Integration of IoT and Smart Sensor Technology for Multi-Parameter Monitoring of Seawater Quality

(*Integrasi Teknologi Internet of Things (IoT) dan Sensor Cerdas untuk Pemantauan Multi-Parameter Kualitas Air Laut*)

Handy I. R. Mosey[1*], Andi I. Bakti[1], Maria D. Bobanto[1], Mans L. Mananohas[2]

1. Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Sulawesi Utara
2. Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Sulawesi Utara

*Penulis Korespondensi: hirmosey@unsrat.ac.id

ABSTRACT

This study designs and implements a portable water quality measuring device as an alternative solution for monitoring the physical parameters of seawater. The system is developed to measure sea surface temperature, Total Dissolved Solids (TDS), and electrical conductivity (EC). It employs a Keystone TDS v1.0 sensor and a DS18B20 temperature sensor. A NodeMCU V3 microcontroller module equipped with Wi-Fi is used as the data processor for sensor readings and as the data transmitter to the internet via a modem. The measurement data are transmitted wirelessly and displayed through the Internet of Things (IoT) applications Blynk and Telegram. Device calibration was carried out using a comparative method compared to standard instruments at the Basic Physics Laboratory, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sam Ratulangi University (FMIPA-UNSRAT). Performance testing was conducted in the Manado Reclamation Coastal Area on October 17, 2025. The sensor measurement data were validated using the Root Mean Square Error (RMSE) method to evaluate sensor accuracy, yielding an RMSE value of 1.887 with a standard deviation of 0.295. The validation results indicate that the sensor's data reading accuracy is considerably high.

Keywords: water quality, physical parameter, internet of things, sensor

ABSTRAK

Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan perangkat pengukur kualitas air portabel sebagai solusi alternatif untuk pemantauan parameter fisika air laut. Sistem dirancang untuk memantau suhu permukaan, *Total Dissolved Solid (TDS),* dan konduktivitas Listrik. Sistem ini dirancang dengan menggunakan sensor TDS v1.0 dari keystone dan sensor suhu *DS18B20*. Modul mikrokontroler NodeMCU V3 yang telah dilengkapi WiFi digunakan sebagai pemroses data pembacaan sensor dan sebagai pengirim data pengukuran ke jaringan internet melalui modem. Data hasil pengukuran dikirim secara nirkabel selanjutnya ditampilkan melalui aplikasi *Internet of Things (IoT)* Blynk dan aplikasi Telegram. Kalibrasi perangkat dilakukan dengan metode komparatif terhadap alat standar pada Laboratorium Fisika Dasar FMIPA-UNSRAT. Uji performa perangkat dilaksanakan di Kawasan Reklamasi Pantai Manao pada 17 Oktober 2025. Data hasil pengukuran sensor divalidasi dengan menggunakan metode *Root Mean Square Error (RMSE)* untuk mengukur tingkat akurasi sensor, dengan nilai sebesar RMSE sebesar 1,887 dengan standar deviasi sebesar 0,295. Hasil validasi menunjukkan bahwa akurasi pembacaan data sensor sangat tinggi.

Kata kunci: kualitas air, parameter fisika air, internet of things, sensor

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir memiliki kerentanan yang tinggi terhadap berbagai ancaman. Ancaman ini datang dari dua sisi, yaitu dari bencana alam dan aktivitas manusia (Alseari *et al.*, 2024). Bencana alam yang dapat memengaruhi wilayah pesisir meliputi banjir, dampak badai, naiknya permukaan air laut, dan erosi Pantai (Acosta-Coll *et al*., 2018). Sementara itu, aktivitas manusia yang berkontribusi terhadap kerentanan ini mencakup urbanisasi, industrialisasi, dan transportasi (Armenio *et al.*, 2019). Dengan semakin meningkatnya perkembangan ini, parameter fisika, biologi dan kimia air laut pada wilayah pesisir menjadi semakin dinamis. Oleh karena itu perangkat pengukuran parameter air laut secara real-time menjadi kebutuhan yang sangat mendesak (Beula *et al.*, 2025).

