

Analisis Kinerja Sensor JSN-SR04T pada Sistem Monitoring Ketinggian Air Sungai untuk Keselamatan Pelayaran Berbasis Internet of Things

Muhamad Fahmi Amrillah^{1*}, Eko Nugroho Widjatomoko², Paulina M Latuheru³, Reno Muhammad Fadillah⁴, Eki Ahmad Zaki Hamidi⁵

^{1,2}*Departement of Ship Machinery, Politeknik Transportasi Sungai Danau dan Penyeberangan, Indonesia*

³*Departement of Nautical, Politeknik Transportasi Sungai Danau dan Penyeberangan, Indonesia*

⁴*Frontier Engineering, Kanazawa University, Japan*

⁵*Departement of Electrical Engineering, UIN Sunan Gunung Djati, Indonesia*

muhamadfahmiamrillah@gmail.com^{1*}, ekonugrohowidjatomoko@gmail.com², mutiarapaulina@gmail.com³,
reno.mf@gmail.com⁴, ekiahmadzaki@uinsgd.ac.id⁵

Received 04 Agustus 2026 | Revised 11 Agustus 2026 | Accepted 28 Agustus 2026

ABSTRAK

Keselamatan pelayaran pada transportasi penyeberangan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan perairan, khususnya perubahan ketinggian permukaan air sungai. Informasi ketinggian air secara real-time diperlukan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam menentukan jalur pelayaran yang aman, nyaman dan efisien dalam penggunaan bahan bakar dan ketepatan waktu. Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja sensor ultrasonik JSN-SR04T pada sistem monitoring ketinggian air berbasis *Internet of Things* (IoT) sebagai pendukung keselamatan pelayaran. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data dan media transmisi informasi melalui jaringan WiFi. Sensor JSN-SR04T digunakan untuk mengukur perubahan ketinggian permukaan air secara real-time, sedangkan hasil pengukuran ditampilkan melalui perangkat bergerak sehingga informasi dapat dipantau dengan mudah. Metode penelitian meliputi perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian kinerja sensor dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap pengukuran manual menggunakan mistar. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pada variasi ketinggian air yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring secara real-time dengan kinerja yang stabil. Sensor JSN-SR04T menghasilkan rata-rata akurasi sebesar 98,67% dengan tingkat kesalahan pengukuran kurang dari 1,5%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT layak digunakan untuk memantau kondisi ketinggian air sungai serta mendukung keselamatan pelayaran dan mitigasi risiko kecelakaan akibat perubahan kondisi perairan.

Kata kunci: Internet of Things, ESP32, JSN-SR04T, monitoring ketinggian air, keselamatan pelayaran.

Navigation safety in inland waterway and ferry transportation is strongly influenced by environmental conditions, particularly fluctuations in river water levels. Real-time water-level information is essential for supporting decision-making in determining safe, comfortable, and efficient navigation routes while optimizing fuel consumption and maintaining schedule reliability. This study aims to evaluate the performance of the JSN-SR04T ultrasonic sensor integrated into an Internet of Things (IoT)-based water-level monitoring system to support navigation safety. The proposed system employs an ESP32 microcontroller as the central data-processing unit and wireless communication interface through a Wi-Fi network. The JSN-SR04T sensor measures variations in river water levels in real time, while the measurement results are transmitted and displayed on a mobile device, enabling users to monitor water-level conditions remotely. The research methodology comprised system design, hardware and software implementation, and sensor performance evaluation. Sensor accuracy was assessed by comparing the ultrasonic sensor measurements with reference measurements obtained manually using a measuring ruler. Ten measurement trials were conducted at different water-level conditions. The results demonstrate that the developed system can continuously monitor water levels in real time with stable performance. The JSN-SR04T sensor achieved an average measurement accuracy of 98.67%, with a measurement error of less than 1.5%. These findings indicate that the proposed IoT-based monitoring system provides reliable real-time water-level information and has strong potential as a decision-support tool for inland navigation safety, route optimization, fuel-efficiency considerations, and mitigation of accident risks associated with changing river conditions.

