

Desain dan Implementasi Alat Pengisi Bahan Bakar Otomatis pada Kapal Kayu 6 GT

Basyaruddin Ismail Harahap^{1*}, Kurnia Sandi¹, Hollanda Arief Kusuma¹, Anton Hekso Yuniyanto²

¹ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji.

² Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji

ARTICLE INFO

Riwayat Artikel:

Draft diterima: 17 April 2025

Revisi diterima: 22 Juli 2025

Diterima: 7 Agustus 2025

Tersedia Online: 24 Oktober 2025

Corresponding author:

basya.harahap@umrah.ac.id

ABSTRAK

Untuk mengurangi pencemaran akibat tumpahan bahan bakar selama proses pengisian, penelitian ini merancang dan mengimplementasikan alat pengisi bahan bakar otomatis pada kapal kayu berkapasitas 6 GT. Sistem ini terdiri dari unit sensor ultrasonik JSN-SR04T, pompa otomatis, indikator visual berbasis LED Neopixel, dan mikrokontroler sebagai pusat kendali. Alat ini dirancang untuk mengotomatisasi proses pengisian bahan bakar dari tangki dermaga ke tangki kapal tanpa perlu intervensi manual, sehingga meningkatkan efisiensi dan keselamatan pengoperasian. Pengujian laboratorium menunjukkan bahwa sistem memiliki akurasi tinggi, dengan nilai Root Mean Square Error (RMSE) sebesar 0,30 cm, atau setara dengan tingkat akurasi 99,39% dalam pengukuran tinggi permukaan bahan bakar. Pada uji lapangan di rute Sungai Ungar–Batam, alat ini mampu mengisi 75,76 liter bahan bakar dalam waktu 9 menit dan 29,15 liter dalam waktu 3 menit secara otomatis. Sistem mampu mendeteksi level bahan bakar, mengaktifkan pompa saat dibutuhkan, dan memberikan notifikasi visual secara *real time*. Performa sistem terpengaruh oleh turbulensi dalam tangki saat kapal bergerak, yang menurunkan stabilitas pembacaan sensor. Oleh karena itu, penggunaan sensor yang lebih tahan terhadap kondisi dinamis serta perluasan pengujian pada kapal dengan kapasitas lebih besar menjadi arah pengembangan selanjutnya.

Kata kunci: Kapal kayu 6 GT, pengisian bahan bakar otomatis, sensor ultrasonik JSN-SR04T, pompa otomatis.

ABSTRACT

To reduce pollution caused by fuel spills during the refueling process, this research designs and implements an automatic fuel filling device on a wooden boat with a capacity of 6 GT. This system consists of the JSN-SR04T ultrasonic sensor unit, an automatic pump, Neopixel-based LED visual indicators, and a microcontroller as the control center. This tool is designed to automate the fuel transfer process from the dock tank to the ship's tank without the need for manual intervention, thereby increasing operational efficiency and safety. Laboratory tests show that the system has high accuracy, with a Root Mean Square Error (RMSE) value of 0.30 cm, equivalent to an accuracy level of 99.39% in measuring the fuel surface height. In field tests on the Sungai Ungar–Batam route, this device was able to fill 75.76 liters of fuel in 9 minutes and 29.15 liters in 3 minutes automatically. The system is capable of detecting fuel levels, activating the pump when needed, and providing real-time visual notifications. The system's performance is affected by turbulence in the tank when the ship is moving, which reduces the stability of the sensor readings. Therefore, the use of sensors that are more resistant to dynamic conditions and the expansion of testing on larger capacity ships will be the next direction for development.

Keywords: 6 GT wooden boat, automatic fuel filling, JSN-SR04T ultrasonic sensor, automatic pump.

1. PENDAHULUAN

Kapal kayu masih menjadi moda transportasi laut yang umum digunakan di Indonesia, khususnya oleh nelayan dan pelaku transportasi lokal. Kapal berkapasitas 6 Gross Ton (GT) umumnya memiliki dimensi panjang 10,58–10,60 meter dan lebar 2,62–2,65 meter [1], dan dilengkapi mesin berbahan bakar solar yang berada di ruang mesin [2]. Solar disimpan dalam tangki utama