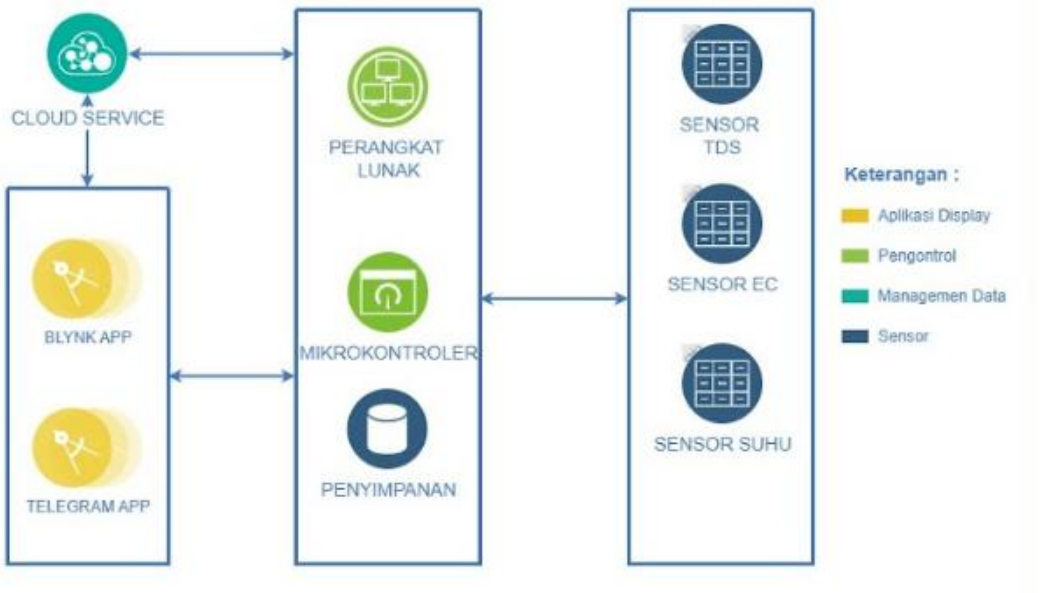
Teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan potensi penggunaan sensor secara lebih luas, terutama ketika diintegrasikan dengan layanan cloud untuk pertukaran data (Boni *et al.*, 2021). Perangkat yang terhubung dengan Internet of Things (IoT) dapat digunakan untuk mendapatkan data kondisi lingkungan secara langsung dari lapangan (Mala *et al.*, 2025) dengan lebih mudah dan murah (Mosey *et al*., 2019). Data ini kemudian dapat diolah menjadi visualisasi grafis yang dapat diakses oleh pengguna hanya dalam hitungan detik sehingga pengguna dapat mengambil keputusan yang lebih cepat dan tepat (Bates *et al.*, 2021). Teknologi IoT telah digunakan oleh banyak peneliti dalam melakukan pemantauan secara real-time dan untuk mitigasi (Girau *et al*., 2020).

Penelitian ini melakukan pengembangan alat pengukur parameter fisika air laut yakni suhu, *TDS (Total Dissolved Solid)* dan *EC (Electrical Conductivity)* yang mampu menyediakan data secara *real-time* dan dapat ditempatkan di berbagai lokasi strategis atau juga dapat digunakan sebagai alat yang *portable*. Alat pengukur ini terdiri atas modul mikrokontroler NodeMCU V3 yang telah dilengkapi dengan modul komunikasi WiFi ESP8266, sensor TDS dan EC dari keyestudio V1.0 dan sensor suhu tahan air DS18B20. Untuk menampilkan data pengukuran, digunakan aplikasi IoT Blynk dan aplikasi Telegram.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, pendekatan yang dipakai adalah penelitian dan pengembangan. Proses diawali dengan merumuskan masalah yang akan diteliti. Setelah itu, peneliti menelaah berbagai referensi seperti pustaka, jurnal, dan hasil penelitian sebelumnya. Pada akhirnya, peneliti merancang dan menggabungkan komponen perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) untuk menghasilkan sebuah sistem yang terintegrasi secara fungsional.

Pada Gambar 1, ditampilkan rancangan diagram blok sistem pemantauan parameter fisika air laut beserta perangkat komunikasinya. Perangkat keras ini terdiri atas sensor, mikrokontroler, *cloud* dan display. Sistem dimulai dengan sensor membaca tingkat TDS, EC dan suhu, selanjutnya mikrokontroler NodeMCU melakukan proses pengolahan sinyal yang selanjutnya mengirimkan data tersebut ke cloud platform IoT Blynk dan Telegram. Data ditampilkan melalui LCD dan dashboard yang telah disediakan oleh platform. Sementara untuk aplikasi Telegram berupa pesan singkat.