Keywords: Internet of Things, ESP32, JSN-SR04T, water level monitoring, navigation safety.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi transportasi pada era digital mengalami peningkatan yang sangat pesat, khususnya pada sektor transportasi penyeberangan yang memiliki peran strategis dalam mendukung konektivitas wilayah, distribusi logistik, perdagangan, serta mobilitas masyarakat antarpulau. Transportasi penyeberangan menjadi salah satu moda transportasi vital di negara kepulauan seperti Indonesia karena mampu menghubungkan wilayah-wilayah yang terpisahkan oleh perairan (Aprianti et al., 2024). Seiring dengan meningkatnya aktivitas transportasi penyeberangan, aspek keselamatan pelayaran menjadi perhatian utama dalam mendukung operasional transportasi yang berkelanjutan dan andal (Apsari et al., 2022). Keselamatan pelayaran merupakan salah satu indikator utama dalam kualitas pelayanan transportasi laut dan penyeberangan. Tingginya tingkat kecelakaan pelayaran yang disebabkan oleh faktor lingkungan perairan, seperti perubahan ketinggian permukaan air dan kecepatan arus sungai, menunjukkan pentingnya sistem monitoring kondisi perairan secara real-time (Ariyo et al., 2025). Informasi terkait kondisi hidrologi sangat diperlukan oleh operator kapal maupun regulator pelayaran dalam menentukan jalur pelayaran yang aman dan efisien. Kesalahan dalam memprediksi kondisi permukaan air dapat menyebabkan kapal kandas, tabrakan, hingga kecelakaan pelayaran yang berdampak pada kerugian ekonomi maupun korban jiwa (Az-Zikri et al., 2024).

Ketinggian permukaan air sungai menjadi salah satu parameter penting dalam navigasi pelayaran, khususnya pada wilayah sungai dan pelabuhan penyeberangan yang memiliki karakteristik pasang surut dan arus dinamis (Hasbullah et al., 2023). Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring yang mampu memberikan informasi kondisi permukaan air secara kontinu, akurat, dan dapat diakses secara *real-time*. Teknologi monitoring konvensional yang masih dilakukan secara manual memiliki keterbatasan dalam hal efisiensi, kecepatan pengiriman data, dan akurasi pengukuran (Johari & Fahrudi, 2025). Kondisi tersebut mendorong pengembangan sistem monitoring berbasis teknologi digital yang lebih modern dan terintegrasi (Zhang, 2023). Salah satu teknologi yang berkembang pesat dalam bidang monitoring lingkungan adalah *Internet of Things* (IoT). IoT memungkinkan perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan pengumpulan, pengiriman, dan pengolahan data secara otomatis tanpa keterlibatan manusia secara langsung (Putri & Saputra, 2025). Implementasi IoT pada sistem monitoring hidrologi memberikan banyak keuntungan, seperti kemampuan pemantauan jarak jauh, pengiriman data real-time, efisiensi operasional, serta integrasi dengan sistem peringatan dini (Zen et al., 2023). Dalam sektor transportasi dan keselamatan pelayaran, teknologi IoT mulai banyak diterapkan untuk monitoring kondisi cuaca, navigasi kapal, serta parameter lingkungan perairan (Abioye, 2022).

