

Implementasi Protokol MQTT Berbasis *WiFi* untuk Monitoring Tinggi Muka Air Laut Secara Real-Time Menggunakan ESP32

Feri Irawan¹, Hollanda Arief Kusuma², Ayumi Chairunisa³

¹ Teknik Informatika, Universitas Maritim Raja Ali Haji

^{2,3} Teknik Elektro, Universitas Maritim Raja Ali Haji

feriirawan@umrah.ac.id, hollandakusuma@umrah.ac.id, ayumichairunisa@gmail.com

Abstract

Real-time sea level monitoring is an important requirement for coastal disaster mitigation and maritime area management. This study aims to implement a WiFi-based Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) protocol on a sea level monitoring system using ESP32. The system was developed using an MB7066 ultrasonic sensor to detect sea level height and an ESP32 microcontroller as the data processor and transmitter to the MQTT broker. Measurement data were displayed through a Node-RED dashboard and automatically stored in Google Sheets. System testing was conducted to analyze data transmission performance based on latency and packet loss parameters. The test results showed that the system was capable of transmitting real-time data with a packet loss value of 0.69% and an average latency of 2785,95 ms. In addition, the sensor calibration results showed an accuracy level of 94.23%, an RMSE value of 8.38 cm, and a coefficient of determination (R^2) of 0.9986. Based on the test results, the implementation of the WiFi-based MQTT protocol using ESP32 was able to support a real-time sea level monitoring system with low data loss and stable communication performance.

Keywords: Internet of Things, MQTT, ESP32, Node-RED, sea level monitoring.

Abstrak

Monitoring tinggi muka air laut secara real-time merupakan salah satu kebutuhan penting dalam mitigasi bencana pesisir dan pengelolaan wilayah maritim. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) berbasis *WiFi* pada sistem monitoring tinggi muka air laut menggunakan ESP32. Sistem dikembangkan menggunakan sensor ultrasonik MB7066 sebagai pendeteksi tinggi muka air laut dan ESP32 sebagai pengolah sekaligus pengirim data ke broker MQTT. Data hasil pengukuran ditampilkan melalui dashboard *Node-RED* dan disimpan secara otomatis pada *Google Sheets*. Pengujian sistem dilakukan untuk menganalisis performa transmisi data berdasarkan parameter *latensi* dan *packet loss*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan transmisi data secara *real-time* dengan nilai *packet loss* sebesar 0,69% dan rata-rata latensi sebesar 2785,95 ms. Selain itu, hasil kalibrasi sensor menunjukkan tingkat akurasi sebesar 94,23% dengan nilai RMSE sebesar 8,38 cm dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9986. Berdasarkan hasil pengujian, implementasi protokol MQTT berbasis *WiFi* menggunakan ESP32 mampu mendukung sistem monitoring tinggi muka air laut secara *real-time* dengan tingkat kehilangan data yang rendah dan performa komunikasi yang stabil.

Kata kunci: Internet of Things, MQTT, ESP32, Node-RED, monitoring tinggi muka air laut.

1. Pendahuluan

Perubahan tinggi muka air laut merupakan fenomena yang dipengaruhi oleh pasang surut, kondisi cuaca, perubahan iklim, dan aktivitas oseanografi lainnya. Monitoring tinggi muka air laut secara real-time sangat penting dalam mendukung keselamatan navigasi, mitigasi banjir pesisir, serta pengelolaan wilayah maritim[1]. Ketersediaan data tinggi muka air laut yang akurat dan dapat diakses secara cepat menjadi salah satu kebutuhan utama dalam sistem pemantauan lingkungan pesisir modern[2].

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan proses monitoring dilakukan secara otomatis dan *real-time* melalui integrasi sensor, mikrokontroler, serta jaringan komunikasi data[3].

Pada sistem monitoring berbasis IoT, proses transmisi data menjadi faktor penting karena menentukan kecepatan dan keandalan pengiriman data dari perangkat sensor menuju platform monitoring[4]. Salah satu protokol komunikasi yang banyak digunakan pada sistem IoT adalah *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT)[5]. Protokol MQTT memiliki karakteristik ringan, penggunaan *bandwidth* rendah, dan mendukung mekanisme *publish-subscribe* sehingga sesuai diterapkan pada perangkat dengan sumber daya terbatas seperti ESP32[6].