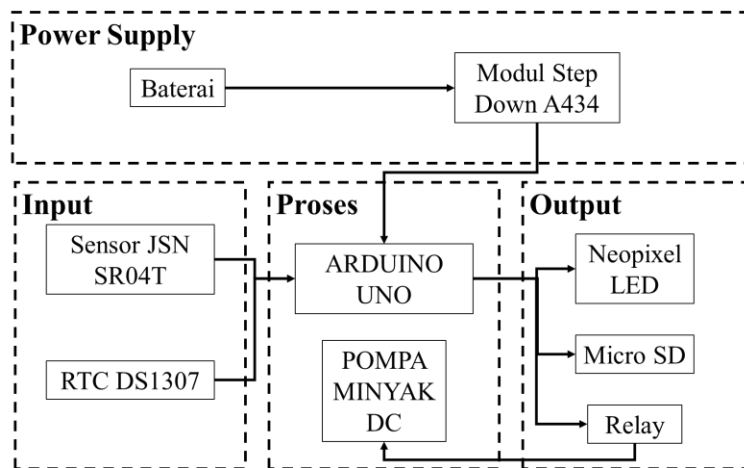
yang seringkali tertutup dan sulit diakses. Dalam praktik operasional, anak buah kapal (ABK) masih memantau volume bahan bakar secara manual dengan membuka penutup tangki. Proses ini tidak efisien dan menimbulkan risiko keselamatan, terutama saat kapal beroperasi di laut terbuka [3]. Dampak dari sistem manual ini sangat signifikan. Tidak hanya berpotensi menyebabkan keterlambatan pengisian bahan bakar, tetapi juga meningkatkan risiko kehabisan bahan bakar di tengah perjalanan laut. Dalam kondisi darurat, ABK harus melakukan pengisian ulang dari jerigen cadangan secara manual, yang dapat menyebabkan tumpahan solar, pencemaran lingkungan laut, dan kecelakaan kerja terutama saat cuaca buruk. Tanpa sistem otomatis yang akurat dan aman, kapal rawan mengalami gangguan operasional, dan risiko ekologis pun meningkat. Berbagai sistem monitoring dan otomasi telah diterapkan di industri dan transportasi untuk mengatasi keterbatasan pengisian manual. Sensor ultrasonik, tekanan, dan *float level* telah dimanfaatkan dalam pemantauan fluida secara *real-time* [4], [5], dan sistem otomatis berbasis mikrokontroler juga telah diuji dalam aplikasi cairan seperti air dan bahan bakar [6], [7]. Namun, sebagian besar penelitian terdahulu masih terbatas pada pengisian tangki di darat atau generator, serta belum menyentuh kebutuhan kapal kecil berbahan kayu dalam konteks dinamis lingkungan laut [8], [9], [10].

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pengisi bahan bakar otomatis berbasis sensor ultrasonik JSN-SR04T yang dipadukan dengan mikrokontroler dan indikator visual LED. Sistem ini dirancang secara khusus untuk digunakan pada pengisian bahan bakar otomatis di kapal kayu 6 GT. Sistem ini memiliki kemampuan mendeteksi level bahan bakar secara *real-time*, mengaktifkan pompa otomatis dari jerigen cadangan ke tangki utama, serta menampilkan status pengisian melalui indikator visual.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Materi dan Metode

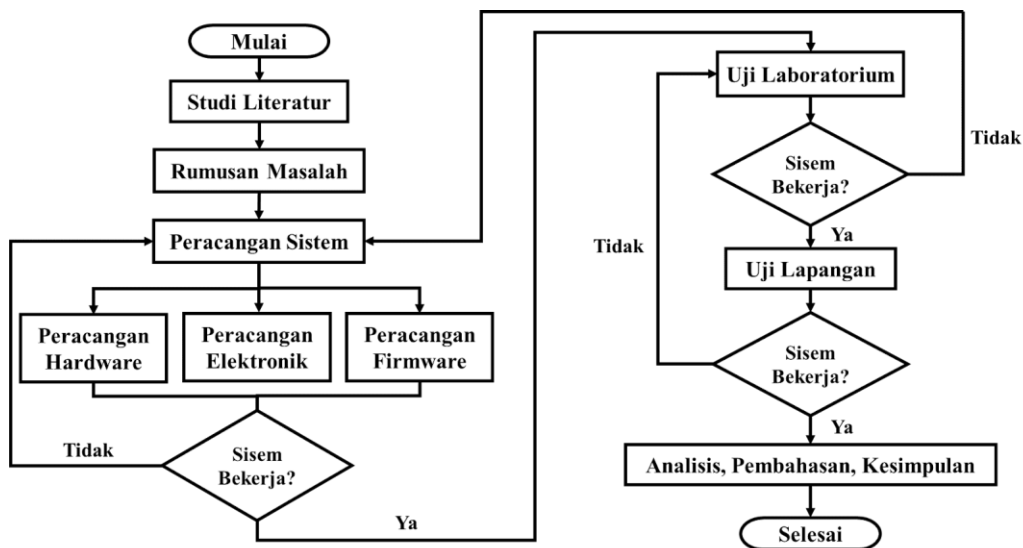
Sistem ini menggunakan baterai dengan modul step-down A434 untuk menurunkan tegangan ke 5V, memastikan suplai daya stabil. Alat ini menggunakan sensor JSN-SR04T untuk mengukur level bahan bakar, Neopixel LED sebagai indikator, dan Arduino Uno untuk mengontrol pompa melalui relay. Data dicatat dengan RTC DS1307 dan disimpan pada Micro SD Modul DataLogger. Diagram perancangan sistem ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Perancangan Sistem

