

# Desain *Monitoring* Tangki Bahan Bakar Kapal Laut Secara *Realtime* Berbasis IoT

Muhammad Irfan, Romy Sagitaria Sharief, Taswanda Taryo

Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains Teknologi Industri  
Jl. Moch. Kahfi II No.30, RT.13/RW.9, Srengseng Sawah, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan,  
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12630, Indonesia

E-mail: [irfan.dewi08@gmail.com](mailto:irfan.dewi08@gmail.com), [romy\\_sharief@gmail.com](mailto:romy_sharief@gmail.com), [taswandataryo@gmail.com](mailto:taswandataryo@gmail.com)

## Abstrak

Pemantauan *volume* dan level tangki bahan bakar pada kapal laut masih banyak dilakukan secara manual sehingga rawan terjadi human error, dan lambat dalam mendeteksi kebocoran, dan pencurian bahan bakar. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring tangki bahan bakar kapal secara real-time berbasis mikrokontroler ESP32 dan sensor ultrasonik HC-SR04 yang dilengkapi fitur notifikasi melalui protokol MQTT dan dashboard web dan aplikasi android Blynk. Sistem mampu mengukur jarak permukaan leve cairan pada wadh tabung berbentuk silinder terhadap sensor, mengkonversi menjadi volume (ml) dengan kompensasi geometri tangki silinder, serta mendeteksi anomali level dan *volume*. Pengujian desain alat prototype menunjukkan persentase error volume cukup stabil di angka yang rendah, yaitu antara 1,24% hingga 1,91%. Error Tertinggi: Terjadi pada tingkat pengisian 50% (1,91%). Interpretasi: Secara keseluruhan, akurasi sensor sangat baik karena memiliki nilai error di bawah 2%. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan bahan bakar dan keselamatan operasional kapal niaga serta kapal penumpang dalam dunia transportasi laut di Indonesia.

**Kata kunci:** Monitoring tangki , ESP32, Sensor ultrasonik, IoT , blynk.

## Abstract

*Monitoring the volume and level of fuel tanks on ships is still mostly done manually so it is prone to human error, and slow in detecting leaks and fuel theft. This study aims to design and implement a real-time ship fuel tank monitoring system based on an ESP32 microcontroller and an HC-SR04 ultrasonic sensor equipped with notification features via the MQTT protocol and a web dashboard and Blynk android application. The system is able to measure the distance of the liquid surface in a cylindrical tube to the sensor, convert it to volume (ml) by correcting the geometry of the cylindrical tank, and detect anomaly levels and volume. Testing of the prototype tool design shows that the percentage of error volume is quite stable at a low number, namely between 1.24% to 1.91%. Highest Error: Occurs at a filling level of 50% (1.91%). Interpretation: Overall, the sensor accuracy is very good because it has an error value below 2%. The results of this study are expected to improve the efficiency of ship fuel management and the operational safety of commercial and passenger ships in the world of sea transportation in Indonesia.*

**Keywords:** Fuel tank monitoring , ESP32, Ultrasonic sensor, IoT, Blynk.

## I. LATAR BELAKANG

Dalam dunia pelayaran dan logistik maritim, efisiensi operasional dan keselamatan merupakan pilar yang tidak dapat ditawar. Salah satu parameter kritis yang menjadi fondasi kedua aspek tersebut adalah pengelolaan bahan bakar kapal yang akurat dan real-time. Saat ini, banyak kapal, terutama armada tradisional atau berukuran kecil hingga menengah, masih mengandalkan metode pengukuran manual atau sounding manual untuk memantau level dan volume tangki bahan bakar pada setiap kapal yang beroperasi. Metode konvensional ini, seperti menggunakan pita ukur atau *sounding tape* atau observasi melalui gelas duga atau sight glass, memiliki kelemahan mendasar: rentan terhadap kesalahan manusia human error, tidak dapat memberikan data secara terus menerus, dan memerlukan aktivitas fisik di area tangki yang sering kali sulit dijangkau atau berisiko.[1]