Beberapa penelitian sebelumnya telah menerapkan sistem monitoring tinggi muka air laut berbasis IoT[7]. Penelitian yang dilakukan oleh Kusuma dkk. mengembangkan sistem monitoring tinggi muka air laut menggunakan sensor MS5803-14A dengan

platform Ubidots dan memperoleh tingkat akurasi sebesar 99,47%, namun masih ditemukan kegagalan transmisi data menuju server[8]. Penelitian lain menggunakan sensor ADS1115 dan platform *ThingSpeak* menunjukkan nilai *packet loss* sebesar 7,86% pada proses transmisi data. Selain itu, penggunaan sensor ultrasonik MB7066 juga telah diterapkan pada sistem monitoring tinggi muka air sungai dan menunjukkan hasil pengukuran yang stabil untuk kebutuhan pemantauan lingkungan secara real-time[9].

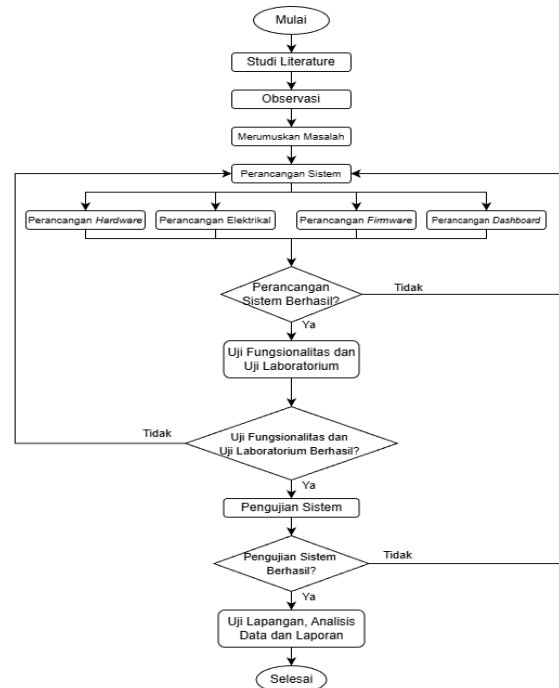
Meskipun berbagai penelitian monitoring tinggi muka air laut berbasis Internet of Things telah banyak dikembangkan, sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada akurasi sensor dan visualisasi data menggunakan platform cloud seperti Ubidots dan *ThingSpeak*[10]. Penelitian terdahulu belum secara khusus mengevaluasi performa komunikasi protokol MQTT berbasis WiFi pada sistem monitoring tinggi muka air laut menggunakan ESP32 dengan parameter Quality of Service (QoS) berupa latensi dan *packet loss* secara bersamaan[11]. Selain itu, integrasi Node-RED sebagai dashboard monitoring dan Google Sheets sebagai media penyimpanan data berbasis cloud masih jarang digunakan pada sistem monitoring tinggi muka air laut. Padahal kombinasi kedua platform tersebut menawarkan solusi yang ringan, mudah diimplementasikan, dan berbiaya rendah untuk kebutuhan monitoring real-time[12]. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan sistem monitoring tinggi muka air laut yang mengintegrasikan sensor ultrasonik MB7066, ESP32, protokol MQTT, Node-RED, dan *Google Sheets* dalam satu platform monitoring real-time. Penelitian ini tidak hanya mengevaluasi akurasi pengukuran sensor, tetapi juga menganalisis performa komunikasi data melalui parameter latensi dan *packet loss* sehingga memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai keandalan sistem monitoring berbasis IoT[13].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengimplementasikan protokol MQTT berbasis WiFi pada sistem monitoring tinggi muka air laut secara real-time menggunakan ESP32. Sistem dikembangkan menggunakan sensor ultrasonik MB7066 sebagai pendeteksi tinggi muka air laut, *Node-RED* sebagai dashboard monitoring, dan *Google Sheets* sebagai media penyimpanan data[14]. Kinerja sistem dianalisis berdasarkan parameter latensi dan *packet loss* untuk mengetahui performa komunikasi data pada implementasi MQTT berbasis WiFi[15]. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem monitoring lingkungan berbasis *Internet of Things* yang andal dan efisien.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan studi literatur terkait sistem transmisi data MQTT berbasis WiFi, sensor MB7066, serta parameter latensi dan *packet loss*[16].

