

PERANCANGAN ALAT PENGUKUR TINGGI GELOMBANG LAUT BERBASIS SENSOR ULTRASONIK DAN INTERNET OF THINGS (IOT)

Muhammad Ghathfan Mansiz¹, Mochammad Meddy Danial², Arfena Deah Lestari³
ghathfanmansiz@gmail.com¹, meddydanial@civil.untan.ac.id², arfenadeah@teknik.untan.ac.id³
Universitas Tanjungpura Pontianak

ABSTRACT

Ultrasonic sensor-based water wave height measuring device is a device designed to measure wave height without direct interaction with water. The ultrasonic sensor used is the JSN-SR04T type because it has high sensitivity to distance variations, economical price, ease of maintenance, and availability of spare parts in the local market. This sensor is also equipped with Internet of Things (IoT) technology based on the ESP32 microcontroller, which allows measurement results to be sent and accessed in real-time via the internet network. The results of the water wave height measurement using the sensor showed that the maximum wave height detected was 3.69 cm, while the minimum wave was recorded at 2.14 cm with an average of 3.0660. Meanwhile, in the manual measurement, the maximum wave height reached 3.6 cm and the minimum was 2.2 cm with an average of 2.9625cm. After analysis, the final results show that this tool has an accuracy rate of 99.96%. The standard deviation value obtained from the sensor results is 0.345035, while the manual measurement is 0.345151. Thus, this tool is proven to be effective, reliable, and feasible to use as a modern solution in the Internet of Things (IoT)-based seawater wave height monitoring system.

Keywords: Water Wave, Ultrasonic Sensor JSN-SR04T, ESP32, Internet of Things (IoT).

ABSTRAK

Alat pengukur ketinggian gelombang air berbasis sensor ultrasonik merupakan perangkat inovatif yang dirancang untuk mengukur tinggi gelombang tanpa interaksi langsung dengan air. Sensor JSN-SR04T yang digunakan memiliki sensitivitas tinggi terhadap variasi jarak dan terhubung dengan mikrokontroler ESP32 berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini memungkinkan pengiriman data secara real-time melalui jaringan internet, memberikan kemudahan akses dan pemantauan jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini mampu mengukur tinggi gelombang maksimum sebesar 3,69 cm dan minimum 2,14 cm dengan rata-rata 3,0660 cm. Pengukuran manual menunjukkan hasil yang sebanding, dengan tinggi maksimum 3,6 cm dan minimum 2,2 cm. Perbandingan data menunjukkan tingkat akurasi sebesar 99,96%, menjadikan alat ini efektif, andal, dan layak digunakan sebagai solusi modern untuk sistem pemantauan tinggi gelombang laut berbasis IoT.

Kata Kunci: Gelombang Air, Sensor Ultrasonik JSN-SR04T, ESP 32, Internet Of Things (Iot).

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu Negara kepulauan terbesar dengan 17.499 pulau dan luas wilayah mencapai 3,25 juta km² dengan garis Pantai yang panjang, menjadikannya sebagai salah satu negara dengan wilayah lautan yang luas. Sekitar 70% dari total wilayah Indonesia adalah lautan, yang berperan penting dalam aktivitas ekonomi, termasuk pelayaran, perikanan, dan pariwisata. Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki aktivitas pelayaran yang memegang peranan vital dalam perekonomian nasional, lebih dari 50% total perdagangan bergantung pada transportasi laut [1].

Gelombang laut merupakan pergerakan dari air laut di permukaan dengan gerakan naik turun yang berbentuk sama seperti sinusoidal, yang dapat timbul diakibatkan oleh gaya pembangkit pada permukaan laut dengan macam pembangkit gelombang laut yaitu angin, gaya tarik menarik antar bumi, bulan dan matahari, gempa dan terakhir oleh Gerakan kapal

