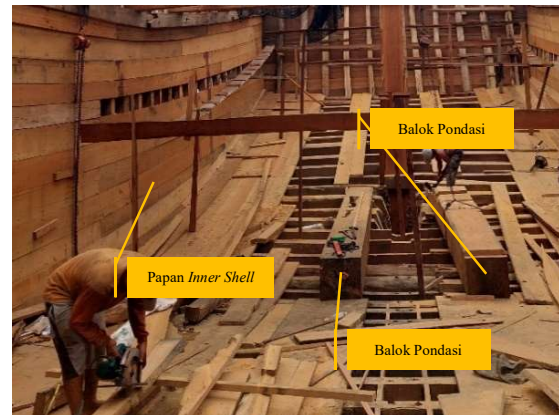
Konstruksi *bow chock* dipasang dengan posisi ujungnya menempel secara presisi pada linggi haluan pada Gambar 9. Setelah itu, bagian gading dari garis dek menuju konstruksi *bow chock* dipasang hingga seluruh sambungan terisi dengan baik.



Gambar 9. Kontruksi *Bow Chock*

3.1.7 Pemasangan Papan *Inner Shell* dan Pondasi Mesin Induk

Papan *inner shell* dengan ketebalan 4 cm dipasang mengikuti kontur konstruksi lambung kapal. Sementara itu, pondasi untuk mesin induk ditempatkan di depan antara linggi buritan, dengan jarak lebar antar balok sisi kanan dan kiri disesuaikan dengan dimensi mesin induk yang akan dipasang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Balok Pondasi dan Papan *Inner Shell*

3.1.8 Pemasangan *Longitudinal* dan *Transversal Bulkhead*

Sekat dipasang secara tegak lurus (melintang) dan sejajar (memanjang) terhadap arah panjang kapal, menyesuaikan dengan tata letak ruang muat atau fungsi ruang. Setiap sekat terdiri dari dua lapis papan (*double side planking*), yaitu papan luar dan papan dalam, yang dipasang pada kedua sisi rangka sekat seperti yang ditampilkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Sekat Memanjang dan Melintang

3.1.9 Proses Lapisan Geladak

Di atas konstruksi utama geladak, terlebih dahulu dipasang lapisan papan dasar. Setelah itu, dilanjutkan dengan pemasangan gading tambahan dan papan kedua yang memiliki ketebalan lebih besar dibandingkan papan pertama yang ditampilkan pada Gambar 12. Susunan berlapis ini bertujuan untuk memperkuat struktur geladak serta meningkatkan daya tahan terhadap beban dan tekanan selama kapal beroperasi.



Gambar 12. Kontruksi Lapisan Geladak

3.1.10Pembangunan bangunan utama kapal

Bangunan utama kapal dibangun dengan menggunakan 10 pilar tiang utama yang berfungsi sebagai konstruksi penguat struktur atas seperti yang ditampilkan pada Gambar 13. Bangunan ini dibuat untuk menampung beberapa ruang penting, antara lain ruang navigasi, ruang kapten dan nahkoda, ruang sistem pendingin mesin, serta ruang ABF (*Air Blast Freezer*).



Gambar 13. Kontruksi Bangunan Utama

3.1.11 Ruang Air Ballast Freezer di Haluan

Ruang air ballast *freezer* yang terletak di bagian haluan kapal dirancang untuk berfungsi sebagai sistem pendingin dengan suhu yang jauh lebih rendah dibandingkan ruang palka muatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Kontruksi bangunan ABF

3.1.12Penyelesaian Tahapan Pembangunan

Seluruh rangkaian tahapan pembangunan kasko kapal kayu ikan cacalang telah diselesaikan, mencakup proses dari pemasangan struktur dasar hingga pembentukan keseluruhan badan kapal seperti pada Gambar 15.