Selanjutnya dilakukan observasi lokasi pengujian untuk memastikan kestabilan jaringan WiFi. Tahap berikutnya meliputi perancangan sistem yang terdiri dari perancangan *hardware*, rangkaian elektrik, firmware ESP32, dan dashboard monitoring agar sistem dapat bekerja sesuai rancangan.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Flowchart penelitian menggambarkan tahapan penelitian mulai dari studi literatur hingga implementasi sistem. Penelitian diawali dengan studi literatur terkait *Internet of Things* (IoT), protokol MQTT, komunikasi data berbasis WiFi, sensor MB7066, serta parameter pengujian latensi dan *packet loss*. Selanjutnya dilakukan observasi lapangan untuk menentukan lokasi pengujian dan mengetahui kondisi jaringan WiFi pada sistem monitoring[17].

Setelah observasi dilakukan, penelitian dilanjutkan dengan perumusan masalah dan perancangan sistem. Tahap perancangan meliputi perancangan *hardware*, elektrik, firmware ESP32, dan dashboard monitoring berbasis *Node-RED*.

Pada tahap perancangan hardware dilakukan integrasi sensor MB7066, ESP32, dan modul pendukung lainnya. Perancangan elektrik dilakukan untuk menyusun rangkaian sistem, sedangkan perancangan *firmware* dilakukan pada ESP32 untuk pembacaan sensor dan pengiriman data menggunakan protokol MQTT. Dashboard monitoring dikembangkan menggunakan *Node-RED* untuk menampilkan data secara *real-time*[18].

Sistem yang telah dirancang kemudian diuji melalui uji fungsionalitas dan uji laboratorium untuk memastikan seluruh komponen dan komunikasi data berjalan

dengan baik. Jika sistem belum berjalan sesuai rancangan, maka dilakukan perbaikan pada tahap perancangan. Selanjutnya, dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan untuk mengetahui performa monitoring dan transmisi data[19].

Tahap akhir penelitian meliputi uji lapangan, analisis data hasil pengujian, dan penyusunan laporan penelitian. Analisis dilakukan berdasarkan parameter latensi, packet loss, dan hasil pembacaan sensor untuk mengevaluasi performa sistem monitoring tinggi muka air laut berbasis MQTT dan WiFi. Untuk mengukur latensi dengan menggunakan Persamaan 1.

$$Latensi = waktu\ data\ diterima - waktu\ data\ dikirim \quad (1)$$

Tabel 1. Standarisasi Nilai Latensi

Kategori	Latensi
Sangat Bagus	< 150 ms
Bagus	150 - 300 ms
Sedang	300 - 450 ms
Buruk	> 450 ms

Sumber : [20]

Untuk mengukur *packet loss* dengan menggunakan Persamaan 2.

$$Packet\ Loss = \frac{(Packet\ data\ dikirim - paket\ data\ diterima)}{paket\ data\ dikirim} \times 100\% \quad (2)$$

Tabel 2. Standarisasi Packet Loss

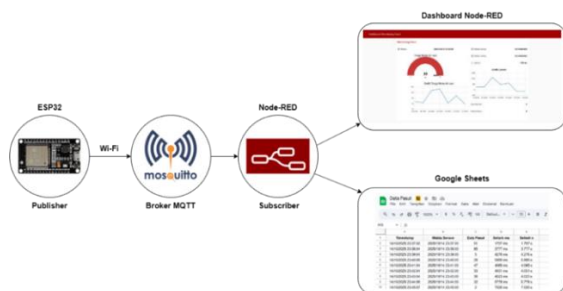
Kategori	Packet Loss
Sangat Bagus	0%
Bagus	3%
Sedang	15%
Buruk	25%

Sumber : [21]

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Implementasi Sistem

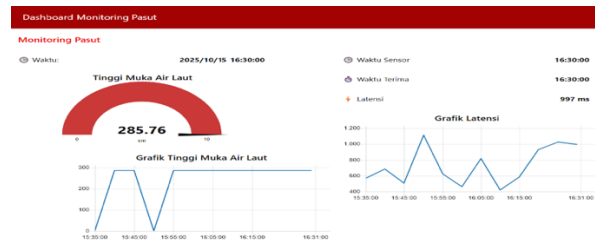
Sistem monitoring tinggi muka air laut dikembangkan menggunakan sensor ultrasonik MB7066 dan ESP32. Sensor digunakan untuk mengukur tinggi muka air laut, sedangkan ESP32 berfungsi mengolah dan mengirim data menggunakan protokol MQTT melalui jaringan WiFi. Data yang dikirim diterima oleh Node-RED melalui mekanisme *publish-subscribe*[22].