Arduino Uno adalah mikrokontroler yang mudah diprogram dan ideal untuk sistem otomatis [11]. Neopixel Stick 8 RGB LED memberikan pencahayaan fleksibel untuk proyek visual [12]. Relay digunakan untuk mengontrol perangkat listrik dengan sinyal kecil, cocok untuk pompa. Sensor Ultrasonik JSN-SR04T tahan air dan akurat hingga 600 cm, cocok untuk deteksi di lingkungan basah [13]. Modul DataLogger Shield menyimpan data ke SD card dengan waktu dari RTC DS1307, memudahkan pencatatan [14]. Modul Step Down A434 mengonversi tegangan DC 6–36 V menjadi 5 V untuk suplai daya stabil [15]. Pompa Minyak 12 V efisien dan tahan korosi, mampu memindahkan cairan hingga 12 liter per menit [16].

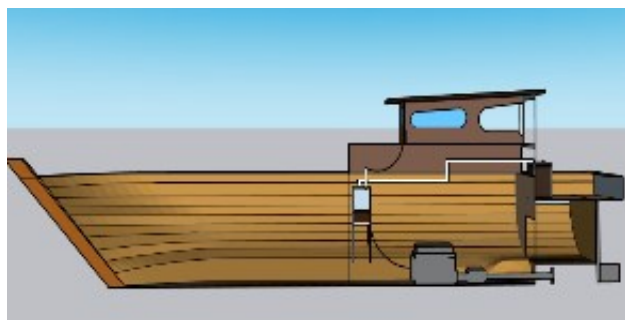
Secara umum, penelitian ini dimulai dari studi literatur, rumusan masalah dan perancangan sistem. Perancangan sistem terdiri dari tiga bagian yakni perancangan *hardware*, rangkaian elektronik, serta *firmware*. Apabila sistem tidak bekerja sebagaimana mestinya maka dilakukan kembali perencanaan sistem dan apabila bekerja akan lanjut ketahap uji laboratorium, lalu uji lapangan dan membuat analisis, pembahasan, dan kesimpulan, seperti pada diagram alir proses (Gambar 2). Pada tahap awal, sensor ultrasonik JSN-SR04T mengukur level bahan bakar dalam tangki kapal.



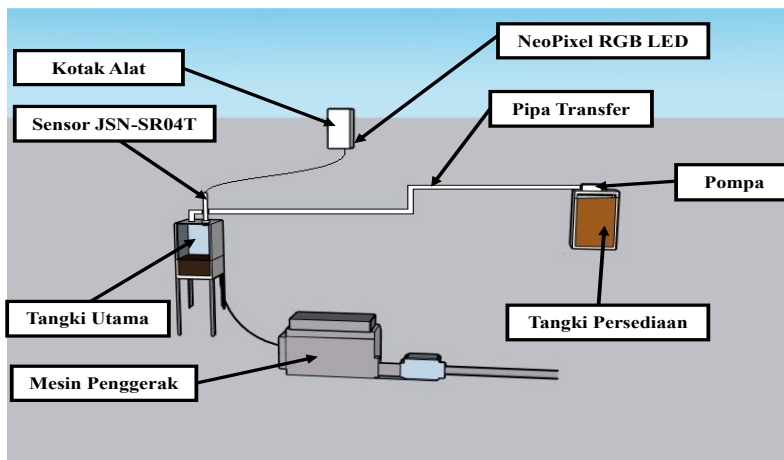
Gambar 2. Diagram Alir Proses

Data dari sensor ini kemudian diproses oleh Arduino Uno untuk menentukan apakah bahan bakar dalam tangki telah mencapai batas minimal. Jika level bahan bakar rendah, maka Arduino akan mengaktifkan relay untuk menjalankan pompa, yang akan mengalirkan bahan bakar dari jerigen ke tangki utama kapal. Seluruh proses ini dicatat oleh RTC DS1307 dan disimpan dalam Micro SD Modul DataLogger untuk keperluan analisis lebih lanjut.

Sistem pengisi tangki bahan bakar otomatis akan dipasang di dek dan ruang mesin kapal kayu 6 GT, dengan pengujian pada KM RAZAKI NAZWA, kapal pengangkut barang di rute Sungai Ungar–Batam. Ilustrasi peletakan alat pada kapal kayu 6 GT terlihat pada Gambar 3 dan sistem komponen terlihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Ilustrasi Peletakan Alat Pada Kapal Kayu 6 GT