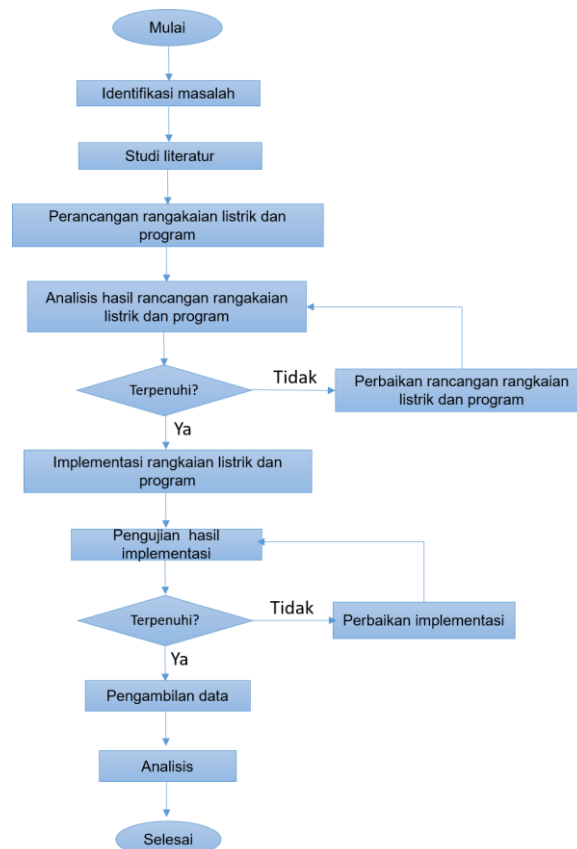
Pada sistem monitoring ketinggian air, sensor ultrasonik menjadi salah satu sensor yang banyak digunakan karena memiliki tingkat akurasi yang baik, harga relatif murah, dan mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler (Ahmed, 2024). Salah satu jenis sensor ultrasonik yang banyak digunakan pada aplikasi outdoor adalah JSN-SR04T. Sensor ini memiliki keunggulan berupa desain *waterproof* sehingga lebih tahan terhadap kondisi lingkungan lembap dan percikan air dibandingkan sensor ultrasonik konvensional (Khan, 2022). Sensor JSN-SR04T bekerja dengan prinsip pengukuran jarak menggunakan gelombang ultrasonik yang dipantulkan oleh permukaan air, sehingga mampu mendeteksi perubahan ketinggian air secara kontinu (Kim, 2024). Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring ketinggian air berbasis IoT menggunakan berbagai jenis sensor dan platform mikrokontroler. Penelitian yang dilakukan oleh Rahman et al. menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis ESP32 dan sensor ultrasonik mampu memberikan pengukuran ketinggian air secara real-time dengan tingkat akurasi tinggi (Lee, 2023). Penelitian lain oleh Pratama et al. mengungkapkan bahwa penggunaan sensor JSN-SR04T memiliki performa lebih stabil pada lingkungan terbuka dibandingkan sensor HC-SR04 karena memiliki kemampuan tahan air yang lebih baik (Raju, 2023). Selain itu, implementasi IoT pada sistem monitoring banjir juga terbukti mampu meningkatkan efektivitas sistem peringatan dini dan mitigasi risiko bencana (Silva, 2025).

Meskipun demikian, kajian terkait analisis kinerja sensor JSN-SR04T pada sistem monitoring keselamatan pelayaran masih relatif terbatas, khususnya pada pengukuran kondisi ketinggian air sungai untuk mendukung navigasi kapal penyeberangan. Evaluasi terhadap tingkat akurasi, stabilitas pembacaan sensor, serta kemampuan transmisi data real-time menjadi penting untuk memastikan sistem monitoring dapat bekerja secara optimal dalam mendukung keselamatan pelayaran (Wang, 2025). Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sensor ultrasonik JSN-SR04T pada sistem monitoring ketinggian air sungai berbasis *Internet of Things*. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu memberikan informasi kondisi permukaan air secara *real-time*, akurat, dan mudah diakses sehingga dapat mendukung peningkatan keselamatan pelayaran pada transportasi penyeberangan.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian diawali dengan tahap identifikasi masalah yang bertujuan untuk menganalisis kebutuhan sistem monitoring ketinggian air sungai sebagai pendukung keselamatan pelayaran berbasis *Internet of Things* (IoT). Pada tahap ini dilakukan observasi terhadap permasalahan pengukuran tinggi permukaan air