Gambar. 2 Topologi Sistem

3.2 Dashboard Monitoring

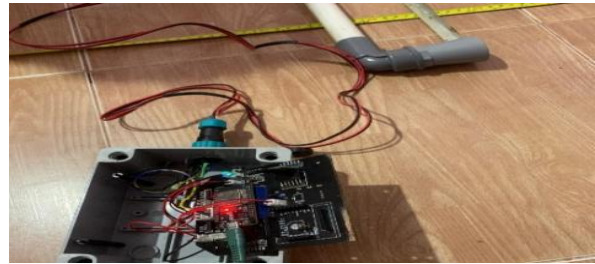
Dashboard monitoring dikembangkan menggunakan *Node-RED* berbasis web untuk menampilkan data hasil pengukuran secara *real-time*. Dashboard menampilkan nilai tinggi muka air laut, grafik perubahan data, serta status koneksi sistem. Selain itu, *Node-RED* juga digunakan untuk meneruskan data menuju *Google Sheets* sebagai media penyimpanan berbasis cloud[23].



Gambar 3. Dashboard Node-RED

3.3 Pengujian Sensor MB7066

Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor MB7066 dalam mengukur tinggi muka air laut[24]. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor terhadap pengukuran referensi menggunakan mistar ukur.



Gambar 4. Pengujian Kalibrasi Sensor MB7066

Hasil kalibrasi sensor MB7066 yang memuat parameter regresi, nilai tingkat kesalahan (*error*), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan akurasi untuk menilai performa pengukuran sensor. Rata-rata tingkat kesalahan (*error*) sebesar 5,77%, nilai RMSE sebesar 8,38 cm, dan akurasi sensor sebesar 94,23%. Nilai ini menunjukkan bahwa sensor MB7066 mampu memberikan hasil pengukuran yang cukup akurat, dengan deviasi sekitar 8 cm dari nilai pengukuran sesungguhnya.

Tabel 3. Hasil Kalibrasi Sensor MB7066

	Sensor MB7066
Slope	1,0298
Intercept	2,8639
R ²	0,9986
Tingkat Kesalahan (<i>Error</i>)	5,77 %
RMSE	8,38 cm
Akurasi	94,23 %

3.4 Latensi dan Packet Loss

Pengujian latensi dilakukan untuk mengukur waktu tunda transmisi data dari perangkat menuju *Google*

Sheets melalui broker MQTT dan *Node-RED*[25]. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata latensi sebesar 2785,96 ms dengan nilai minimum 1614 ms dan maksimum 5971 ms. Variasi nilai latensi yang diperoleh dipengaruhi oleh kondisi jaringan *WiFi* dan waktu respons server selama proses transmisi data berlangsung[26].

Tabel 4. Hasil Analisis Statistik Uji Latensi Uji Latensi

Banyak Data	120
Min	1614 ms
Max	5971 ms
Rata-rata Latensi	2785,95 ms
Median	2193 ms
Simpangan Baku	1025,92 ms

Perhitungan *packet loss* dilakukan dengan membandingkan jumlah data yang dikirim dan data yang diterima pada *database online*. Hasil pengujian menunjukkan nilai *packet loss* sebesar 2% pada hari pertama, 17% pada hari kedua, dan 0% pada hari ketiga. Variasi nilai *packet loss* tersebut dipengaruhi oleh kondisi jaringan dan lingkungan selama pengujian. Secara umum, sistem masih mampu melakukan transmisi data dengan tingkat kehilangan data yang relatif rendah[27].

Tabel 5 Data *Packet Loss* Harian

Pengujian	Data Terkirim	Data Diterima	<i>Packet Loss</i>
Hari Pertama		281	2%
Hari Kedua	288	239	17%
Hari Ketiga		288	0%

3.5 Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MB7066 memiliki tingkat akurasi sebesar 94,23% dengan nilai RMSE 8,38 cm dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9986. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sensor mampu memberikan hasil pengukuran yang konsisten terhadap data referensi. Jika dibandingkan dengan penelitian Kusuma dkk[10], yang menggunakan sensor tekanan MS5803-14A dan memperoleh akurasi sebesar 99,47%, akurasi yang diperoleh pada penelitian ini memang lebih rendah, namun masih berada pada kategori baik untuk kebutuhan monitoring tinggi muka air laut secara real-time.