Gambar 1. Diagram blok perangkat keras

Tabel 1. Hasil kalibrasi sensor *water level* alat pasang surut *portable*

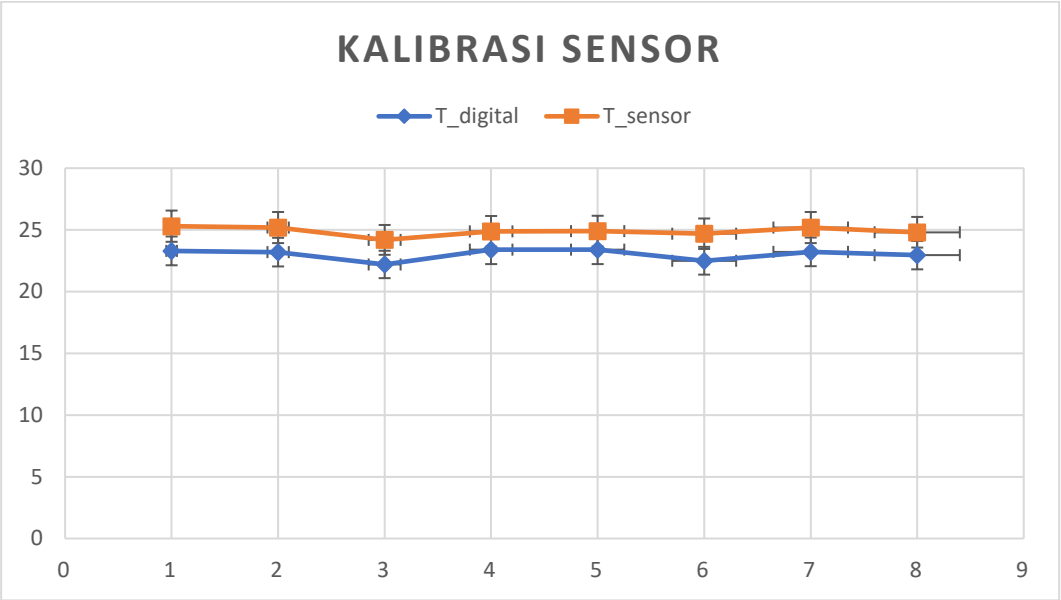
data	T_digital	T_sensor	Selisih
1	23.3	25.3	-2
2	23.2	25.19	-1.99
3	22.2	24.19	-1.99
4	23.4	24.88	-1.48
5	23.4	24.9	-1.5
6	22.5	24.69	-2.19
7	23.22	25.19	-1.97
8	22.95	24.81	-1.86
Average			-1.8725
RMSE			1.887366
ST.Dev			0.295392

Pengujian Sensor

Pengujian sensor dilakukan di Laboratorium Fisika Lanjut, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Sam Ratulangi, Manado. Pengukuran suhu dibandingkan dengan alat ukur suhu digital, sementara untuk sensor TDS dan EC dilakukan berdasarkan datasheet sensor. Data pengukuran diambil sebanyak delapan kali pembacaan seperti pada Tabel 1.

Hasil komparasi sensor ultrasonik pada Tabel 1 menunjukkan perbandingan pembacaan sensor standar dan sensor yang dibuat. Pengukuran menghasilkan rata-rata nilai koreksi sebesar -1,8725 °C dan standar deviasi 0,295392. Nilai koreksi tersebut kemudian dihitung dengan metode statistik untuk menentukan nilai RMSE (Root Mean Square Error).

Gambar 2 menunjukan grafik saat



Gambar 2. Grafik perbandingan pembacaan sensor

kalibrasi sensor suhu DS18b20 dengan thermometer digital. Dari grafik terlihat bahwa sensor melakukan pembacaan yang cenderung lebih tinggi dengan nilai rata-rata sebesar ± 1,875°C namun memiliki pola yang sama. Hal ini menunjukan perlu adanya penyesuaian pada code program yang ditanamkan pada mikrokontroler.