Kesalahan pembacaan dan tidak adanya akurasi pada data bahan bakar secara realtime dapat berimplikasi serius. Di satu sisi, estimasi yang tidak tepat dapat menyebabkan keterlambatan jadwal pelayaran karena kehabisan bahan bakar di tengah laut, atau sebaliknya, pembebanan berlebih yang meningkatkan biaya operasi. Di sisi lain, kurangnya pemantauan real-time menghambat deteksi dini terhadap anomali, seperti kebocoran tangki yang tidak hanya menimbulkan kerugian finansial tetapi juga ancaman pencemaran lingkungan laut. Oleh karena itu, diperlukan transformasi menuju sistem pemantauan yang otomatis, andal, dan terintegrasi.[2]

Revolusi teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi yang tepat untuk tantangan ini. Dengan memanfaatkan mikrokontroler yang terjangkau dan canggih seperti ESP32 yang dilengkapi modul Wi-Fi dan Bluetooth serta sensor ultrasonik HC-SR04 yang ekonomis serta tahan terhadap lingkungan tangki bahan bakar, sebuah sistem pemantauan level bahan bakar yang otomatis dapat diwujudkan. [3]

Sistem ini dirancang untuk membaca data secara berkala, mengirimkannya ke cloud atau server pusat secara wireless / nirkabel, dan menampilkannya kepada kapten kapal atau operator di darat yang bertanggung jawab penuh untuk memonitoring bahan bakar melalui antarmuka yang mudah dipahami. Dengan demikian, pengambilan keputusan yang cepat dan berbasis data dapat dilakukan, baik untuk optimasi konsumsi, perencanaan bunker, maupun respons darurat. Tujuan penelitian adalah membuat prototype sistem monitoring yang akurat, hemat biaya, dan dapat diakses secara daring sehingga membantu untuk para perusahaan pelayaran yang bergantung pada mobilitas yang sangat besar menggunakan transportasi laut. [2]

Pemantauan level dan volume tangki bahan bakar kapal laut secara real-time telah berkembang pesat seiring dengan kemajuan teknologi sensor dan komunikasi. Metode konvensional seperti pengamatan visual melalui gelas duga sight glass dan pengukuran manual menggunakan sounding tape secara manual dinilai tidak efisien, rentan terhadap kesalahan manusia, dan tidak dapat memberikan data secara terus-menerus. Sistem otomatis menjadi solusi utama untuk mengatasi keterbatasan ini. Sistem otomatis berbasis sensor dapat meningkatkan akurasi hingga >98% dibandingkan metode manual yang memiliki toleransi kesalahan sekitar  $\pm 5-10\%$ . Penelitian mereka mengonfirmasi bahwa otomatisasi adalah jalur yang diperlukan untuk manajemen inventaris yang presisi, seperti pada tangki bahan bakar[8].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring tangki kapal menggunakan berbagai teknologi sensor. Penelitian seperti berikut ini. Sensor kapasitif, namun rentan

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA-BOGOR

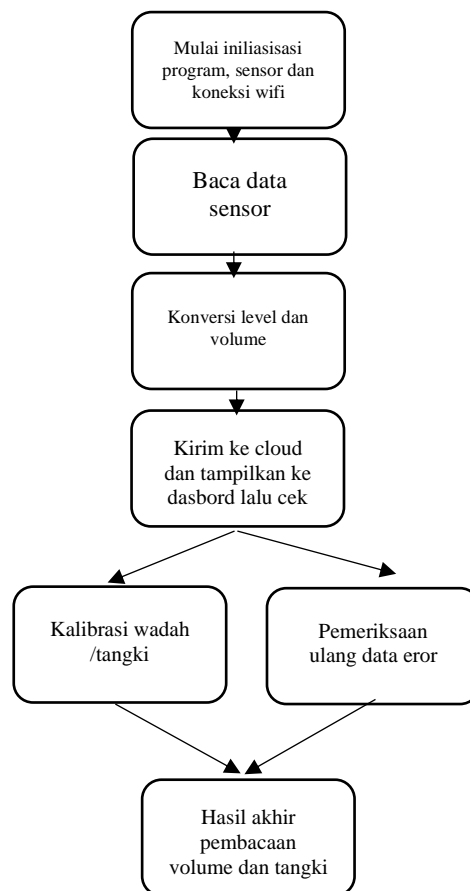
terhadap kontaminasi air dan lumpur solar. Sensor tekanan hidrostatik memiliki akurasi tinggi tetapi harga mahal dan memerlukan pemasangan di dasar tangki. Sensor radar sangat akurat namun biaya mencapai puluhan juta rupiah per unit. Sensor ultrasonik menawarkan kompromi terbaik non-contact, harga terjangkau, dan tahan terhadap lingkungan maritim