yang masih dilakukan secara manual dan belum terintegrasi secara *real-time*. Selanjutnya dilakukan studi literatur dengan mengumpulkan referensi ilmiah, standar teknis, serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sensor ultrasonik JSN-SR04T yang beroperasi pada tegangan DC 5V, memiliki jangkauan deteksi efektif dari 5 cm hingga 450 cm, sistem monitoring berbasis IoT *ThinkSpeak*, komunikasi data nirkabel, dan sistem keselamatan pelayaran. Tahap berikutnya adalah perancangan rangkaian listrik dan program, yang meliputi desain perangkat keras menggunakan mikrokontroler, sensor ultrasonik JSN-SR04T, modul komunikasi internet, serta perancangan perangkat lunak untuk proses akuisisi, pengolahan, dan pengiriman data ke platform monitoring secara *real-time*. Hasil rancangan kemudian dianalisis untuk mengevaluasi kesesuaian fungsi perangkat keras dan perangkat lunak terhadap parameter sistem yang telah ditentukan, seperti stabilitas pembacaan sensor, akurasi pengukuran, dan keberhasilan transmisi data. Apabila hasil analisis menunjukkan sistem belum memenuhi spesifikasi yang diharapkan, maka dilakukan tahap perbaikan rancangan rangkaian listrik dan program hingga diperoleh performa sistem yang optimal.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Setelah rancangan memenuhi kriteria, dilakukan implementasi sistem dengan merealisasikan seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak pada prototipe monitoring ketinggian air sungai. Tahap implementasi dilanjutkan dengan pengujian sistem untuk mengetahui tingkat akurasi sensor JSN-SR04T, respon pembacaan data, kestabilan komunikasi IoT, konfigurasi sistem ESP 32 serta kemampuan monitoring secara *real-time*. Jika pada tahap pengujian ditemukan ketidaksesuaian performa sistem, maka dilakukan proses perbaikan implementasi sampai sistem bekerja sesuai dengan tujuan penelitian. Setelah sistem dinyatakan berjalan dengan baik, dilakukan proses pengambilan data ketinggian air secara periodik sebagai bahan analisis penelitian. Data hasil pengukuran kemudian dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sensor JSN-SR04T dan efektivitas sistem monitoring berbasis IoT dalam mendukung keselamatan pelayaran. Tahap akhir penelitian adalah penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis sistem yang telah dilakukan.

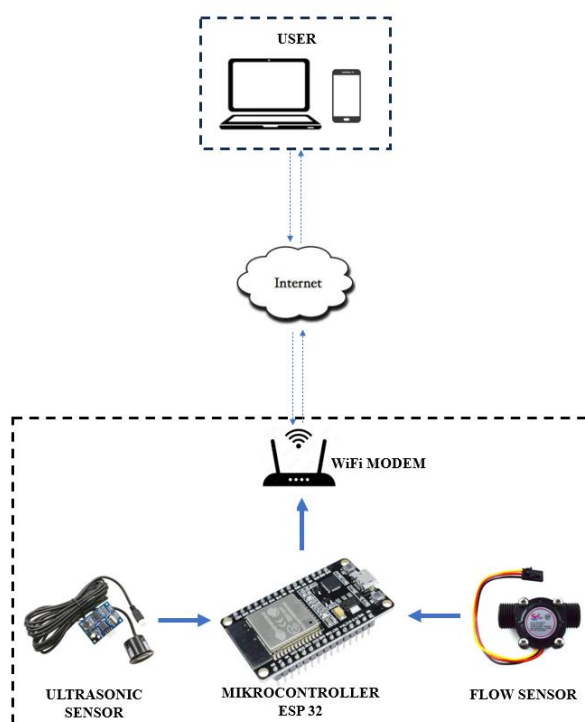
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan dan Implementasi Sistem