[2]. Akan tetapi, gelombang laut menjadi salah satu faktor utama yang dapat mempengaruhi keselamatan pelayaran, terutama di jalur-jalur pelayaran utama, karena gelombang yang tinggi dapat mengurangi stabilitas kapal dan meningkatkan risiko kecelakaan. Beberapa jenis alat pengukur tinggi gelombang yang telah digunakan antara lain yaitu Optical Wave Gauge, Wave Radar, Poles Visual Observation, wave buoy dan tide gauge. Optical Wave Gauge, merupakan alat ukur ketinggian air yang menggunakan bantuan kamera dengan prinsip triangulasi optic [3]. Wave radar merupakan alat sensor dengan prinsip kerja memancarkan gelombang akustik dengan frekuensi yang lebih rendah, dan pantulan gelombang tersebut akan ditangkap kembali oleh decoder[4]. Poles Visual Observation adalah Alat ukur gelombang, jenis ini termasuk dalam kategori alat ukur manual. Hal ini disebabkan oleh prinsip kerjanya yang mengukur ketinggian gelombang air menggunakan sebuah tiang pancang yang terdiri dari tiga kutub [5]. dan selanjutnya ada Wave Buoy yang merupakan alat apung yang digunakan untuk mengukur berbagai karakteristik gelombang laut, seperti tinggi, periode, dan arah [6]. wave buoy dengan sensor percepatan telah banyak digunakan untuk mengukur gelombang permukaan. Pelampung ini mengumpulkan data yang penting untuk navigasi maritim, penelitian, dan pemahaman kondisi oseanografi. Yang terakhir ada tide gauge adalah alat yang digunakan untuk memantau perubahan muka air laut di wilayah pesisir. Namun, perangkat ini memiliki keterbatasan, terutama dari segi biaya yang tinggi dan kurangnya fleksibilitas untuk kebutuhan lokal [7]. Dalam penelitian ini, penulis akan mengembangkan sebuah alat yang mampu mengukur ketinggian gelombang air laut secara real time, akurat, dan andal. Dengan memanfaatkan kemajuan teknologi sensor dan Internet of Things (IoT) yang terus berkembang. Alat ini dirancang untuk menggantikan metode pengukuran konvensional. Sistem ini memungkinkan proses pengukuran berlangsung secara kontinu tanpa memerlukan kehadiran operator didekat alat ukur[8].

Internet of Things adalah sebuah teknologi canggih yang pada dasarnya merujuk pada banyaknya device dan suatu system di seluruh dunia yang saling terhubung satu sama lain dengan menggunakan internet dan bisa saling berbagi data, teknologi –teknologi ini memiliki seperti sensor dan software, dengan tujuan untuk berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan bertukar data melalui perangkat lain selama masih terhubung dengan internet dan mendukung kinerja tanpa menggunakan bantuan kabel, dan berbasis wireless IoT memiliki hubungan yang erat dengan istilah machine-to-machine atau M2M [9]. Blynk adalah platform untuk IOS atau ANDROID yang digunakan untuk mengendalikan module arduino, Raspberry Pi, Wemos dan module sejenisnya melalui internet. Dari aplikasi inilah kita dapat mengontrol apapun dari jarak jauh dimana pun kita berada dengan catatan terhubung dengan internet. Hal inilah yang disebut dengan IOT (Internet of Things) [10].

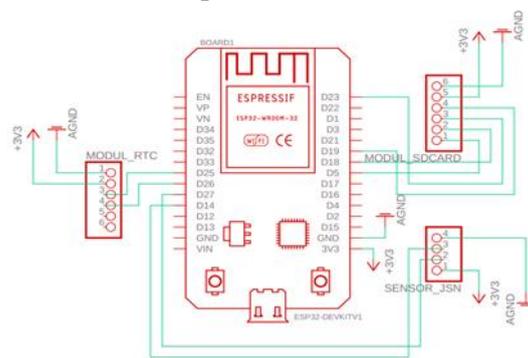
Arduino IDE adalah software yang digunakan untuk membuat sketch pemrograman atau dengan kata lain arduino IDE sebagai media untuk pemrograman pada board yang ingin diprogram. Arduino IDE ini berguna untuk mengedit, membuat, meng-upload ke board yang ditentukan, dan meng-coding program tertentu. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA, yang dilengkapi dengan library C/C++(wiring), yang membuat operasi input/output lebih mudah [11].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara kuantitatif dan eksperimental, dengan fokus pada pengumpulan data yang terstruktur dan terukur untuk menguji hipotesis yang diajukan. Penelitian kuantitatif merupakan metode penelitian yang mengandalkan teknik statistik dan pengukuran kuantitatif untuk mengumpulkan serta menganalisis data secara sistematis [12].