ESP32 dipilih karena memiliki fitur WiFi dan Bluetooth terintegrasi, konsumsi daya rendah, serta kemampuan deep sleep yang cocok untuk aplikasi kapal Kombinasi ESP32 dan sensor ultrasonik HC-SR04 telah berhasil diterapkan pada monitoring tangki air namun belum banyak yang mengkompensasi bentuk tangki silinder horizontal dan kondisi getaran dan kondisi lainnya diatas kapal.

## II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dipakai yaitu adalah dengan merancang suatu desain prototype system pembacaan level dan volume pada tangki bahan bakar kapal yang dilakukan dengan membuat disain mini tangki bahan bakard dengan memakai wadah air berbentuk tabung/tangki. Rancangan alat system ini terdiri dari yaitu Sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi ketinggian dan volume cairan/bahan bakar. ESP32 sebagai prosesor dan modul komunikasi Wi-Fi. Dashboard IoT melalui aplikasi Blynk sebagai platform monitoring melalui hp ataupun web browser untuk memantau secara real time dimanapun berada dengan membuat rancangan program pada aplikasi Arduino Ide terlebih dahulu, serta mengupload data ke dashboard.[5]

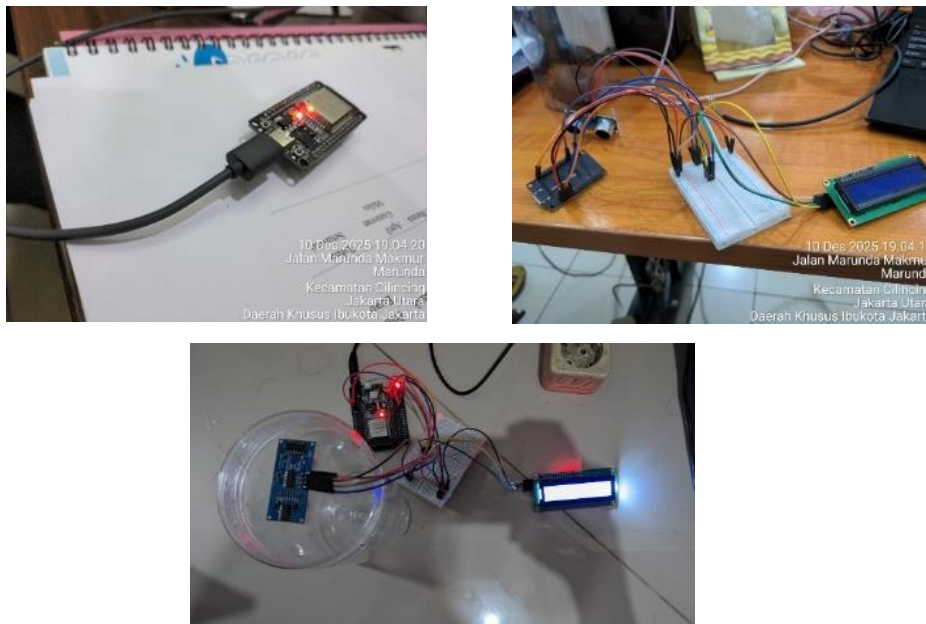
Sistem dirancang dengan diagram blok sebagai berikut (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram Blok System

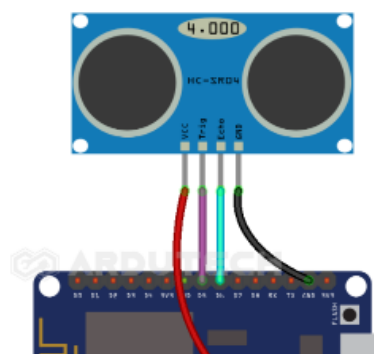
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA-BOGOR**

Diagram Blok Perancangan sistem menjelaskan bahwa level dan volume dirancang mulai dari pengumpulan komponen seperti sensor wadah prototype tangki Kemudian memprogram mikro kontroler ESP32 pada aplikasi Arduino ide dan diteruskan ke laptop dan ditampilkan di website monitoring berbasis Website dan aplikasi Android/Ios. Prototype dibangun pada model tangki plastik berukuran total volume 750 ml dengan tinggi tangki 15 cm sebagai simulasi tangki kapal. Alur kerja dimulai dari Sensor membaca level setiap 1 detik selanjutnya ESP32 menghitung volume dan level mengirim data ke cloud. Pengguna mengakses data via web dashboard blynk dan aplikasi android /ios yang dapat di download melalui play store.