Gambar 15. Kapal KMN Sukses Maju 6

3.2 Dimensi Utama dan Volume Kapal

Berdasarkan pengukuran dimensi utama KMN Sukses Maju 6 secara aktual diperoleh data seperti pada Tabel 1. dan Tabel 2. sebagai berikut:

Tabel 1. Ukuran Utama

No	Keterangan	Ukuran
1	Panjang Total (<i>LoA</i>)	37 Meter
2	Lebar (<i>B</i>)	9.5 Meter
3	Tinggi (<i>H</i>)	6 Meter
4	Sarat (<i>D</i>)	4.8 Meter
5	<i>L/B</i>	3.89
6	<i>T/B</i>	0.51
7	<i>T/H</i>	0.80
8	<i>L/H</i>	6.17
9	<i>CB</i>	0.606

Hasil pengukuran volume kapal diperoleh dari persamaan 1 sampai 4 dengan bantuan perangkat lunak ditampilkan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Volume Kapal

No	Keterangan	Ukuran
1	Bawah Geladak	1155.84 M ³
2	Bangunan 1	133.69 M ³
3	Bangunan 2	94.17 M ³
4	Bangunan Pada Haluan	109.77 M ³
Volume Total		1493.48 M³

maka didapatkan *GT* dan *GT* sebagai berikut:

$$GT = 0.25 \times 1493.48$$

$$GT = 373.3$$

$$NT = 0.30 \times 373.3$$

$$NT = 112.01$$

Tabel 3. Perbandingan standar ukuran utama kapal ikan dengan ukuran utama kapal aktual

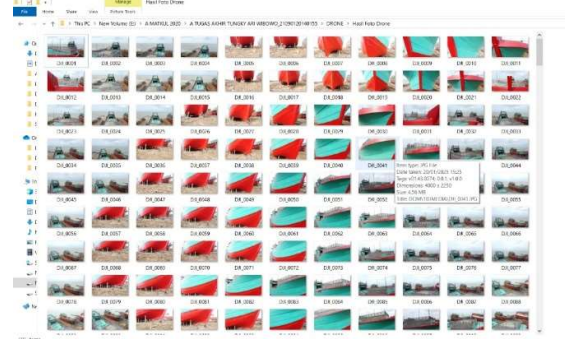
Dimensi Kapal	Standar Kapal Ikan	Ukuran Utama Kapal
<i>L/B</i>	5.0-6.0	3.89
<i>T/B</i>	0.4-0.5	0.51
<i>T/H</i>	0.74-0.84	0.80
<i>L/H</i>	8.5-10.00	6.17
<i>Cb</i>	0.45-0.55	0.606

Tabel 3. membandingkan standar ukuran kapal ikan dengan ukuran utama kapal KM Sukses Maju 6 berdasarkan rasio dimensi. Rasio panjang terhadap lebar (*L/B*) sebesar 3,89 lebih rendah dari standar 5,0-6,0, menunjukkan bentuk kapal yang lebih lebar untuk stabilitas melintang, meskipun kecepatan jelajah mungkin berkurang. Rasio draf terhadap lebar (*T/B*) sebesar 0,51 sedikit di atas standar 0,4-0,5, mengindikasikan ruang muat lebih luas namun memerlukan adaptasi awak kapal. Rasio *draft* terhadap tinggi (*T/H*) sebesar 0,80 sesuai dengan standar 0,74-0,84, sedangkan rasio panjang terhadap tinggi (*L/H*) sebesar 6,17 di bawah standar 8,5-10,0. Koefisien blok (*Cb*) sebesar 0,606 melampaui standar 0,45-0,55, menunjukkan lambung lebih penuh. Secara keseluruhan, kapal ini menunjukkan

penyimpangan pada rasio *L/B* dan *Cb*, yang dapat memengaruhi stabilitas dan efisiensi operasional.