Perancangan sistem monitoring ketinggian air berbasis *Internet of Things* (IoT) dilakukan untuk menghasilkan sistem yang mampu memantau kondisi permukaan air secara *real-time* sebagai pendukung

keselamatan pelayaran kapal penyeberangan. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino ESP32 sebagai pusat pengendali utama yang berfungsi untuk melakukan proses akuisisi, pengolahan, dan pengiriman data hasil pembacaan sensor menuju *platform* monitoring melalui jaringan internet. Pemanfaatan teknologi IoT pada sistem ini memungkinkan data kondisi ketinggian air dapat diakses secara *real-time* melalui perangkat bergerak seperti telepon pintar maupun komputer yang telah terhubung ke jaringan internet. Perancangan perangkat keras sistem terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu sensor ultrasonik tipe JSN-SR04T, mikrokontroler ESP32, catu daya (*power supply*), serta perangkat jaringan komunikasi WiFi. Sensor ultrasonik JSN-SR04T digunakan sebagai perangkat utama dalam melakukan pengukuran ketinggian permukaan air. Sensor ini bekerja dengan prinsip pemancaran gelombang ultrasonik yang dipantulkan oleh permukaan air dan diterima kembali oleh receiver sensor untuk dihitung jaraknya berdasarkan waktu pantulan sinyal. Sensor JSN-SR04T dipilih karena memiliki karakteristik *waterproof* sehingga mampu bekerja pada lingkungan luar ruang dengan tingkat kelembapan tinggi dan paparan air secara langsung.

Data hasil pembacaan sensor kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32 menggunakan bahasa pemrograman C melalui aplikasi Arduino IDE. Mikrokontroler ESP32 dipilih karena memiliki fitur konektivitas WiFi terintegrasi sehingga mampu mendukung sistem monitoring berbasis IoT secara lebih efisien. Selain melakukan pengolahan data sensor, ESP32 juga berfungsi sebagai media transmisi data menuju platform monitoring melalui jaringan internet sehingga informasi kondisi ketinggian air dapat dipantau secara *real-time*. Sistem monitoring menggunakan sumber tegangan DC sebesar 9 volt yang berasal dari tegangan listrik PLN melalui adaptor atau *power supply*. Tegangan tersebut digunakan untuk menyuplai kebutuhan daya pada seluruh rangkaian sistem, termasuk mikrokontroler dan sensor ultrasonik. Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan menyusun algoritma pembacaan sensor, pengolahan data, serta pengiriman data menuju aplikasi monitoring secara otomatis dan kontinu.

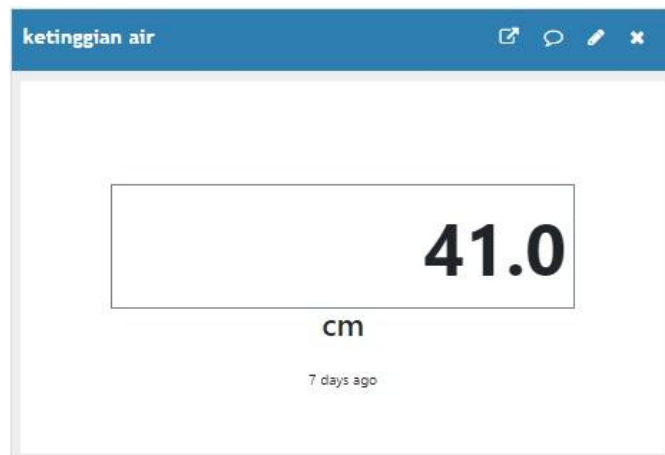


Gambar 2. Blok Diagram Sistem Monitoring Ketinggian Air

Tahap implementasi sistem dimulai dengan proses perakitan rangkaian listrik berdasarkan desain yang telah dirancang sebelumnya. Pada tahap ini dilakukan koneksi antar pin sensor ultrasonik JSN-SR04T dengan pin input/output yang dimiliki oleh mikrokontroler ESP32 menggunakan media kabel penghantar. Koneksi antar komponen harus dilakukan sesuai dengan konfigurasi pin yang telah ditentukan agar sistem dapat bekerja dengan baik. Setelah proses pemasangan kabel selesai dilakukan, tahap berikutnya adalah pengujian konektivitas rangkaian menggunakan multimeter. Pengujian koneksi kabel dilakukan dengan mengukur nilai hambatan (*resistansi*) pada setiap jalur koneksi antar pin komponen. Pengukuran hambatan bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh kabel telah terhubung dengan baik tanpa adanya kabel putus maupun hubungan yang tidak sempurna. Apabila hasil pengukuran menunjukkan nilai hambatan $\leq 10 \, \Omega$, maka koneksi antar