Dari sisi komunikasi data, implementasi MQTT berbasis *WiFi* menghasilkan rata-rata latensi sebesar 2785,95 ms. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan standar QoS TIPHON untuk kategori layanan real-time, yang menunjukkan bahwa waktu respons sistem masih dipengaruhi oleh kualitas jaringan *WiFi* dan waktu respons *server cloud*. Meskipun demikian, seluruh data pengukuran tetap berhasil diterima dan ditampilkan secara *real-time* pada dashboard *Node-RED*.

Hasil *packet loss* menunjukkan nilai 2% pada hari pertama, 17% pada hari kedua, dan 0% pada hari

ketiga. Rata-rata *packet loss* yang diperoleh masih lebih baik dibandingkan penelitian sebelumnya yang melaporkan *packet loss* sebesar 7,86% pada sistem monitoring berbasis *ThingSpeak*. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan MQTT dengan mekanisme *publish-subscribe* mampu meningkatkan keandalan pengiriman data pada sistem monitoring berbasis IoT[15].

Integrasi *Node-RED* sebagai dashboard monitoring dan *Google Sheets* sebagai media penyimpanan data juga memberikan keunggulan berupa kemudahan implementasi, visualisasi data secara real-time, serta penyimpanan data berbasis cloud tanpa memerlukan server khusus. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya mampu melakukan monitoring tinggi muka air laut secara real-time, tetapi juga menyediakan solusi yang relatif sederhana, ekonomis, dan mudah dikembangkan untuk kebutuhan monitoring lingkungan pesisir[27].

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan protokol MQTT berbasis *WiFi* pada sistem monitoring tinggi muka air laut secara real-time menggunakan ESP32 dan sensor ultrasonik MB7066. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan pengukuran, pengiriman, dan monitoring data secara *real-time* melalui dashboard *Node-RED* serta penyimpanan data pada *Google Sheets*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MB7066 memiliki tingkat akurasi sebesar 94,23% dengan nilai RMSE sebesar 8,38 cm dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9986. Implementasi MQTT berbasis *WiFi* menghasilkan rata-rata latensi sebesar 2785,95 ms dengan tingkat *packet loss* yang relatif rendah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mendukung proses monitoring tinggi muka air laut secara real-time dengan komunikasi data yang cukup andal. Kontribusi utama penelitian ini adalah penyediaan sistem monitoring tinggi muka air laut berbasis IoT yang tidak hanya melakukan pengukuran dan visualisasi data, tetapi juga mengevaluasi performa komunikasi MQTT melalui parameter QoS berupa latensi dan *packet loss*.

Sistem yang dikembangkan berpotensi diterapkan sebagai solusi monitoring lingkungan pesisir berbasis *Internet of Things* (IoT), khususnya untuk pemantauan tinggi muka air laut secara *real-time*. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan pengembangan sistem menggunakan jaringan komunikasi yang lebih stabil serta penambahan fitur notifikasi dan penyimpanan data berbasis *cloud server* untuk meningkatkan performa sistem monitoring.