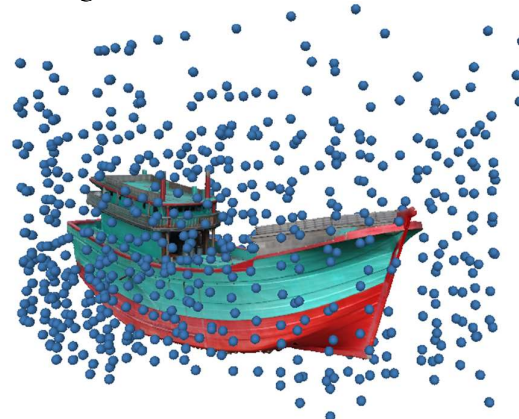
3.3 Hasil Pemodelan 3D Lambung Kapal

Berdasarkan prosedur pemodelan yang telah dijelaskan sebelumnya, hasil pemodelan 3D lambung kapal diperoleh melalui beberapa tahapan utama. Data awal dikumpulkan menggunakan *drone* DJI Mini 2 yang dilengkapi kamera beresolusi tinggi. Pengambilan gambar dilakukan secara menyeluruh dengan memotret kapal dari berbagai sudut untuk memastikan seluruh bentuk lambung terdokumentasi dengan baik. Sebanyak 695 foto diperoleh dengan tingkat tumpang tindih yang cukup untuk mendukung proses rekonstruksi 3D seperti pada Gambar 16.



Gambar 16. Data Hasil Pengambilan Foto Menggunakan *Drone*

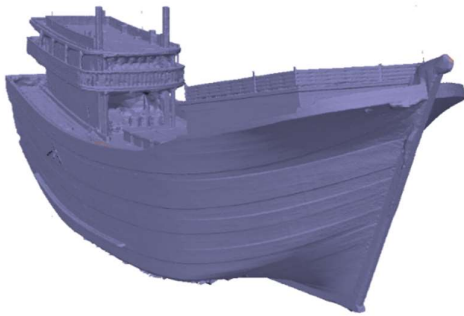
Gambar 17. menggambarkan hasil proses *photo alignment* yang menghasilkan *sparse point cloud* dari kapal, di mana titik-titik tersebut menunjukkan distribusi posisi kamera (ditandai dengan titik biru). Proses ini merupakan langkah awal dalam rekonstruksi 3D, yang memanfaatkan data foto untuk menetapkan posisi relatif kamera dan menghasilkan awan titik awal.



Gambar 17. Hasil *Photo Alignment* Yang Menunjukkan *Sparse Point Cloud* Kapal dan Distribusi Posisi Kamera (Biru)

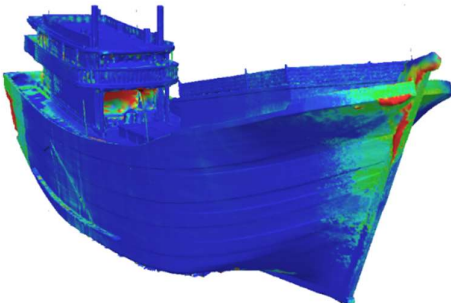
Gambar 18. menunjukkan hasil *mesh* dari foto menggunakan perangkat lunak *Agisoft Metashape Trial*, yang mengilustrasikan model permukaan kapal dalam bentuk geometri 3D sederhana. Gambar ini mencerminkan tahap

pengolahan lebih lanjut di mana data awan titik diubah menjadi struktur *mesh* yang lebih terdefinisi.



Gambar 18. Hasil *Mesh* Dari Foto Menggunakan *Agisoft Metashape Trial*

Gambar 19 menyajikan visualisasi kualitas mesh model kapal dengan *teknik color-coded shading*, yang memungkinkan analisis distribusi warna dan intensitas pencahayaan untuk mengevaluasi akurasi dan detail permukaan model 3D yang dihasilkan. Ketiga gambar tersebut menunjukkan tahapan progresif dalam proses rekonstruksi 3D berdasarkan data foto *drone*.



Gambar 19. Visualisasi Kualitas *Mesh* Model Kapal Dengan *Color-Coded Shading*.

Setelah tahapan awal tersebut, model kemudian diekspor dan dilanjutkan proses penyempurnaan menggunakan perangkat lunak *Rhinceros*. Pada tahap ini dilakukan koreksi akhir terhadap bentuk lambung, perataan permukaan, serta penyesuaian geometri untuk memastikan

ketelitian hasil model sesuai dengan kondisi fisik kapal yang sesungguhnya.