pin dinyatakan baik dan terhubung secara optimal. Sebaliknya, jika nilai hambatan $\geq 10 \Omega$ atau menunjukkan resistansi tak hingga, maka koneksi kabel dinyatakan bermasalah sehingga perlu dilakukan pemeriksaan dan perbaikan ulang pada jalur rangkaian.

Setelah seluruh rangkaian dipastikan terhubung dengan baik, dilakukan tahap pengujian sensor ultrasonik JSN-SR04T untuk mengetahui kemampuan sensor dalam membaca perubahan ketinggian air. Pengujian dilakukan dengan menggunakan media penampung air yang memiliki tinggi maksimum 1 meter. Sensor ultrasonik ditempatkan pada bagian atas media penampung air untuk mendeteksi jarak antara sensor dan permukaan air. Hasil pembacaan sensor kemudian dikirimkan menuju mikrokontroler ESP32 untuk diproses dan ditampilkan pada sistem monitoring berbasis IoT. Untuk memvalidasi hasil pengukuran sensor, dilakukan pengukuran manual menggunakan mistar sebagai nilai pembanding. Proses validasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor terhadap hasil pengukuran manual pada beberapa variasi ketinggian air. Tahap implementasi dan pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem monitoring yang dikembangkan mampu bekerja secara stabil, memiliki tingkat akurasi yang baik, serta dapat digunakan sebagai media monitoring ketinggian air secara real-time dalam mendukung keselamatan pelayanan.



Gambar 3. Tampilan Hasil Pengukuran Ketinggian Air

B. Analisis Kinerja Sensor JSN-SR04T

Pengujian sistem monitoring ketinggian air dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor ultrasonik JSN-SR04T dalam mengukur perubahan tinggi permukaan air pada sistem berbasis *Internet of Things* (IoT). Proses pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor yang ditampilkan melalui aplikasi monitoring pada perangkat ponsel dengan hasil pengukuran manual menggunakan mistar sebagai nilai referensi. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali pengukuran pada variasi ketinggian air yang berbeda untuk memperoleh tingkat konsistensi dan stabilitas pembacaan sensor.

Hasil pengukuran ketinggian air menggunakan sensor JSN-SR04T dan pengukuran manual ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan data tersebut, diperoleh nilai akurasi pengukuran yang bervariasi pada setiap pengujian. Nilai akurasi tertinggi diperoleh pada pengujian ke-3 dengan nilai sebesar 99,75% pada pengukuran sensor 40,3 cm dan pengukuran manual 40,2 cm. Sementara itu, nilai akurasi terendah diperoleh pada pengujian ke-4 dengan nilai sebesar 96,63% pada pengukuran sensor 50,4 cm dan pengukuran manual 48,7 cm. Perbedaan hasil pengukuran tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti sudut pantulan gelombang ultrasonik, riak permukaan air, serta sensitivitas sensor terhadap kondisi lingkungan sekitar. Secara keseluruhan, rata-rata akurasi sistem pengukuran ketinggian air yang diperoleh adalah sebesar 98,67%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sensor JSN-SR04T memiliki performa yang sangat baik dalam mendeteksi perubahan tinggi permukaan air. Tingkat kesalahan rata-rata pengukuran berada di bawah 1,5%, sehingga sistem monitoring dapat dikategorikan layak digunakan untuk aplikasi monitoring ketinggian air sungai secara *real-time*. Tingginya tingkat akurasi ini menunjukkan bahwa sensor mampu membaca jarak permukaan air dengan stabil dan konsisten meskipun dilakukan pada variasi ketinggian yang berbeda.