Dalam penelitian ini, pendekatan kuantitatif sangat relevan karena melibatkan pengukuran data yang akurat dan berbasis angka, yang diperoleh dari perangkat sensor dan IoT. Sedangkan, eksperimental merupakan metode yang dilakukan dengan memanipulasi variabel bebas untuk menguji hubungan sebab-akibat secara sistematis [13]. Pada penelitian ini metode pengumpulan data yang digunakan mealalui metode observasi. Observasi dilakukan tanpa adanya intervensi atau pengaruh langsung dari peneliti terhadap subjek yang diamati [14].

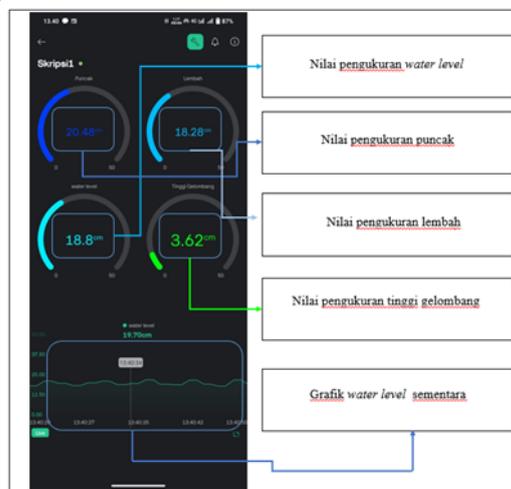
Pada penelitian ini dilakukan perancangan alat pengukur tinggi gelombang berbasis Internet of Things dengan memanfaatkan sensor ultrasonik JSN-SR04T yang terhubung dengan mikrokontroler ESP-32 serta mengetahui tingkat akurasi dari pengukuran tersebut. Penelitian ini terdiri dari dua tahapan yaitu perancangan dan pengujian alat. Pada tahapan perancangan alat, dibuat menggunakan rangkaian PCB yang telah dimodifikasi dan sensor ultrasonik JSN-SR04T disesuaikan dengan desain alat yang dikembangkan. Sedangkan pada tahapan pengujian alat meliputi mikrokontroler ESP-32 sensor ultrasonik JSN-SR04T, modul SD Card, RTC, serta komponen pendukung lainnya. Data hasil pengukuran, termasuk timestamp dan tinggi gelombang dalam satuan cm, disimpan ke dalam modul SD Card dalam format seperti "Tanggal, Waktu, water level, aksi, trend, puncak, lembah dan Tinggi Gelombang (cm)". Jika diperlukan, data dapat dikirim ke server IoT atau dashboard online melalui WiFi. Proses ini berlangsung secara looping, dengan pengukuran dilakukan dalam interval tertentu. Hasil akhir dalam penelitian ini berupa perbandingan dan interpretasi melalui rekomendasi dan keputusan berdasarkan hasil validasi [15].



Gambar 1. Rangkaian Alat

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Alat



Gambar 2. Hasil Pengujian Alat dengan Software Blynk

Pada percobaan untuk pengujian alat secara langsung, sensor ultrasonik JSN-SR04T diuji dengan memantulkan gelombang ultrasonik ke permukaan air di dalam wave tank guna melakukan pembacaan tinggi gelombang air. Pada Gambar 2 di atas dapat dilihat bahwa Serial Monitor yang terdapat di Blynk menunjukkan hasil pengukuran yang berhasil dilakukan oleh sensor JSN-SR04T dalam mendeteksi perubahan tinggi lembah puncak dan tinggi gelombang air serta water level secara real-time.