Gambar 3. setting dan rancangan alat

Pengujian Uji akurasi membandingkan pengukuran sensor dengan manual pada berbagai level (0%, 50%, 75% dan 100%). Uji realtime: Pantau latency transmisi data. Sensor ultrasonik HC-SR04 (versi waterproof JSN-SR04T) dipasang pada bagian atas tangki melalui flange stainless steel 316. Sinyal 5 V dari sensor diturunkan menjadi 3,3 V menggunakan level shifter agar kompatibel dengan ESP32 DevKit V1. Power supply diambil dari sistem 24 V DC kapal kemudian diturunkan menjadi 5 V menggunakan buck converter. Data dikirim ke cloud melalui WiFi kapal atau modem 4G



Gambar 2. Sensor ultrasonic dan Modul ESP32

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA-BOGOR

Rumus konversi volume tangki silinder horizontal yang paling umum digunakan di kapal adalah  
 $h = H_{\text{tangki}} - \text{jarak\_sensor}$

$$V = L \times \left[ r^2 \cos^{-1} \left( \frac{r-h}{r} \right) - (r-h) \sqrt{2rh - h^2} \right] \times 1000$$

di mana V = volume (liter), L = panjang tangki (m), r = jari-jari tangki (m), h = tinggi bahan bakar dari dasar (m). Kemudian keluaran dari mikrokontroler ESP32 diteruskan ke laptop dan ditampilkan di website dashboard dan juga bisa dimonitor dengan aplikasi blynk melalui handphone monitoring berbasis Website/aplikasi android dan Ios. Dimana V0 diseting untuk input level dan V1 untuk input volume pada dashboard.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Tabel 1 Hasil Pengujian Akurasi Level dan Volume. Pada pengujian ini akurasi level mencapai 98% dengan error rata-rata ±0.2 cm. Volume dihitung secara akurat menggunakan formula sederhana. Data realtime ditampilkan pada dashboard dengan update setiap 1 detik.

Tabel 1. Hasil Pengujian Level

Tingkat Pengisian	Level Manual (cm)	Level Sensor (cm)	Error Level (cm)
0% (kosong)	0	0.2	0.2
25%	3.2	2.9	0.3
50%	7.2	6.8	0.4
75%	10.1	9.8	0.3
100% (penuh)	13.5	12.93	0.5

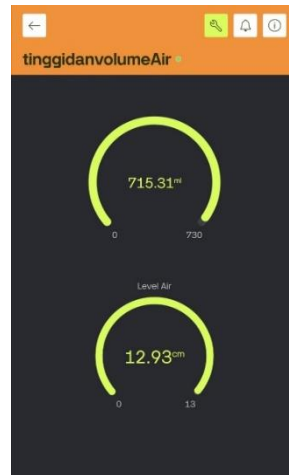
Tabel 2. Hasil Pengujian Volume

Tingkat Pengisian	Volume Manual (ml)	Volume Sensor (ml)	Error Volume (%)
0% (kosong)	0	11	N/A
25%	195	189	1.24
50%	369	358	1.91
75%	673	650	1.84
100% (penuh)	742	713	1.27

Analisis Akurasi Ketinggian (Level) membandingkan ketinggian fisik air dengan hasil deteksi sensor. Akurasi Sensor: Sensor secara konsisten membaca nilai yang lebih rendah daripada pengukuran manual (contoh: pada kondisi penuh, manual mencatat 13,5 cm sedangkan sensor

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA-BOGOR

mencatat 13 cm). Error Level: Selisih antara manual dan sensor berkisar antara 0,2 cm hingga 0,5 cm. Error tertinggi terjadi pada tingkat pengisian 100%. Pada gambar dibawah ini hasil pengukuran saat tabung prototype terisi penuh cairan.