Kinerja sensor JSN-SR04T yang cukup tinggi dipengaruhi oleh karakteristik sensor yang telah dirancang khusus untuk lingkungan luar ruang (*outdoor*) dengan fitur *waterproof*. Sensor bekerja menggunakan prinsip pemancaran gelombang ultrasonik yang dipantulkan kembali oleh permukaan air menuju *receiver sensor*. Selisih waktu antara sinyal yang dipancarkan dan diterima kembali digunakan untuk menghitung jarak permukaan air terhadap sensor. Semakin kecil noise dan gangguan pada pantulan sinyal, maka semakin tinggi tingkat akurasi pengukuran yang dihasilkan.

Selain itu, implementasi teknologi IoT pada sistem monitoring memberikan keuntungan dalam proses pengiriman dan visualisasi data secara *real-time*. Data hasil pembacaan sensor dapat langsung dikirimkan menuju platform monitoring melalui jaringan internet sehingga mempermudah proses pemantauan kondisi ketinggian air dari jarak jauh. Sistem ini sangat mendukung implementasi keselamatan pelayaran karena operator kapal maupun pihak regulator dapat memperoleh informasi kondisi permukaan air secara cepat dan kontinu untuk menentukan jalur pelayaran yang aman.

Tabel 1. Jenis dan Ukuran Huruf

No	Pengukuran Sensor (cm)	Pengukuran Manual (cm)	Akurasi (%)
1	20,2	20,1	99,50
2	30,4	29,9	98,36
3	40,3	40,2	99,75
4	50,4	48,7	96,63
5	69,4	69,2	99,71
6	70,1	68,8	98,15
7	80,3	78,6	97,88
8	89,1	88,3	99,10
9	90	89,3	99,22
10	95,6	94,1	98,43

Meskipun sistem menunjukkan performa yang baik, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi ketidakakuratan hasil pengukuran, seperti gangguan gelombang air, perubahan suhu lingkungan, kelembapan udara, serta posisi pemasangan sensor terhadap permukaan air. Pada kondisi permukaan air yang tidak stabil, pantulan gelombang ultrasonik dapat mengalami difraksi sehingga menghasilkan pembacaan yang sedikit berbeda dibandingkan pengukuran manual. Namun demikian, selisih pengukuran yang terjadi masih berada pada batas toleransi sistem monitoring ketinggian air berbasis IoT. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, sistem monitoring ketinggian air menggunakan sensor JSN-SR04T berbasis Internet of Things mampu bekerja dengan baik dan memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Dengan rata-rata akurasi sebesar 98,67%, sistem ini dinilai efektif untuk diterapkan pada monitoring kondisi sungai secara real-time sebagai pendukung keselamatan pelayaran dan mitigasi risiko kecelakaan akibat perubahan ketinggian permukaan air.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, sistem monitoring ketinggian air berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan sensor ultrasonik JSN-SR04T dan mikrokontroler ESP32 berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik sebagai media monitoring kondisi permukaan air secara real-time. Sistem mampu melakukan proses akuisisi data, pengolahan, hingga pengiriman informasi ketinggian air melalui jaringan internet sehingga data dapat diakses secara jarak jauh menggunakan perangkat bergerak maupun komputer. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik JSN-SR04T memiliki performa pengukuran yang sangat baik dengan nilai rata-rata akurasi sebesar 98,67% dibandingkan pengukuran manual menggunakan mistar. Nilai akurasi tertinggi diperoleh sebesar 99,75%, sedangkan nilai akurasi terendah sebesar 96,63%. Tingkat kesalahan pengukuran yang relatif kecil menunjukkan bahwa sensor mampu membaca perubahan ketinggian air secara stabil dan konsisten pada berbagai variasi permukaan air. Implementasi teknologi IoT pada sistem monitoring juga memberikan keunggulan dalam proses pemantauan kondisi air secara real-time dan kontinu, sehingga informasi kondisi sungai dapat diperoleh dengan cepat untuk mendukung pengambilan keputusan dalam keselamatan pelayaran. Meskipun terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran, seperti riak permukaan air, sudut pantulan gelombang ultrasonik, dan kondisi lingkungan, sistem secara keseluruhan masih berada pada batas toleransi pengukuran yang baik. Dengan demikian, sistem monitoring ketinggian air menggunakan sensor JSN-SR04T berbasis IoT dinilai layak dan efektif untuk diterapkan sebagai sistem monitoring kondisi sungai dalam mendukung keselamatan pelayaran kapal penyeberangan serta mitigasi risiko kecelakaan akibat perubahan ketinggian permukaan air secara tiba-tiba.