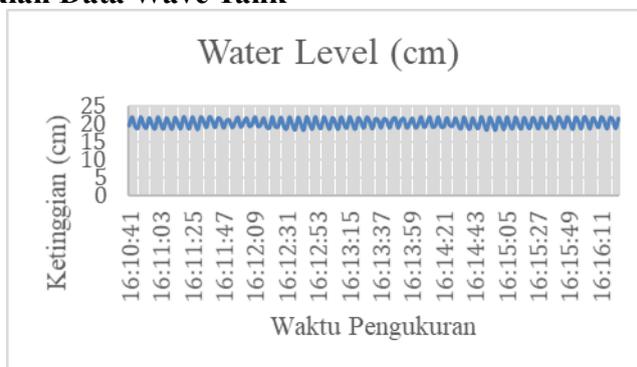
Gambar 3. Hasil Pengambilan Data dalam Wave Tank menggunakan sensor

Pada Gambar 3 merupakan hasil pengambilan data secara otomatis menggunakan perangkat yang telah dirancang. Pengujian dilakukan di dalam laboratorium dengan wave tank untuk mensimulasikan kondisi gelombang air. Data hasil pengukuran tinggi gelombang air disimpan secara otomatis pada modul SD Card dengan penandaan waktu dari RTC agar dapat dianalisis lebih lanjut



Gambar 4. Hasil Pengambilan Data dalam Wave Tank menggunakan sensor

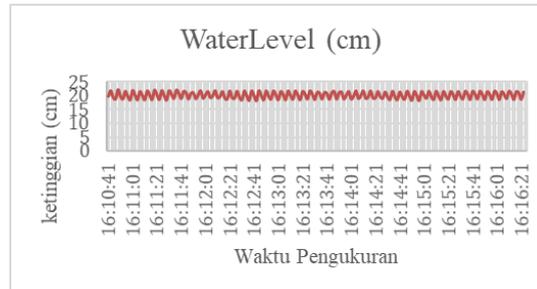
B. Hasil Pengumpulan Data Wave Tank



Gambar 5. Hasil Pengambilan Data dalam Wave Tank menggunakan sensor
 Pada gambar grafik 5 pengukuran water level menggunakan sensor memiliki rata-rata

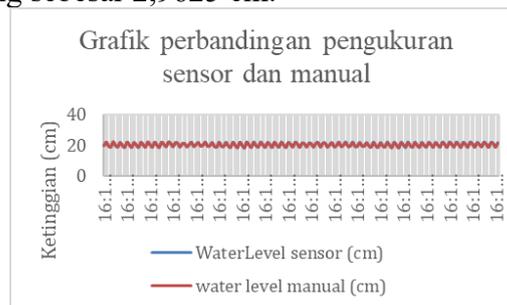
20.2367 dengan kenaikan air paling tinggi mencapai 22.04 cm dan penurunan air paling rendah mencapai 18.3 cm. Dari hasil pengukuran tersebut, diperoleh ketinggian gelombang (H_1) sebesar 3,21 cm. Gelombang tertinggi tercatat mencapai 3,69 cm, sedangkan gelombang terendah mencapai 2,14 cm. Berdasarkan perhitungan rata-rata, diperoleh nilai tinggi gelombang sebesar 3,0660 cm.

Sedangkan untuk pengukuran secara manual dapat dibuat grafik water level sebagai berikut:



Gambar 6. Hasil Pengambilan Data dalam Wave Tank menggunakan Manual

Dan pada gambar grafik 6 pengukuran water level secara manual memiliki rata-rata 20.1063 dengan kenaikan air paling tinggi mencapai 22.2 cm dan penurunan air paling rendah mencapai 18.2 cm. Dari hasil pengukuran manual, diperoleh tinggi gelombang (H_1) sebesar 3,1 cm. Dalam pengukuran tersebut, tinggi gelombang tertinggi mencapai 3,6 cm, sedangkan gelombang terendah mencapai 2,2 cm. Jika dirata-ratakan, maka diperoleh nilai rata-rata tinggi gelombang sebesar 2,9625 cm.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Sensor dan Manual