Gambar 4. Ilustrasi Penempatan Komponen di Kapal

2.2 Analisis Data

Kalibrasi sensor merupakan langkah penting untuk memastikan akurasi alat pengisian tangki bahan bakar otomatis. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor JSN-SR04T terhadap nilai sebenarnya menggunakan meteran. Parameter utama yang dihitung meliputi *root mean square error* (RMSE) [17], nilai *persen error*, *persen error* rata-rata dan akurasi. RMSE digunakan untuk mengukur rata-rata penyimpangan pengukuran, sementara nilai *error* dan *persen error* rata-rata memberikan gambaran tentang tingkat ketelitian sensor [18]. Selain itu, persamaan regresi linear diterapkan untuk memodelkan hubungan antara nilai sensor dan data sebenarnya, sehingga meningkatkan keakuratan pengukuran [19]. RMSE dapat dilihat pada persamaan 1, *persen error* dapat dilihat pada persamaan 2, *error* rata-rata dapat dilihat pada persamaan 3, akurasi dapat dilihat pada persamaan 4, regresi linear dapat dilihat pada persamaan 5

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_b - x_a)^2}{n}} \tag{1}$$

$$Error = \left| \frac{\text{Nilai Aktual} - \text{Nilai Sensor}}{\text{Nilai Aktual}} \right| \times 100\% \tag{2}$$

$$Error \text{ Rata - rata } (\%) = \frac{\sum Error (\%)}{\text{Banyak data Error } (\%)} \tag{3}$$

$$Akurasi = 100\% - Error \text{ Rata - rata} \tag{4}$$

$$Y = aX + b \tag{5}$$

Akuisisi data dilakukan dengan menguji alat pada kapal kayu 6 GT untuk merekam jarak, waktu, dan status pompa. Data disimpan di Modul Micro SD dan diolah dengan Microsoft Excel. Dari data ketinggian bahan bakar, dibuat grafik garis untuk memvisualisasikan pola penggunaan dan pengisian bahan bakar.

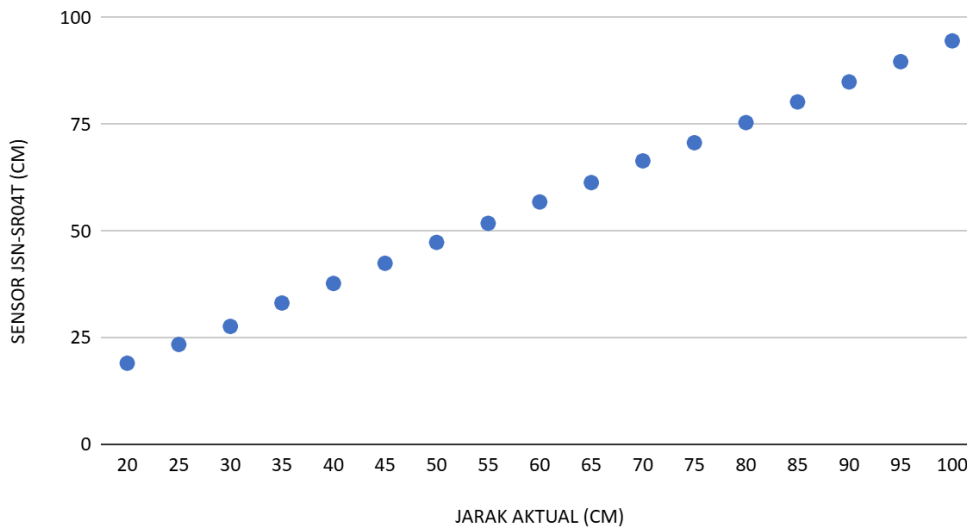
Perhitungan konsumsi bahan bakar dilakukan untuk menduga jumlah konsumsi bahan bakar dengan rumus volume tabung (Persamaan 6), lalu hasilnya dikonversi ke liter dengan membaginya 1000 [20]. Konsumsi bahan bakar dihitung berdasarkan perubahan tinggi bahan bakar yang terukur melalui alat pengisi otomatis. Kecepatan kapal diperoleh dari aplikasi G-NetTrack Pro, dan jarak tempuh dihitung melalui Google Earth dengan menghubungkan koordinat yang direkam oleh G-NetTrack Pro.

$$V = \frac{\pi \times r^2 \times h}{1000} \tag{6}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor ultrasonik JSN-SR04T dilakukan untuk meningkatkan akurasi pengukuran dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap jarak aktual. Proses kalibrasi diawali dengan menempatkan sensor pada posisi tetap di atas permukaan. Jarak aktual diukur menggunakan meteran terkalibrasi secara presisi. Sebanyak 17 titik jarak acuan diukur setiap 5 cm, dimulai dari 20 cm hingga 100 cm, untuk mencakup rentang operasional yang relevan. Pada setiap titik jarak acuan, pembacaan sensor diambil beberapa kali untuk meminimalkan noise dan memastikan konsistensi data. Data hasil pembacaan sensor ini kemudian dibandingkan dengan jarak aktual untuk mengidentifikasi dan memperbaiki penyimpangan.