DAFTAR PUSTAKA

- Abioye, E. A. et al. (2022). Internet of Things for water resource monitoring: A review. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s22072658>
- Ahmed, S. et al. (2024). Real-time IoT water monitoring system using ESP32 and cloud platform. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app14031245>

- Aprianti, N., Paniran, & Suksmadana, I. M. B. (2024). Sistem monitoring ketinggian permukaan air dan pengaturan otomatis pintu air berbasis Internet of Things. *Building of Informatics, Technology and Science*. <https://doi.org/10.47065/bits.v6i4.6924>
- Apsari, G. H. I., Pramono, S., & Zen, N. A. (2022). Implementation of linear regression using the JSN-SR04T sensor. *Journal of Electronics, Electrical Engineering, and Applied Science*. <https://doi.org/10.58436/jeepa.v2i2.1277>
- Ariyo, M. F., Irwansyah, & Triyono. (2025). Water level prediction based on Internet of Things and machine learning. *Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications*. <https://doi.org/10.59934/jaica.v5i3.2557>
- Az-Zikri, A. N., Indriyanto, S., & Wicaksono, A. (2024). Perancangan prototipe sistem monitoring level air tandon berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor ultrasonik JSN-SR04T. *Jurnal Sistem Informasi Dan Teknologi Komputasi*. <https://doi.org/10.61124/sinta.v2i1.38>
- Hasbullah, M. I., Osnin, N. A., & Salleh, N. H. M. (2023). A systematic review and meta-analysis on the development of aids to navigation. *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*. <https://doi.org/10.1080/18366503.2022.2055889>
- Johari, M., & Fahrudi, I. (2025). Automation of distribution tank water monitoring using ultrasonic sensors with fuzzy logic. *Jurnal JARTEL*. <https://doi.org/10.33795/jartel.v16i2.10135>
- Khan, M. A. et al. (2022). IoT-based smart flood monitoring and early warning system. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su141610238>
- Kim, H. et al. (2024). Low-cost ultrasonic water level monitoring system for river applications. *Measurement*. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2024.114673>
- Lee, J. et al. (2023). Wireless sensor networks for hydrological monitoring: A review. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s23063175>
- Putri, N. J., & Saputra, M. I. (2025). Sistem pemantauan level air berbasis IoT menggunakan mikrokontroler MAPPI32 dengan notifikasi Telegram Bot API. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*. <https://doi.org/10.23960/jitet.v14i1.8896>
- Raju, P. et al. (2023). Real-time river water level monitoring using IoT and cloud computing. *Electronics*. <https://doi.org/10.3390/electronics12061361>
- Silva, R. et al. (2025). IoT-based hydrological monitoring for smart waterways. *Journal of Marine Science and Engineering*. <https://doi.org/10.3390/jmse13020178>
- Wang, L. et al. (2025). Real-time water level monitoring based on ESP32 and edge intelligence. *IEEE Internet of Things Journal*. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2025.3456127>
- Zen, H., Kusuma, I. R., & Widjiati, E. (2023). Development of low-cost wave measurement model using ultrasonic sensor JSN-SR04T. *International Review on Modelling and Simulations*. <https://doi.org/10.15866/iremos.v16i2.23490>
- Zhang, Y. et al. (2023). Edge computing-based IoT architecture for environmental monitoring. *Future Internet*. <https://doi.org/10.3390/fi15030087>