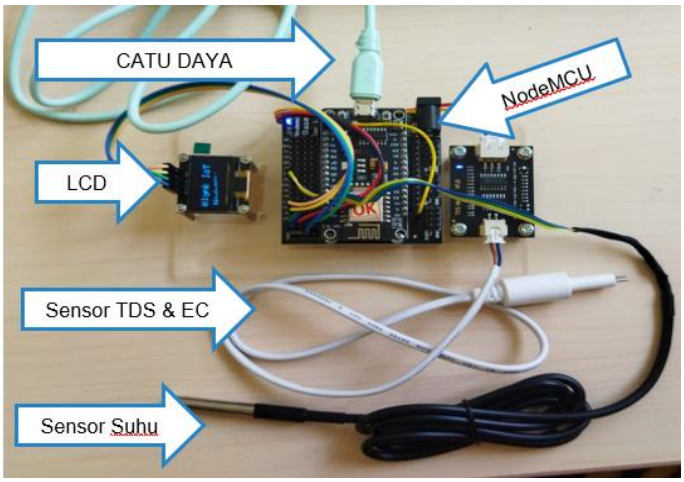
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 menunjukan realisasi alat yang telah berhasil dirancang. Alat yang dibuat terdiri dari catudaya, NodeMCU, LCD dan sensor-sensor. Sensor DS18B20 merupakan sensor suhu yang tahan air dan memiliki beberapa spesifikasi seperti: beroperasi pada catudaya 3-5 VDC, dapat mengukur suhu pada rentang -55°C sampai +125°C dengan akurasi ±0,5°C dan berkomunikasi pada 1-wire interface. Sensor TDS meter v1.0 keyestudio memiliki spesifikasi: Tegangan input 3,3-5,5 VDC, dapat mengukur TDS pada rentang 0 – 1000 ppm dengan akurasi ±10% F.S (pada 25 °C) (Singh dan Walingo, 2024).

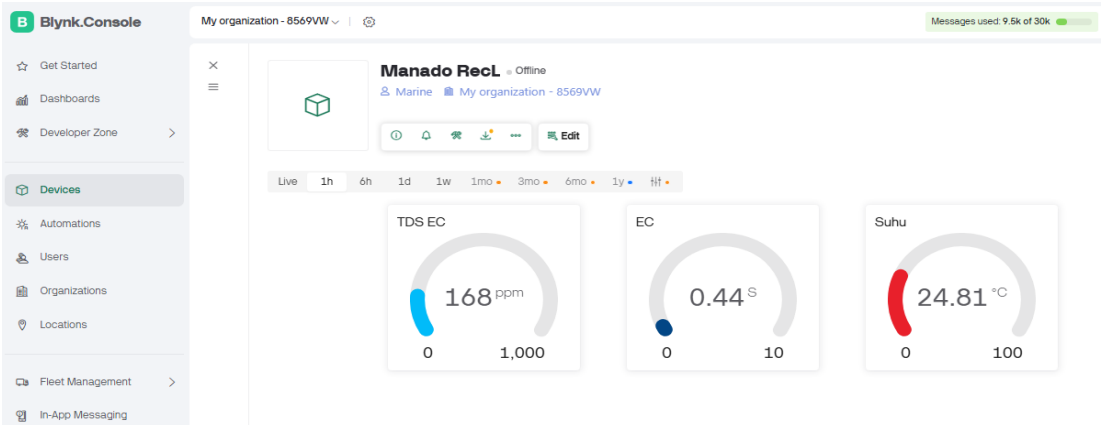
Pengujian alat pengukur dilakukan secara langsung (*in-situ*) pada lokasi pengukuran yakni di Kawasan reklamasi Manado tepatnya pada kordinat 1°28'30.1"LU, 124°49'56.2"BT. Kordinat ini dipilih karena terdapat juga sungai yang bermuara pada kawasan ini. Uji lapangan dilaksanakan pada 17 Oktober 2025. Pengukuran dilakukan pada pagi hari saat kondisi cuaca cerah dan selama pengukuran tidak terjadi hujan.

Gambar 4 menunjukan tangkapan layar *website dashboard* aplikasi Blynk sementara Gambar 5 menunjukan tangkapan layar aplikasi telegram pada *smartphone* pada saat dilakukan pengukuran in-situ.