Gambar 4. Monitoring Level dan volume melalui smartphone ketika kondisi penuh

Analisis Volume (ml) menunjukkan konversi dari ketinggian ke volume cairan dalam mililiter (ml). Volume Maksimum Kapasitas wadah pada kondisi penuh (100%) secara manual adalah 742 ml, namun terbaca oleh sensor sebesar 713 ml. Penyimpangan pada 0%: Menariknya, saat wadah kosong (0 cm), sensor tetap mendeteksi adanya volume sebesar 11 ml (dengan level 0,2 cm). Ini mengindikasikan adanya *bias* atau "noise" pada sensor saat kondisi dasar. Persentase Error Volume (%) Stabilitas Error: Setelah melewati kondisi kosong, persentase error volume cukup stabil di angka yang rendah, yaitu antara 1,24% hingga 1,91%. Error Tertinggi: Terjadi pada tingkat pengisian 50% (1,91%). Interpretasi: Secara keseluruhan, akurasi sensor sangat baik karena memiliki nilai error di bawah 2%.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototype ini mampu memberikan pengukuran level dan volume bahan bakar dengan akurasi cukup tinggi (rata-rata >98%), yang sejalan dengan penelitian serupa. Misalnya, beberapa studi IoT-based fuel monitoring melaporkan akurasi hingga 98% pada kondisi optimal, meskipun menggunakan sensor yang lebih mahal seperti flow meter Coriolis. Sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan di sini relatif murah dan mudah diimplementasikan, tetapi memiliki keterbatasan jarak dan kondisi ril di lapangan kemungkinan bias terjadi seperti lebar angle yang lebar sekitar 15-30 derajat) yang dapat menyebabkan refleksi salah dari dinding tangki pada jarak dekat atau saat permukaan bahan bakar bergelombang.

Masalah eror diamati pada tingkat pengisian rendah (0-25%) dan tinggi (75-80%), disebabkan oleh:

1. Refleksi ganda atau noise dari gelombang getaran pada permukaan han bakar diesel (umum pada kapal).
2. Pengaruh suhu dan kelembaban, karena kecepatan suara berubahmempengaruhi pembacaan sensor ultrasonic type HC-SR04.
3. Getaran simulasi pada tabung tangka prototype, yang menyebabkan fluktuasi reading hingga 1 cm pada level.

#### PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA-BOGOR

Dibandingkan dengan sistem pengukuran manual pada kapal tradisional (error hingga 5-10% karena estimasi visual), prototype ini meningkatkan efisiensi operasional secara signifikan. Potensi aplikasi pada kapal nyata termasuk integrasi dengan GPS untuk tracking konsumsi berdasarkan rute, serta alert otomatis via notifikasi aplikasi dashboard blynk saat level kurang dari 20%. Biaya prototype yang cukup murah membuatnya dapat direkomendasikan untuk peneliti pemula.

Keterbatasan: Pada skala penuh, sensor HC-SR04 ultrasonik mungkin kurang akurat untuk tangki besar dan tangka yang berbentuk type selain bentuk kotak dan silinder. rekomendasi upgrade ke sensor waterproof JSN-SR04T atau kombinasi dengan pressure sensor untuk akurasi >98%. Pengujian lanjut diperlukan pada kondisi maritim yang ekstrim gelombang ombak laut, suhu ekstrem dan keterbatasan sinyal internet. Yang menjadi factor penghalang suatu system monitoring jarak jauh.

Secara keseluruhan, prototype ini membuktikan layak dengan teknologi berbasis IoT sederhana untuk memonitoring tangki bahan bakar kapal, dengan potensi kontribusisangay baik pada efisiensi energi dan pencegahan kebocoran dan pencurian bahan bakar kapal di industri maritim. Dan juga bisa direkomendasikan untuk diterapkan keseluruh perusahaan pelayaran.