Gambar 20. Kapal KMN Sukses Maju 6

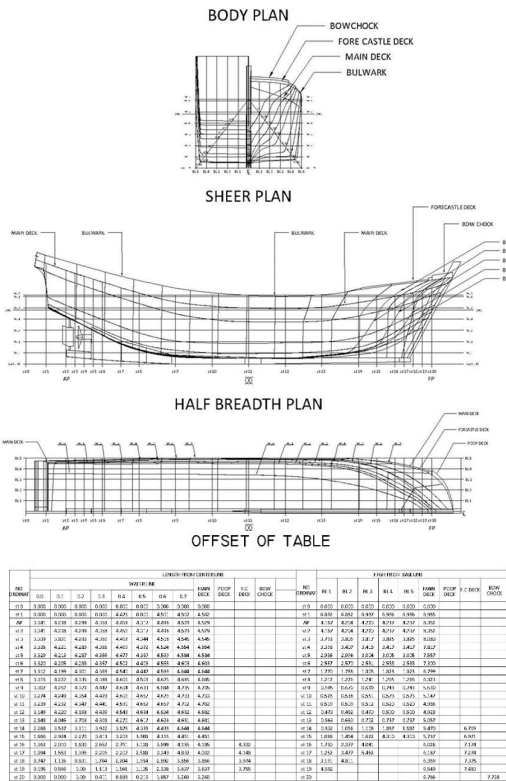
Hasil akhir dari proses pemodelan menghasilkan model 3D lambung kapal pada Gambar 21. yang realistis dan presisi, serta dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan *lines plan* dan *general arrangement*. Kedua dokumen teknis ini selanjutnya dimanfaatkan untuk analisis perhitungan hambatan, serta sebagai syarat administratif dalam pengajuan legalitas kapal.



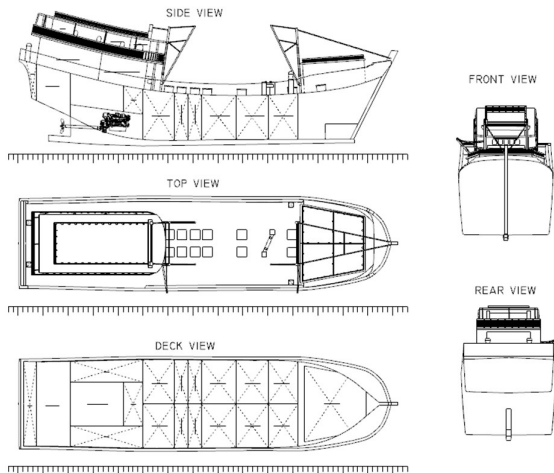
Gambar 21. Model 3D KMN Sukses Maju 6

3.4 *Lines Plan* dan *General Arrangement*

Lines Plan dan *General Arrangement* yang telah dibuat terdapat pada Gambar 22. dan Gambar 23. sebagai berikut:

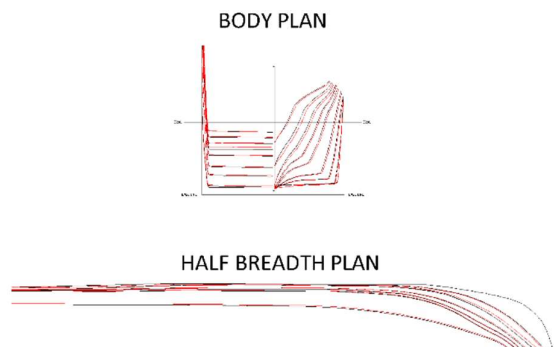


Gambar 22. Lines Plan



Gambar 23. General Arrangement

3.5 Validasi Model Kapal Fotogrametri terhadap Kapal Aktual



Gambar 24. Perbandingan Lengkung *Bodyplan* dan *Half Breadth Plan* Hasil Model Fotogrametri (Merah) Dengan Pengukuran Aktual (Hitam) Yang Disempurnakan (Sumber: Dokumen Penulis)