Daftar Rujukan

- [1] I. Maya Oktavian and N. Fitrianiingsih Hasan, "Perancangan sistem monitoring deteksi banjir berbasis IoT," *Journal of Informatics*, vol. 01, no. 1, 2026, doi: 10.31315/jiitecs.vxxix.xxx.
- [2] S. Maulana and B. Gunawan, "Perancangan Sistem Pengering Biji Kopi Hybrid Berbasis IoT Dengan Sistem Monitoring Web Real - Time," *Jurnal Ilmiah Global Education*, vol. 7, no. 2, pp. 1161–1179, Apr. 2026, <https://doi.org/10.55681/jige.v7i2.5906>
- [3] M Mahrus Hidayat, Agus Dwi Santoso, and Maulidiah Rahmawati, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Cuaca Berbasis Google Spreadsheet Untuk Nelayan Di Wilayah Pesisir Pantai," *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, vol. 3, no. 2, pp. 11–27, May 2024, <https://doi.org/10.55606/jtmei.v3i2.3748>
- [4] A. K. SAPUTRO, R. ALFITA, M. A. ZUHUDI, M. HARDIWANSYAH, D. T. LAKSONO, and D. N. PURNAMASARI, "Fuzzy Logic Based LoRa and IoT Smart Buoy for Sea Wave Monitoring in Madura," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 14, no. 1, p. 26, Jan. 2026, <https://doi.org/10.26760/elkomika.v14i1.26>
- [5] S. A. Sukarno and R. Ridwan, "RANCANG BANGUN DATALOGGER PADA UNMANNED SURFACE VEHICLE UNTUK MONITORING POSISI DAN HEADING KAPAL BERBASIS INTERNET OF THINGS," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 2, Apr. 2024, <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i2.4195>
- [6] M. J. A. Baig, M. T. Iqbal, M. Jamil, and J. Khan, "Design and implementation of an open-Source IoT and blockchain-based peer-to-peer energy trading platform using ESP32-S2, Node-Red and, MQTT protocol," *Energy Reports*, vol. 7, pp. 5733–5746, Nov. 2021, <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.08.190>
- [7] H. Arief Kusuma, M. Aris Akbar, T. Suhendra, A. Zuchriadi, A. Kitsash Addisfyukha Cintra, and M. Rajal Ali Haji, "IoT Sea Level Monitoring Development and Field Testing Study," *Jurnal ELECTRON*, vol. 4, no. 2, pp. 70–77, 2023, <https://doi.org/10.33019/electron.v4i2.50>
- [8] F. Wadly, Z. Ramadhan, and D. Alfisyahri Sitompul, "Internet of Things Based Tidal Monitoring System at Kurnia My Darling Beach," *Journal of Information Technology, computer science and Electrical Engineering (JITCSE)*, vol. 1, no. 3, pp. 436–443, 2024, doi: 10.30596/jitcse.
- [9] E. Skoubris and G. Hloupis, "An AI powered, Low-Cost, IoT Node Oriented to Flood Early Warning Systems †," p. 15, 2023, doi: 10.3390/xxxxx.
- [10] H. A. Kusuma, F. Egistian, A. K. A. Cintra, and D. E. D. Setyono, "Tidal Analysis and Implementasion of an Internet of Things (IoT) Sea Level Monitoring Device in Coastal Region," *Jurnal Kelautan Tropis*, vol. 27, no. 1, pp. 93–102, Mar. 2024, <https://doi.org/10.14710/jkt.v27i1.21983>.
- [11] Y. Natasya and H. Santoso, "PROTOTIPE APLIKASI SMART LIGHTING UNTUK MENGONTROL LAMPU JALAN BERBASIS ANDROID MENGGUNAKAN ESP32," *SIBATIK JOURNAL | VOLUME*, vol. 2, no. 8, 2023, doi: 10.54443/sibatik.v2i8.1298.
- [12] D. Huynh and M. Anh, "Mesh Network Based on MQTT Broker for Smart Home and IIoT Factory ASEAN Journal of Science and Engineering," *ASEAN Journal of Science and Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 173–180, 2022, <https://doi.org/10.17509/ajse.v2i2.39080>
- [13] A. K. Kayode, O. I. Uzougbo, and O. A. Olanrewaju, "Node-RED and IoT Analytics: A Real-Time Data Processing and Visualization Platform The Federal Polytechnic, Ado-Ekiti Node-RED and IoT Analytics: A Real-Time Data Processing and Visualization Platform," *TSPAS) A Subsidiary of Tech-Sphere Multidisciplinary International Journal (TSMIJ)*, vol. 1, pp. 3672–4648, 2024, doi: 10.5281/zenodo.13856860.