Perbandingan pada hasil pengukuran Penelitian di atas bertujuan untuk membandingkan hasil pengukuran tinggi gelombang air antara sistem sensor otomatis berbasis IoT dan metode manual, yang dilakukan selama periode waktu sekitar lima menit. Grafik yang digunakan merupakan grafik fluktuasi water level, di mana sumbu vertikal menunjukkan tinggi permukaan air dalam satuan sentimeter (cm), sedangkan sumbu horizontal menggambarkan waktu pengambilan data secara berkala. Hasil visualisasi data menunjukkan bahwa grafik dari sensor otomatis (garis biru) memiliki pola fluktuasi yang sangat mirip dengan data manual (garis oren). Keduanya menggambarkan perubahan tinggi gelombang air yang relatif stabil dalam kisaran 2,3 cm hingga 3,7 cm. Perbedaan kecil yang muncul antara kedua metode berada dalam batas toleransi yang wajar dan tidak signifikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor yang digunakan memiliki akurasi tinggi dan mampu menangkap dinamika permukaan air secara real-time dan berkesinambungan.

C. Perhitungan Deviasi Sensor dan Manual

Setelah melakukan pengukuran water level, diperoleh nilai puncak dan lembah untuk menghitung tinggi gelombang. Apabila data tinggi gelombang air (baik dari sensor maupun manual) telah didapatkan, langkah selanjutnya adalah menghitung deviasi dan deviasi kuadrat. Berikut adalah hasil perhitungannya.

Tabel 1. Perhitungan Deviasi

Sensor (cm)	Deviasi	Deviasi²	Manual (cm)	Deviasi	Deviasi²
3.21	0.14393	0.020715	3.1	0.13750	0.018906
3.14	0.07393	0.005465	3.5	0.53750	0.288906
3.14	0.07393	0.005465	3.2	0.23750	0.056406
3.33	0.26393	0.069658	3.5	0.53750	0.288906
3.14	0.07393	0.005465	3.1	0.13750	0.018906
3.14	0.07393	0.005465	3.2	0.23750	0.056406
3.34	0.27393	0.075037	3.5	0.53750	0.288906
3.45	0.38393	0.147401	3.5	0.53750	0.288906
2.9	-0.16607	0.027580	2.9	-0.06250	0.003906
2.97	-0.09607	0.009230	3.1	0.13750	0.018906
2.74	-0.32607	0.106323	2.8	-0.16250	0.026406
2.14	-0.92607	0.857608	2.2	-0.76250	0.581406
2.78	-0.28607	0.081837	2.8	-0.16250	0.026406
2.37	-0.69607	0.484515	2.3	-0.66250	0.438906
2.64	-0.42607	0.181537	2.6	-0.36250	0.131406
2.8	-0.26607	0.070794	2.8	-0.16250	0.026406
2.8	-0.26607	0.070794	2.7	-0.26250	0.068906
3.26	0.19393	0.037608	3.2	0.23750	0.056406
3.57	0.50393	0.253944	3.5	0.53750	0.288906
3.6	0.53393	0.285080	3.6	0.63750	0.406406
3.4	0.33393	0.111508	3.4	0.43750	0.191406
3.28	0.21393	0.045765	3.1	0.13750	0.018906
3.38	0.31393	0.098551	3.3	0.33750	0.113906
3.19	0.12393	0.015358	3.1	0.13750	0.018906
3.14	0.07393	0.005465	3.1	0.13750	0.018906
3.45	0.38393	0.147401	3.3	0.33750	0.113906
2.9	-0.16607	0.027580	2.8	-0.16250	0.026406
3.26	0.19393	0.037608	3.2	0.23750	0.056406
2.49	-0.57607	0.331858	2.4	-0.56250	0.316406
2.5	-0.56607	0.320437	2.5	-0.46250	0.213906
2.78	-0.28607	0.081837	2.8	-0.16250	0.026406
2.62	-0.44607	0.198980	2.6	-0.36250	0.131406
2.73	-0.33607	0.112944	2.8	-0.16250	0.026406
2.92	-0.14607	0.021337	2.8	-0.16250	0.026406
2.8	-0.26607	0.070794	2.7	-0.26250	0.068906
2.73	-0.33607	0.112944	2.5	-0.46250	0.213906
2.32	-0.74607	0.556623	2.2	-0.76250	0.581406
3.02	-0.04607	0.002123	2.8	-0.16250	0.026406
3.4	0.33393	0.111508	3.2	0.23750	0.056406
2.92	-0.14607	0.021337	2.7	-0.26250	0.068906
3.69	0.62393	0.389287	3.4	0.43750	0.191406
3.6	0.53393	0.285080	2.5	-0.46250	0.213906
3.38	0.31393	0.098551	3.2	0.23750	0.056406
3.29	0.22393	0.050144	3.1	0.13750	0.018906
3.33	0.26393	0.069658	3.2	0.23750	0.056406
3.09	0.02393	0.000573	2.8	-0.16250	0.026406
3.14	0.07393	0.005465	3	0.03750	0.001406
2.97	-0.09607	0.009230	2.8	-0.16250	0.026406
3.34	0.27393	0.075037	3	0.03750	0.001406