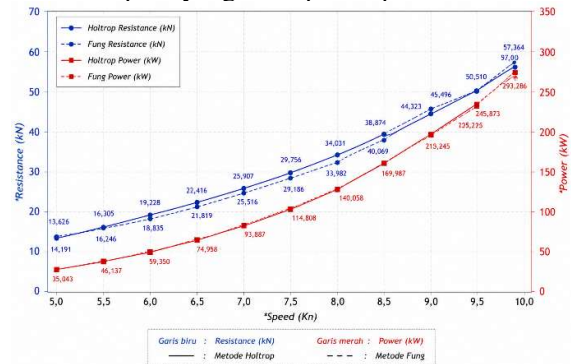
Hasil validasi pada gambar menunjukkan adanya perbedaan lengkung pada bodyplan dan half breadth plan hasil dari fotogrametri dengan pengukuran aktual. Perbedaan paling signifikan terlihat pada lebar garis lengkung hasil dari fotogrametri yang lebih besar daripada hasil pengukuran aktual. Namun, bentuk pola dari garis lengkung pada kedua hasil metode memiliki kesamaan yang hampir sempurna. Untuk melihat perbedaan yang lebih akurat maka dapat dilihat dari hasil perhitungan persentase pada tabel. Dari pengukuran menunjukkan metode fotogrametri menghasilkan persentase Length from centerline yang lebih besar yaitu rentang 0,18% hingga 4,94% dengan nilai toleransi maksimal 5%. Nilai negatif dalam persentase menunjukkan terjadinya overestimation atau pengukuran yang melebihi nilai aktual.

Tabel 4. Persentase Perbedaan Dimensi Kapal

Dimensi	Fotogrametri	Aktual	Perbedaan
LOA	37,75 m	37,00 m	2,02 %
Breadth	9,96 m	9,5 m	4,84 %
Depth	6,08 m	6 m	1,33 %

3.6 Analisis Hambatan

Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak dengan pendekatan metode *Holtrop* dan *Fung*, yang mengestimasi gaya hambat (*resistance*) dan daya (*power*) pada rentang kecepatan 5 hingga 10 knot seperti yang ditampilkan pada Gambar 21.



Gambar 25. Grafik Resistance

Hasil analisis hambatan kapal ikan dengan menggunakan metode *holtrop* didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 5. sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Analisis Hambatan *Holtrop*

Speed (Kn)	Froude No. LWL	<i>Holtrop</i>	
		Resistance (KN)	Power (KW)
5,0	0,140	13,626	35,049
5,5	0,154	16,305	46,134
6,0	0,168	19,228	59,350
6,5	0,182	22,416	74,958
7,0	0,196	25,907	93,295
7,5	0,210	29,756	114,808
8,0	0,224	34,031	140,058
8,5	0,238	38,874	169,987
9,0	0,252	44,323	205,215
9,5	0,266	50,309	245,873
10,0	0,280	57,364	295,105

Hasil analisis hambatan kapal ikan dengan menggunakan metode *fung* didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 6. sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Analisis Hambatan *Fung*

Speed (Kn)	Froude No. LWL	<i>Fung</i>	
		Resistance (KN)	Power (KW)
5,0	0,140	14,191	36,503
5,5	0,154	16,246	45,967
6,0	0,168	18,835	58,136
6,5	0,182	21,819	72,961
7,0	0,196	25,516	91,887
7,5	0,210	29,186	112,610
8,0	0,224	33,982	139,855
8,5	0,238	40,069	175,214
9,0	0,252	45,496	210,645
9,5	0,266	50,510	246,856
10,0	0,280	57,010	293,286

Berdasarkan analisis hambatan kapal menggunakan metode *Holtrop* dan *Fung* pada kecepatan 5–10 knot, diperoleh bahwa peningkatan kecepatan menyebabkan kenaikan hambatan dan kebutuhan daya secara signifikan. Pada kecepatan 5 knot, metode *Holtrop* menghasilkan hambatan 13,63 kN dengan daya 35,05 kW, sedangkan metode *Fung* menghasilkan 14,19 kN dengan daya

36,50 kW. Perbedaan hasil pada kecepatan rendah relatif kecil.