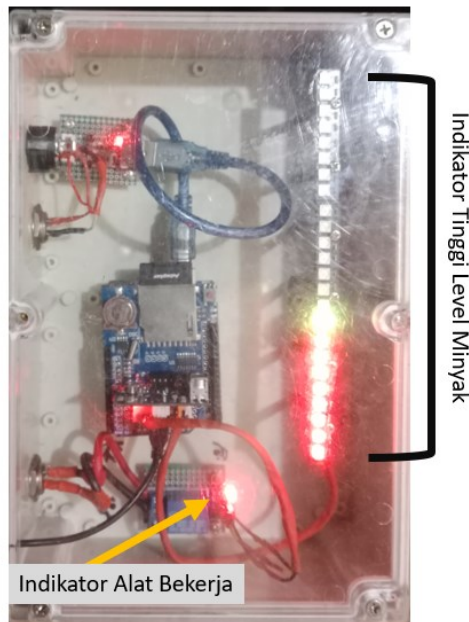


Gambar 5. Grafik Regresi Linier Pembacaan Sensor JSN-SR04T terhadap Jarak Aktual

Analisis kalibrasi menggunakan regresi linier menghasilkan persamaan $y=1.042x+0.8932$ (Gambar 5). Dalam persamaan ini, x adalah jarak aktual yang diukur dengan meteran, sedangkan y adalah pembacaan jarak dari sensor JSN-SR04T. Persamaan ini memodelkan hubungan linier antara pembacaan sensor dan jarak sebenarnya, membentuk garis kalibrasi yang memudahkan penerapan koreksi. Hasil kalibrasi menunjukkan akurasi sensor sebesar 99,39% dan Root Mean Square Error (RMSE) sebesar 0,30 cm, mengindikasikan tingkat keakuratan tinggi setelah kalibrasi, serta memberikan evaluasi kuantitatif terhadap penyimpangan rata-rata antara hasil sensor dan jarak aktual.

3.2 Uji Instrumen

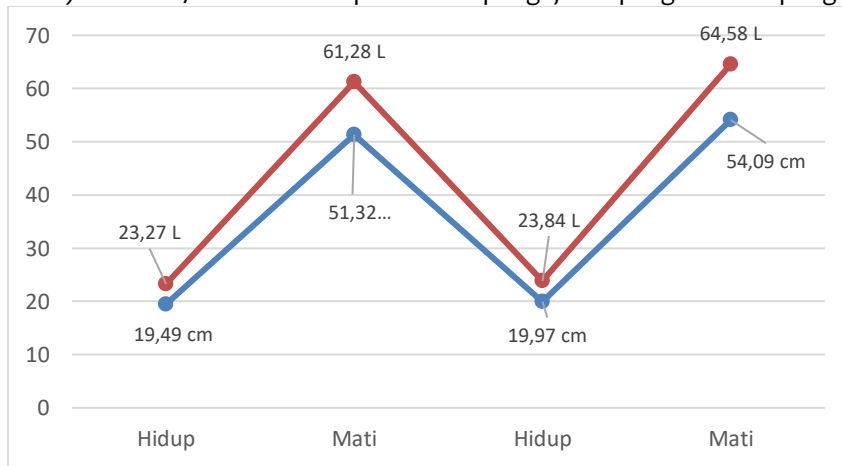
Uji keseluruhan instrumen dilakukan selama 57 menit menggunakan drum sebagai simulasi tangki bahan bakar dengan air sebagai media pengganti bahan bakar. Keran pada drum dibuka untuk mensimulasikan konsumsi bahan bakar, menyebabkan level air berkurang secara bertahap. Ketika level air mencapai batas minimum, sistem pengisian otomatis diaktifkan, ditandai dengan nyala lampu LED hijau pada relay sebagai indikator pompa bekerja. Proses pengisian berlangsung hingga level air mencapai batas maksimum, setelah itu pompa berhenti secara otomatis, dan lampu LED hijau pada relay mati (gambar 6).