3.14	0.07393	0.005465	2.9	-0.06250	0.003906
3.48	0.41393	0.171337	3.3	0.33750	0.113906
3.19	0.12393	0.015358	2.9	-0.06250	0.003906
3.33	0.26393	0.069658	3	0.03750	0.001406
2.71	-0.35607	0.126787	2.5	-0.46250	0.213906
3.31	0.24393	0.059501	3.1	0.13750	0.018906
3.02	-0.04607	0.002123	2.8	-0.16250	0.026406

D. Perhitungan Deviasi Sensor dan Manual

Setelah melakukan pengujian dan memperoleh data yang diharapkan, langkah selanjutnya adalah membandingkan data aktual (hasil pengukuran manual menggunakan penggaris dengan bantuan ponsel untuk merekam) dengan data yang ingin divalidasi, yaitu hasil pengukuran dari alat. Hal ini dilakukan untuk memvalidasi bahwa alat yang dikembangkan dalam penelitian ini memenuhi parameter keberhasilan, yaitu akurasi perhitungan. Proses ini diperlukan untuk menentukan kelayakan alat, apakah dapat dinyatakan layak pakai atau tidak. Hasil perbandingan antara pengukuran tinggi gelombang menggunakan sensor dan metode manual menunjukkan bahwa deviasi standar hasil pengukuran sensor adalah 0.345035, sedangkan deviasi standar pengukuran manual menggunakan penggaris dan analisis rekaman video adalah 0.345151. Dengan demikian, akurasi pengukuran sensor terhadap metode manual dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Akurasi} = 0.345035/0.345151 \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = 99.96\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, pengukuran menggunakan sensor memiliki tingkat akurasi sebesar 99.96% jika dibandingkan dengan metode manual. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengukuran berbasis sensor yang dikembangkan memiliki keandalan tinggi dan mampu menghasilkan data yang mendekati metode referensi manual.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian alat, uji coba pengukuran, dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengukuran tinggi gelombang air secara real-time menggunakan sensor ultrasonik JSN-SR04T dan mikrokontroler ESP32 berbasis Internet of Things telah berhasil dilakukan di wave tank dengan tingkat akurasi tinggi. Hasil validasi menunjukkan bahwa sistem pengukuran otomatis ini memiliki akurasi sebesar 99,96% dibandingkan dengan metode manual, menjadikannya alat yang andal untuk pemantauan tinggi gelombang air secara efisien dan akurat
2. Implementasi teknologi Internet of Things (IoT) dalam sistem pemantauan tinggi gelombang memungkinkan akses data secara real-time dan pemantauan jarak jauh. Sistem ini memberikan kemudahan dalam memperoleh informasi kondisi gelombang dengan lebih cepat dan akurat, serta mendukung analisis lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensi pengolahan data, pengembangan model prediksi gelombang, dan validasi hasil pengukuran secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. F. Velegrakis, M. I. Vousdoukas, A. M. Vagenas, T. Karambas, K. Dimou, dan T. Zarkadas, "Field observations of waves generated by passing ships: A note," *Coastal Engineering*, vol. 54, no. 4, hlm. 369–375, 2007, doi: 10.1016/j.coastaleng.2006.11.001.
- A. Selay dkk., "Karimah Tauhid, Volume 1 Nomor 6 (2022), e-ISSN 2963-590X," *Karimah Tauhid*, vol. 1, no. 2963–590X, hlm. 861–862, 2022.
- Budiono M. M. Danial dan A. D. Lestari, "Perancangan Sistem Pengukuran Muka Air Di Muara