Pada kecepatan 7 knot, kedua metode menunjukkan hasil yang hampir sama, yaitu hambatan 25,91 kN (*Holtrop*) dan 25,52 kN (*Fung*). Sementara itu, pada kecepatan maksimum 10 knot, nilai hambatan mencapai 57,36 kN dengan daya 295,11 kW berdasarkan metode *Holtrop*, dan 57,01 kN dengan daya 293,29 kW berdasarkan metode *Fung*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua metode memiliki pola prediksi yang konsisten terhadap peningkatan hambatan dan kebutuhan daya.

Secara umum, metode *Fung* cenderung memberikan nilai hambatan sedikit lebih tinggi pada kecepatan rendah, sedangkan pada kecepatan menengah hingga tinggi kedua metode menghasilkan nilai yang hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa metode *Holtrop* dan *Fung* dapat digunakan sebagai pendekatan untuk mengevaluasi karakteristik hambatan kapal berdasarkan data aktual.

Namun, penerapan kedua metode pada kapal kayu tradisional memiliki keterbatasan. Metode *Holtrop* dikembangkan berdasarkan data uji kapal modern dengan bentuk lambung yang relatif halus (*fair hull form*), sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan karakteristik kapal kayu yang memiliki *bar keel*, *straight stem*, dan bentuk lambung lebih gemuk. Sementara itu, metode *Fung* juga belum secara khusus mempertimbangkan pengaruh bentuk haluan kapal tradisional terhadap hambatan gelombang (*wave-making resistance*) serta ketidakteraturan permukaan lambung akibat konstruksi kayu.

Dengan demikian, metode *Holtrop* dan *Fung* lebih tepat digunakan sebagai metode estimasi awal dalam menganalisis performa hambatan kapal kayu tradisional.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis pembangunan kapal ikan cakalang KMN Sukses Maju 6 di Galangan Bintang Mumbul Wibowo, diperoleh bahwa dokumentasi ilmiah dan penerapan teknologi digital berperan penting dalam mendukung pelestarian metode pembangunan kapal kayu serta peningkatan keselamatan dan efisiensi operasional. Kesimpulan penelitian ini sebagai berikut:

- Integrasi Teknologi Digital: Penggunaan fotogrametri udara berbasis *drone* dan pemodelan 3D menggunakan *Rhinoceros* serta *Agisoft Metashape Trial* mampu menghasilkan rekonstruksi geometri lambung kapal yang akurat. Metode ini membantu proses dokumentasi desain tradisional dan mengurangi potensi kesalahan pengukuran manual.