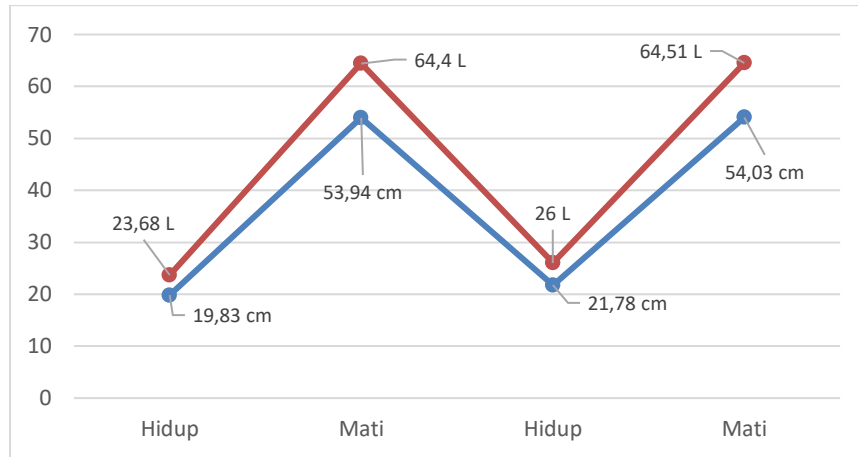
Gambar 6. Komponen perangkat

3.3 Uji Lapangan

Uji lapangan dilakukan sebanyak dua kali pada kapal KM. Razaki Nazwa. Dalam percobaan ini, alat pengisi tangki bahan bakar otomatis dipasang pada kapal. Kotak alat ditempatkan di dek kapal sebagai pusat kendali, sementara sensor JSN-SR04T diletakkan pada tangki bahan bakar kapal untuk memantau pengisian. Pompa bahan bakar dihubungkan ke jerigen persediaan sebagai sumber bahan bakar tambahan. Uji lapangan pertama dilaksanakan dengan durasi 6 jam 29 menit. Uji dimulai pukul 19.46 dan berakhir pukul 02.09, pada rute perjalanan Sungai Ungar (Karimun) menuju Tanjung Pinggir (Batam). Jarak yang ditempuh sejauh 73,4 km dengan kecepatan rata-rata selama perjalanan tercatat sebesar 5,45 knot. Lalu pengujian kedua dilaksanakan dengan durasi 6 jam 52 menit. Uji dimulai pukul 18.12 dan berakhir pukul 01.04, pada rute perjalanan Tanjung Pinggir (Batam) menuju Sungai Ungar (Karimun). Gambar 7 dan 8 menampilkan hasil pengujian lapangan untuk pengisian bahan bakar otomatis.



Gambar 7. Grafik Perubahan Tinggi Bahan Bakar Selama Uji Lapangan Pertama pada KM. Razaki Nazwa (Rute Sungai Ungar–Batam)



Gambar 8. Grafik Perubahan Tinggi Bahan Bakar Selama Uji Lapangan Kedua pada KM. Razaki Nazwa (Rute Tanjung Pinggir–Sungai Ungar)

3.4 Data Pengisian dan Penggunaan Bahan Bakar

Implementasi alat pengisian bahan bakar otomatis pada kapal kayu 6 GT telah diuji dalam dua skenario lapangan yang menunjukkan performa operasional alat dibandingkan dengan metode pengisian manual yang sebelumnya digunakan oleh awak kapal. Evaluasi dilakukan untuk menilai kinerja alat dari aspek waktu, volume, akurasi, dan efisiensi operasional.

3.4.1 Perbandingan Metode Otomatis vs Manual

Sebelum alat dikembangkan, pengisian bahan bakar dilakukan manual dengan membuka tangki, menakar secara visual, dan menuang solar dari jerigen ke dalam tangki, yang biasanya memakan waktu 12–15 menit untuk ±35 liter bahan bakar, dengan risiko tumpahan ±5–10% volume dan tidak ada indikator sisa bahan bakar saat perjalanan. Hasil pada Tabel 1 ini menunjukkan bahwa alat bekerja sesuai desain, mampu mendeteksi level bahan bakar, mengontrol pompa secara otomatis, dan menghentikan aliran saat mencapai batas maksimum. Selain itu, risiko pengisian berlebih seperti pada uji lapangan 1 pun telah teridentifikasi dan menjadi bagian dari evaluasi sistem.

Tabel 1. Perbandingan metode

Parameter	Metode Manual	Sistem Otomatis
Rata-rata waktu pengisian	±13 menit (35 liter)	9 menit (75.76 liter), 3 menit (29.15 liter)
Volume tumpahan	±2–3 liter (saat kondisi goyang)	< 0.1 liter (terdeteksi dan berhenti otomatis)
Indikator level bahan bakar	Tidak ada	Real-time dengan LED indikator
Keselamatan ABK	Risiko tinggi (basah & licin)	Risiko rendah (tidak perlu buka tangki)
Presisi volume terisi	Bergantung visual manual	±0.30 cm RMSE; akurasi 99,39%
Konsistensi waktu pengisian	Tidak konsisten	Konsisten berdasarkan trigger sensor

3.4.2 Efisiensi Operasi dan Konsumsi BBM

Penggunaan alat otomatis memberikan pola pengisian bahan bakar yang lebih teratur, di mana pengisian dilakukan berdasarkan kebutuhan aktual kapal. Data pada Tabel 2 menunjukkan waktu dan volume pengisian aktual:

Tabel 2. Hasil Durasi Pengisian dan Penggunaan BBM

Uji Lapangan	Durasi Pengisian	Volume Terisi (liter)	Status Pompa	Perbandingan dengan Manual
Pertama	4 menit	35,57	Aktif	Lebih cepat 30%
Kedua	5 menit	40,19	Aktif	Lebih efisien
Ketiga	3 menit	29,15	Aktif	Lebih konsisten

Konsumsi bahan bakar juga dihitung berdasarkan perbedaan level bahan bakar awal dan akhir, dikalibrasi menggunakan regresi linear ($y = 1.042x + 0.8932$). Dengan pembacaan yang akurat, operator dapat memperkirakan sisa jarak tempuh kapal sebelum pengisian berikutnya diperlukan.