- [14] M. Khalid, R. Akram, and K. Muttaqin, "Sistem Monitoring Pasang Surut Air Laut Berbasis Web Menggunakan Fuzzy Logic Pada Kuala Langsa," *Journal of Information and Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 65–69, Sep. 2022, <https://doi.org/10.32938/jitu.v2i2.3254>
- [15] H. B. Surbakti, J. G. A. Ginting, S. Romadhona, M. B. Ginting, and K. Ni'amah, "SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA RUANGAN DENGAN PROTOKOL MQTT BERBASIS INTERNET OF THINGS," *Jurnal SINTA: Sistem Informasi dan Teknologi Komputasi*, vol. 1, no. 3, Aug. 2024, <https://doi.org/10.61124/sinta.v1i3.25>
- [16] I. Sukma *et al.*, "Real-time wireless temperature measurement system of infant incubator," *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 13, no. 1, pp. 1152–1160, Feb. 2023, <https://doi.org/10.11591/ijece.v13i1.pp1152-1160>
- [17] D. Singh, R. Singh, A. Gupta, and A. V. Pawar, "Message queue telemetry transport and lightweight machine-to-machine comparison based on performance efficiency under various scenarios," *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 12, no. 6, pp. 6293–6302, Dec. 2022, <https://doi.org/10.11591/ijece.v12i6.pp6293-6302>
- [18] M. R. Putri, F. X. A. Setyawan, and S. Sumadi, "SISTEM KONTROL BEBAN DAN MONITORING DAYA BATERAI PADA PANEL SURYA 50WP UNTUK APLIKASI PENERANGAN BERBASIS INTERNET OF THINGS," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 10, no. 3, Aug. 2022, <https://doi.org/10.23960/jitet.v10i3.2640>.
- [19] S. Romadhona, Z. Hanni Pradana, S. Larasati, and S. L. Br Perangin-angin, "PRTOTIPE MONITORING SUHU DAN KELEMBAPAN PADA BUDIDAYA KELINCI DENGAN KOMUNIKASI MODBUS PADA SENSOR XY-MD02," *Jurnal SINTA: Sistem Informasi dan Teknologi Komputasi*, vol. 1, no. 3, Jul. 2024, <https://doi.org/10.61124/sinta.v1i3.21>
- [20] S. Andriyanto, P. Manufaktur Negeri Bangka Belitung, and J. Teknik Elektro dan Informatika, "Monitoring Aliran Arus Pasang Surut Air Laut Berbasis Arduino," *Jurnal ELECTRA : Electrical Engineering Articles*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2021, <https://doi.org/10.25273/electra.v2i1.9801>
- [21] Sigit Prakosa Adhi Nugraha, Lilo Sunuharjo, and Muhammad 'Atiq, "Komunikasi Arduino I2C, SPI dan UART," *Switch : Jurnal Sains dan Teknologi Informasi*, vol. 2, no. 5, pp. 80–85, Aug. 2024, <https://doi.org/10.62951/switch.v2i5.187>
- [22] A. K. Al-Attabi and M. K. Hussein, "REMOTE MONITORING OF OIL PIPELINES' CATHODIC PROTECTION SYSTEM VIA GSM/GPRS MODEM AND THE THINGSPEAK PLATFORM," *Diagnostyka*, vol. 23, no. 3, 2022, <https://doi.org/10.29354/diag/152481>
- [23] I. Albanna, "Implementasi NRF24L01 sebagai Perantara Komunikasi Protokol ShockBurst dan TCP-IP dalam Transmisi Basis Data IoT," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, vol. 1, 2024.
- [24] I. Albanna and B. Kurniawan, "Komunikasi Multi-Perangkat dan Manajemen Aliran Data dalam Sistem Internet of Things Menggunakan Node-Red Article History ABSTRAK," *Jurnal Riset Inovasi Bidang Informatika Dan Pendidikan Informatika (KERNEL)*, vol. 4, no. 1, 2023, <https://doi.org/10.31284/j.kernel.2023.v4i1.5514>
- [25] K. A. B. Wicaksana, I. K. Sukayasa, I. N. Sugiarta, and A. A. G. M. Suarjana, "Development of a Google Sheet-Based Application for Handling Foreign Patients' Health Insurance

-
- Claims,” 2024, pp. 495–502. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-622-2_55
- [26] M. Ardita and M. Orisa, “Wi-Fi-Based Internet of Things (IoT) Data Communication Performance in Dense Wireless Network Traffic Conditions,” 2021. [Online]. Available: <http://jurnal.unmer.ac.id/index.php/jeemecs>
<https://doi.org/10.26905/jeemecs.v4i1.5746>
- [27] A. Kurniawan, M. Data, and D. P. Kartikasari, “Pengujian Kinerja MQTT Broker berbasis Kontainer menggunakan Docker pada Perangkat Raspberry Pi,” 2021. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>