- b. Dimensi Utama dan Tonase Kapal: Kapal KMN Sukses Maju 6 memiliki dimensi utama yaitu *LOA* 37 m, *LPP* 31,9 m, *Bm* 9,5 m, *H* 6 m, dan *T* 4,8 m. Perhitungan tonase menggunakan faktor 0,70 menunjukkan kesesuaian terhadap ketentuan keselamatan kapal berdasarkan regulasi yang berlaku.
- c. Validasi Model Fotogrametri: Hasil validasi menunjukkan bahwa model fotogrametri memiliki dimensi sedikit lebih besar dibandingkan pengukuran aktual, dengan perbedaan *LOA* 2,02%, lebar kapal 4,84%, dan tinggi kapal 1,33%. Pada *half breadth plan*, penyimpangan panjang dari *centerline* pada setiap *waterline* berada pada rentang 0,18–4,94%.
- d. Analisis Hambatan Kapal: Perhitungan menggunakan metode *Holtrop* dan *Fung* menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan menyebabkan kenaikan hambatan dan kebutuhan daya. Pada kecepatan 7 knot, metode *Holtrop* menghasilkan hambatan sekitar 25,91 kN dengan daya 93,29 kW. Kedua metode menunjukkan pola yang konsisten dalam menggambarkan karakteristik hambatan kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Hotta, “Sustainable Contribution of Fisheries to Food Security Asia-Pacific Fishery Commission Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific,” 2000. Accessed: Aug. 27, 2025. [Online]. Available: https://www.fao.org/4/X6956E/x6956e02.htm#P0_0
- [2] P. Tandipuang, Y. Novita, S. A. Farhum, and A. Rumpa, “Utilization of Aerial Photo Techniques Using a Drone with Different Flight Paths for Measurement of Fishing Boat Hull Dimensions,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics, 2024. doi: 10.1088/1755-1315/1410/1/012045.
- [3] I. M. Apriliani, L. P. Dewanti, A. M. A. Khan, H. Herawati, A. Rizal, and N. M. Kusnadi, “Fishing Vessel Characteristics with Multipurpose Gear to Support Fishing Operations in the Northern Sea of Java, Indonesia (Case Study in Indramayu),” *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, pp. 1–8, Mar. 2020, doi: 10.9734/ajfar/2020/v6i130085.
- [4] A. Trimulyono, W. Amiruddin, E. D. Purwanto, B. Sasmito, and J. T. Perkapalan, “Kajian Penggunaan Program Aplikasi Desain Kapal Tradisional pada Galangan Kapal Kayu Di Kabupaten Batang,” *Oct.* 2015. [Online]. Available: www.batang.go.id
- [5] Andi Trimulyono, Untung Budiarto, and Nico Dwiprasti Anando, “Perancangan Software untuk Desain Lines Plan Kapal Perikanan Berdasarkan Gross Tonnage Kapal Perikanan Di Kabupaten Batang,” *Kapal*, vol. 9, no. 2, pp. 74–80, Jun. 2012.
- [6] T. N. Van, T. Le Thanh, and N. Natasa, “Measuring Propeller Pitch Based on Photogrammetry and Computer-aided Design,” *Manufacturing Technology*, vol. 21, no. 5, pp. 706–713, 2021, doi: 10.21062/mft.2021.070.
- [7] A. Arapakopoulos et al., “3D Reconstruction & Modeling of the Traditional Greek Trechadiri: ‘Aghia Varvara,’” *Heritage*, vol. 5, no. 2, pp. 1295–1309, Jun. 2022, doi: 10.3390/heritage5020067.
- [8] A. Wahyu Santoso, Y. Novita, B. H. Iskandar, and M. S. Baskoro, “Fishing Boat Design Based Local Wisdom in Southeast Sulawesi Fishermen,” *American Journal of Software Engineering and Applications*, vol. 9, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.11648/j.ajsea.20200901.11.
- [9] “Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 45 Tahun 2021 tentang Pengukuran Kapal. Jakarta: Kementerian Perhubungan RI,” 2021.
- [10] “Surat Keputusan DJPL Nomor 468 Tahun 2024 tentang Pelaksanaan Kewenangan Dalam Penyelenggaraan Kelaiklautan Kapal di Lingkungan Direktorat Jenderal Perhubungan Laut”.
- [11] K. Ziylan and S. Nas, “A Study on the Relationship Between Ship Resistance and Trim, Supported by Experimental and Software-Based Analysis,” *Transactions on Maritime Science*, vol. 11, no. 2, Oct. 2022, doi: 10.7225/toms.v11.n02.004.
- [12] E. Prayetno, A. V. Verandi, S. Mulyadi, R. D. Putra, M. R. Baihaque, and A. B. D. S. Bin ABD Kader, “Powering and Resistance Analysis of the 49 Meter Leganta Ship for Maritime Tourism in the Riau Islands Province,” in *BIO Web of Conferences, EDP Sciences*, Oct. 2024. doi: 10.1051/bioconf/202413401002.
- [13] *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)*, “Manual of Photogrammetry,” Louisiana, 2013.
- [14] J. S. Aber, I. Marzloff, and J. B. Ries, “Photogrammetry,” in *Small-Format Aerial Photography*, Elsevier, 2010, pp. 23–39.

- doi: 10.1016/B978-0-444-53260-2.10003-1.
- [15] J. Hasil, K. Ilmiah, W. Suryotanjung, W. Amiruddin, and R. Good, "JURNAL TEKNIK PERKAPALAN Analisa Teknis Kapal Ikan 33 GT Tipe Slerek," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 8, no. 1, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [16] A. F. Molland, S. R. Turnock, and D. A. Hudson, *Ship Resistance and Propulsion*. Cambridge University Press, 2011. doi: 10.1017/CBO9780511974113.