3.4.3 Perbandingan Metode Otomatis dan Manual

Untuk menilai performa alat secara komprehensif, dilakukan perbandingan antara metode pengisian bahan bakar otomatis yang dikembangkan dengan metode manual yang selama ini digunakan di lapangan. Aspek-aspek yang dibandingkan mencakup waktu pengisian, volume tumpahan, tingkat presisi, kemudahan operasional, serta keselamatan kerja bagi anak buah kapal (ABK) seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan metode otomatis dan manual

Tujuan Desain	Hasil Implementasi	Evaluasi
Mengurangi tumpahan bahan bakar	Tercapai (<0.1 liter per pengisian)	Efektif
Mengurangi waktu dan beban kerja ABK	Tercapai (pengisian otomatis, <i>hands-free</i>)	Efisien
Memberikan informasi bahan bakar <i>real-time</i>	Tercapai (indikator visual LED aktif)	Informatif
Presisi dan akurasi tinggi dalam pengukuran	RMSE = 0.30 cm, Akurasi = 99.39%	Valid
Bekerja dalam kondisi dinamis kapal	Terbatas; masih ada error karena turbulensi	Perlu peningkatan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan penelitian untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pengisian bahan bakar otomatis pada kapal kayu 6 GT, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan telah berfungsi sesuai rancangan dan menunjukkan performa yang baik. Sistem ini mampu mendeteksi level bahan bakar secara *real-time* menggunakan sensor ultrasonik JSN-SR04T, dengan akurasi sebesar 99,39% dan nilai Root Mean Square Error (RMSE) sebesar 0,30 cm. Pengujian laboratorium dan lapangan menunjukkan bahwa alat dapat mengisi bahan bakar secara otomatis sebanyak 75,76 liter dalam waktu 9 menit dan 29,15 liter dalam waktu 3 menit, jauh lebih cepat dibandingkan metode manual yang memerlukan rata-rata 12–15 menit untuk volume serupa. Selain peningkatan efisiensi waktu, sistem juga terbukti dapat mengurangi risiko tumpahan bahan bakar hingga di bawah 0,1 liter, dibandingkan dengan metode manual yang berpotensi menyebabkan tumpahan 2–3 liter akibat kondisi kapal yang bergoyang saat pengisian. Indikator visual berbasis LED memberikan notifikasi yang jelas mengenai status pengisian, dan kontrol otomatis melalui pompa meminimalkan intervensi manual oleh anak buah kapal, sehingga meningkatkan keselamatan kerja. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya bekerja sesuai dengan inovasi yang diusulkan, tetapi juga memberikan peningkatan signifikan dari sisi efisiensi, akurasi, dan keamanan operasional. Namun demikian, tantangan masih ditemukan pada stabilitas pembacaan sensor dalam kondisi laut yang dinamis, sehingga pengembangan sistem lebih lanjut masih diperlukan untuk aplikasi pada kapal dengan kapasitas lebih besar atau lingkungan laut yang lebih ekstrem.

5. REFERENSI

- [1] M. R. Firmansyah et al., “Penjaminan Keberlanjutan Pembangunan Kapal Kayu Melalui Pelatihan Pembuatan Pola Gading untuk Penerapan Inovasi Gading Baja Sebagai Pengganti Gading Kayu bagi Pengrajin Kapal Kayu di Kabupaten Takalar,” *J. TEPAT Appl. Technol. J. Community Engagem. Serv.*, vol. 2, no. 1, pp. 70–77, Jun. 2019, doi: 10.25042/jurnal_tepat.v2i1.63.
- [2] I. M. Apriliani, A. M. Khan, P. K. Putra, and P. Fitriyani, “Karakteristik Desain Kapal Bantuan Kementerian Kelautan Dan Perikanan Di Kabupaten Subang,” *ALBACORE J. Penelit. Perikan. Laut*, vol. 5, no. 3, pp. 243–249, 2022, doi: 10.29244/core.5.3.243-249.
- [3] M. U. Pawara et al., “Pelatihan Pengukuran Kapasitas Gross Tonnage (GT) pada Kapal Kayu Tradisional KUB . Mitra Nelayan Muara Baru di Penajam Paser Utara,” *J. Ris. Teknol. Terap. Kemaritiman*, vol. 2, no. 1, pp. 39–45, 2023, doi: 10.25042/jrtk.062023.06.
- [4] P. Manik and S. Jokosisworo, “Analisa Teknis Bambu Laminasi Sebagai Material Konstruksi Pada Lunas Kapal Perikanan,” *J. Perkapalan*, vol. 2, no. 1, pp. 5–24, 2014.
- [5] B. Santoso, Jamal, and Sarwoko, “Perbandingan Efisiensi Daya Mesin Kapal Nelayan Tradisional 3 Gt,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 1, pp. 1–6, 2017.
- [6] K. Komal D/o Shoukat Ali, B. Arif Ali, V. O. Mihalca, and Țarcă Radu Cătălin, “Automatic fuel tank monitoring, tracking