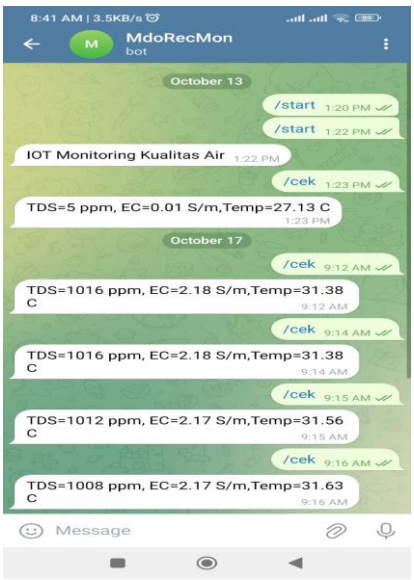
Pengujian platform IoT Blynk dan telegram bertujuan untuk memastikan bahwa data pembacaan sensor dapat dikirimkan secara akurat dan real-time sesuai dengan program yang sudah ditanamkan pada NodeMCU. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan data pengukuran sensor yang ditampilkan pada LCD sesuai dengan apa yang ditampilkan pada *dashboard* dan aplikasi.



Gambar 3. Realisasi alat



Gambar 4. Tampilan pada Dashboard IoT Blynk



Gambar 5. Tampilan pada Dashboard Aplikasi Telegram (pengukuran in-situ 17/10/2025)

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, data pemantauan kualitas air laut berbasis IoT telah berhasil dibuat. Kalibrasi sensor telah menunjukan Tingkat akurasi pembacaan sensor yang tinggi dengan nilai RMSE sebesar 1,887 dan standar deviasi 0,295. Pengujian pengiriman data oleh NodeMCU melalui WiFi ke cloud aplikasi baik IoT Blynk dan telegram menunjukan kualitas yang sangat baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Universitas Sam Ratulangi yang telah mendanai penelitian ini dalam skema Riset Dasar Unggulan UNSRAT (RDUU_K2) Tahun 2025.

DAFTAR PUSTAKA

Acosta-Coll, M., Ballester-Merelo, F., Martinez-Peiró, M., De la Hoz-Franco, E. 2018. Real-time Early Warning System Design for Pluvial Flash Floods—A Review. *Sensors*, 18*(7),* 2255. https://doi.org/10.3390/s18072255

Alseari, A., Alsayed, H., Abdulla, S. 2024. Real-Time Sea Water Monitoring and Pollution Assessment via IoT Rover. *Journal of Coastal Research* 113(sp1), 1059-1063. https://doi.org/10.2112/jcr-si113-207.1

Armenio, E., Meftah, M. Ben, De Padova, D., De Serio, F., Mossa, M.,2019. Monitoring Systems and Numerical Models to Study Coastal Sites. *Sensors,* 19*(*7),1552; https://doi.org/10.3390/s19071552

Bates, H., Pierce, M., Benter, A. 2021. LoRaWAN-Based IoT Sensor Network. Sensors 1–14.

Beula, K. Ezhil Vignesh, S. Epsibha, M. Suvatha, G. Saravanan. 2025. IOT Integrated Water Quality Monitoring System. Int. Trans. Electr. Eng. Comput. *Sci,* 4, 161–167. https://doi.org/10.62760/iteecs.4.3.2025.147

Boni, A., Bianchi, V., Ricci, A., De Munari, I. 2021. NB-IoT and Wi-Fi Technologies: An Integrated Approach to Enhance Portability of Smart Sensors. *IEEE Access,* 9, 74589–74599. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3082006

Girau, R., Anedda, M., Fadda, M., Farina, M., Floris, A., Sole, M., Giusto, D. 2020. Coastal Monitoring System Based on Social Internet of Things Platform. *IEEE Internet Things J*. 7, 1260–1272. https://doi.org/10.1109/JIOT.2019.2954202

Mala, C., Luasunaung, A., Kalangi, P., Bara, R., Lintang, R., Mandagi, S., Sumilat, D. A., Pangerti, I. 2025. Portable Tidal Monitoring System for Coastal Observation in North Sulawesi. J*urnal Pesisir dan Laut Tropis,* 13, 118–123. https://doi.org/10.35800/jplt.13.2.2025.61705

Mosey, H.I.R., Pandara, D.P., Bobanto, M.D., Sangian, H.S. 2019. A Simple Low-Cost Video-Based Surveillance System for a Flash Flood Warning System. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 567, 012043. https://doi.org/10.1088/1757-899x/567/1/012043

Singh, Y., Walingo, T. 2024. Smart Water Quality Monitoring with IoT Wireless Sensor Networks. *Sensors*, 24*(9*), 2871; **https://doi.org/10.3390/s24092871**