#### IV. KESIMPULAN

Desain sistem monitoring level dan volume tangki bahan bakar kapal laut berbasis ESP32 dan sensor ultrasonik HC-SR04 telah berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan akurasi pengukuran rata-rata di atas 97 % Dengan eror di bawah 2%. Sistem mampu bekerja secara real-time dengan dimonitor melalui aplikasi blynk pada website dashboard dan smartphone. memberikan informasi terbaru dan terupdate kondisi level pada tangki bahan bakar, serta memiliki biaya implementasi yang sangat terjangkau. Teruji Sangat mampu dan handal dalam memonitoring secara real time. Sistem ini akan sangat cocok diaplikasikan pada kapal-kapal niaga, penumpang, dan perikanan di Indonesia. Saran pengembangan selanjutnya dapat ditambah integrasi GPS untuk logging konsumsi BBM per rute untuk kapal - kapal yang meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar . Dan pembacaan sensor lainnya untuk kapal-kapal laut yang membutuhkan informasi data secara real time dan akurat dimana pun berada. Kendala yang akan kemungkinan terjadi adalah kurangnya sinyal internet/wifi ataupun provider untuk mengakses dashboard internet hal ini ditengah laut akses internet dibutuhkan data satelite yang cukup mahal dan penambahan device yang juga rumit. Hal ini menjadi tantangan kedepannya dalam memonitoring seluruh kegiatan secara real time berbasis Internet of Think diatas kapal.

#### V. REFERENSI

- [1] Sarman, Arief Marwanto, & Suryani Alifah (2019). *Monitoring the Usage of Marine Fuel Oil Aboard Passenger Ship Based on Internet of Things*. Husaini, A., & Sary, Y. (2024). Smart Monitoring System of Water Tank Based on Internet of Things. *Hanif Journal of Information Systems*, 2(1). <https://doi.org/10.56211/hanif.v2i1.25>
- [2] Ifacturrohman, F., & Sucahyo, I. (2020). Rancangan Alat Monitor Volume Air Dalam Tangki Berbasis IoT dan Smartphone. *Inovasi Fisika Indonesia*, 9(2). <https://doi.org/10.26740/ifi.v9n2.p56-63>
- [3] Prayetno, E., Nadapdap, T., Susanti, A. S., & Miranda, D. (2021). PLTD Engine Tank Oil Volume Monitoring System using HC-SR04 Ultrasonic Sensor Based on Internet of Things (IoT). *International Journal of Electrical, Energy and Power System Engineering*, 4(1). <https://doi.org/10.31258/ijeepse.4.1.134-138>

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA-BOGOR

- [4] Sandeep, M., Sai kumar, K., Sai Jagat, K., Krsihna Rohit, P., Venkatesulu, S., & Tech, B. (2020). Real Time Fuel monitoring and Theft Detection System using IoT. *International Research Journal of Engineering and Technology*.
- [5] Saputra, R., Ariyani, P. F., & Juliasari, N. (2020). Sistem Monitoring Stok Tangki Air Memanfaatkan Sensor Ultrasonik Dan Mikrokontroler Arduino Mega Pada Depot Air Minum. *Jurnal BIT (Budi Luhur Information Technology)*, 15(1).
- [6] Susanto, S., Putra Jaya, A., & Krisna Setiyawan, B. (2022). Studi Kinerja Hydrophore Tank Di Atas Kapal Dengan Variasi Tekanan Kerja dan Perbandingan Volume Air Dengan Udara. *Jurnal Maritim Polimarin*, 8(1). <https://doi.org/10.52492/jmp.v8i1.49>
- [7] Agussationo, Y., Sepdian, S., & Rajanudin, A. (2022). Rancang Bangun Water Level Control Berbasis Sonoff Smart Switch. *Jurnal Elektronika Listrik Dan Teknologi Informasi Terapan*, 4(1). <https://doi.org/10.37338/e.v4i1.234>
- [8] **Singh, A., & Kumar, S. (2021)**. Smart Inventory Management System Using IoT and Sensor-Based Automation for Fuel Monitoring. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 22(4), 541-553. <https://doi.org/10.1007/s12541-021-00482-w>
- [9] International Maritime Organization (IMO). (2020). *Guidelines on Fuel Oil Consumption Data Collection System*. IMO Publications.
- [10] Kusuma, A., & Pratama, R. (2022). Sistem Monitoring Level Tangki BBM Berbasis ESP32 dan IoT. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 10(2), 85–92.