- & theft detection system,” *MATEC Web Conf.*, vol. 184, p. 02011, Jul. 2018, doi: 10.1051/mateconf/201818402011.
- [7] Y. Shi, S. Xue, X. Zhang, and T. Huang, “Data-aware monitoring method for fuel economy in ship-based CPS,” *IET Cyber-Physical Syst. Theory Appl.*, vol. 5, no. 3, pp. 245–252, Sep. 2020, doi: 10.1049/iet-cps.2019.0080.
- [8] A. Tahir, “Otomatisasi Pengisian Tangki Air Dengan Visualisasi Menggunakan Pemrograman Visual Basic,” *J. Ilm. Media Process.*, vol. 10, no. 1, pp. 330–338, 2015.
- [9] A. R. Ardiliansyah, M. Diah Puspitasari, and T. Arifianto, “Rancang Bangun Prototipe Pompa Otomatis Dengan Fitur Monitoring Berbasis IoT Menggunakan Sensor Flow Meter dan Ultrasonik,” *J. Keilmuan dan Apl. Tek. Inform.*, vol. 13, no. 2, pp. 59–67, 2021, doi: <https://doi.org/10.35891/explorit.v13i2.2601>.
- [10] Baharuddin, “Perancangan Simulasi Kontrol Otomatis Distribusi Bahan Bakar Tangki Harian Pada Km. Madani Nusantara,” *J. Ris. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 14, no. 1, pp. 61–76, 2016.
- [11] F. Nadziroh, F. Syafira, and S. Nooriansyah, “Alat Deteksi Intensitas Cahaya Berbasis Arduino Uno,” *Indones. J. Intellect. Publ.*, vol. 1, no. 3, pp. 142–149, Jul. 2021, doi: 10.51577/ijpublication.v1i3.92.
- [12] P. Burgess, “Adafruit NeoPixel Überguide,” Adafruit Learning System. Accessed: Dec. 15, 2024. [Online]. Available: https://media.distrelec.com/Web/Downloads/_t/ds/Adafruit_1426_eng_tds.pdf
- [13] A. Amrullah, “Perbandingan Tingkat Akurasi Pengukuran Ketinggian Air pada Sensor HC-SR04, HY-SRF05, dan JSN-SR04T,” *J. Infomedia*, vol. 7, no. 1, p. 31, Jun. 2022, doi: 10.30811/jim.v7i1.2955.
- [14] mybotic, “Data Logging Shield V1.0,” Data Logging Shield V1.0. [Online]. Available: <https://www.mybotic.com.my/shield-for-arduino/data-logging-shield-v1-0>
- [15] D. Sabu, P. Alagumariappan, V. Sankaran, and P. S. K. R. Pittu, “Design and Development of Internet of Things-Based Smart Sensors for Monitoring Agricultural Lands,” in *ECSA 2023*, Basel Switzerland: MDPI, Nov. 2023, p. 13. doi: 10.3390/ecsa-10-16207.
- [16] Rumixx, “Pompa Minyak Celup Air Mini Kecilm Mini Oli Solar Air Submersible Portable 12V Diesel Pump.” [Online]. Available: <https://shopee.co.id/Pompa-Minyak-Celup-Air-Mini-Kecilm-Mini-Oli-Solar-Air-Submersible-Portable-12V-Diesel-Pump-i.92926274.6646235919>
- [17] N. A. Haq, Khomsin, and D. G. Pratomo, “The Design of an Arduino Based Low-Cost Ultrasonic Tide Gauge with the Internet of Things (Iot) System,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 698, no. 1, pp. 1–10, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/698/1/012004.
- [18] C. W. Rizkita, A. Rusdinar, and A. Z. Fuadi, “Penerapan Mapping Location Dengan Sensor Lidar Pada Aumr (Automatic Uvc Mobile Robot),” *e-Proceedings Eng.*, vol. 8, no. 5, pp. 4362–4369, 2021.
- [19] A. V. Rachmawati, M. Yantidewi, and Penelitian, “Analisis Kalibrasi Sensor BME280 dengan Pendekatan Regresi Linear pada Pengukuran Temperatur, Kelembaban Relatif, dan Titik Embun,” *J. Kolaboratif Sains*, vol. 7, no. 5, pp. 1589–1597, 2024, doi: 10.56338/jks.v7i5.5272.
- [20] M. Irfan, “Cara Mengukur Volume Air,” CV. ANUGRAH MANDIRI. <https://www.supplierairbersih.com/2017/07/cara-mengukur-volume-air.html>. Kurniawan,