- Sungai Kapuas Dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Design Of Water Level Measurement System At Kapuas River Estuary By Using Arduino – Based Ultrasonic Sensor,” vol. 6, no. 2, hlm. 145–154, 2024, doi: 10.35308/jlik.v6i2.10116.
- D. Bakhtiar, A. Ashari, E. N. Herliany, dan L. Julianti, “Pengukuran Tinggi Gelombang Laut Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Internet of Things (IOT),” vol. 27, no. November, hlm. 507–514, 2024.
- D. S. Estu, M. Yantidewi, B. M. Rusdi, M. B. Adikuasa, dan M. Khoiro, “Alat Monitoring Ketinggian Air Laut Berbasis IOT dengan Nodemcu ESP32 DAN HC-SR04 IOT-Based Sea Water Level Monitoring Tool with Nodemcu ESP32 and HC-SR04,” *Jurna Kolaboratif Sains*, vol. 6, no. 7, hlm. 585–597, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/JKS>
- E. Munandar, I. Jaya, dan A. S. Atmadipoera, “Rancang Bangun Dan Uji Kinerja Wave Buoy Sebagai Alat Pengukur Tinggi Gelombang Pesisir,” *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, vol. 10, no. 1, hlm. 1–14, 2018, doi: 10.29244/jitkt.v10i1.21664.
- G. S. Payne, J.-B. Richon, D. Ingram, dan J. Spinneken, “Development and preliminary assessment of an optical wave gauge,” *8th European Wave and Tidal Energy Conference*, no. January, hlm. 160–167, 2009.
- I. Lesmana, R. D. CH. Pamikiran, dan I. L. Labaro, “Produksi dan produktivitas hasil tangkapan kapal tuna hand line yang berpangkalan di Kelurahan Mawali, Kecamatan Lembeh Utara, Kota Bitung (Production and productivity of the tuna hand line fishing boat at Mawali Village, North Lembeh District, Bitung Cit,” *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Perikanan Tangkap*, vol. 2, no. 6, hlm. 205–211, 2018, doi: 10.35800/jitpt.2.6.2017.16968.
- K. Kamal, Y. Firdayanti, U. M. Tyas, A. A. Buckhari, dan Pattasang, "Implementasi Aplikasi Arduino IDE pada Mata Kuliah Sistem Digital," *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, Apr. 2023, E-ISSN: 2987-257X.
- L. A. Fiorentino, R. Heitsenrether, dan W. Krug, “Wave Measurements From Radar Tide Gauges,” *Front Mar Sci*, vol. 6, no. October, hlm. 1–14, 2019, doi: 10.3389/fmars.2019.00586.
- M. Irfan Syahroni, “Prosedur Penelitian Kuantitatif,” *eJurnal Al Musthafa*, vol. 2, no. 3, hlm. 43–56, 2022, doi: 10.62552/ejam.v2i3.50.
- N. Wulandari dan H. Sholihin, “RANCANG BANGUN DAN UJI KINERJA WAVE BUOY SEBAGAI ALAT PENGUKUR TINGGI GELOMBANG PESISIR DESIGN,” *Tjyybjb.Ac.Cn*, vol. 27, no. 2, hlm. 58–66, 2019.
- S. Rahman, N. Y. Timang, dan A. Y. Baeda, “Akurasi Pengukuran Gelombang Di Depan Model Pemecah Gelombang Terapung,” *Zona Laut : Jurnal Inovasi Sains Dan Teknologi Kelautan*, vol. 3, no. 1, hlm. 45–53, 2023, doi: 10.62012/zl.v4i1.24302.
- Y. Herdiana dan A. Triatna, “Prototype Monitoring Ketinggian Air Berbasis Internet of Things Menggunakan Blynk Dan Nodemcu Esp8266 Pada Tangki,” *Jurnal Informatika-COMPUTING*, vol. 07, hlm. 1–11, 2020.
- Y. V. Oidkk., “PENGKURUAN FLUKTUASI MUKA AIR DI WAVE TANK”.