

RANCANG BANGUN PROTOTIPE SMART BUOY BERBASIS IOT UNTUK SISTEM PERINGATAN DINI CUACA EKSTREM DI PERAIRAN KOTA DUMAI

Nur Rubiati¹, Amat Sofiyan², Ade Saputra³, Arie Linarta⁴

^{1,2,3,4}Universitas Dumai, Dumai

e-mail: ¹nur.rubiati@universitasdumai.ac.id, ²amatsofiyan@universitasdumai.ac.id,

³adesaputra@universitasdumai.ac.id, ⁴arie_linarta@universitasdumai.ac.id

Abstract: *This study involved the design and construction of an Internet of Things (IoT)-based Smart Buoy prototype to serve as an early warning system for extreme weather in the waters of Dumai City. The research employed a Research and Development (R&D) approach, encompassing hardware and software design, system integration, and performance testing. Weather data—including air temperature, atmospheric pressure, rainfall, and wind speed—are collected via sensors, processed by a microcontroller, and transmitted in real-time over the internet to a monitoring platform. The study yielded the following results: (1) the Smart Buoy prototype is capable of measuring and monitoring weather parameters in real-time; (2) the IoT system successfully transmits measurement data to the monitoring platform, enabling remote weather monitoring; and (3) the integration of air temperature, atmospheric pressure, rainfall, and wind speed data serves as a basis for identifying potentially extreme weather conditions and issuing early warnings to users. Consequently, this IoT-based Smart Buoy prototype offers an effective alternative for weather monitoring and extreme weather early warning, thereby supporting the safety of fishermen and maritime transport users in the waters of Dumai City.*

Keywords: *Smart Buoy, Internet of Things (IoT), Extreme Weather Monitoring*

Abstrak: Penelitian ini merancang dan membangun prototipe Smart Buoy berbasis Internet of Things (IoT) sebagai sistem peringatan dini cuaca ekstrem di perairan Kota Dumai. Penelitian menggunakan metode penelitian menggunakan pendekatan research and development (R&D) dengan tahapan perancangan perangkat keras, perangkat lunak, integrasi sistem, serta pengujian kinerja alat. Data kondisi cuaca diperoleh melalui sensor yang mengukur suhu udara, tekanan atmosfer, curah hujan, dan kecepatan angin, kemudian diproses oleh mikrokontroler dan dikirimkan secara real-time melalui jaringan internet ke platform pemantauan. Hasil penelitian bertujuan yaitu: (1) prototipe Smart Buoy mampu melakukan pengukuran dan pemantauan parameter cuaca secara real-time; (2) sistem IoT mampu mengirimkan data hasil pengukuran ke platform pemantauan sehingga kondisi cuaca dapat dipantau dari jarak jauh; dan (3) integrasi parameter suhu udara, tekanan atmosfer, curah hujan, dan kecepatan angin dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan kondisi cuaca yang berpotensi ekstrem serta memberikan peringatan dini kepada pengguna. Dengan demikian, prototipe Smart Buoy berbasis IoT dapat menjadi salah satu alternatif sistem pemantauan dan peringatan dini cuaca ekstrem yang efektif dalam mendukung keselamatan nelayan dan pengguna transportasi laut di perairan Kota Dumai.

Kata kunci: Smart Buoy, Internet of Things (IoT), Pemantauan Cuaca Ekstrem

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan wilayah perairan yang

luas dan memiliki aktivitas kelautan yang tinggi, seperti penangkapan ikan, transportasi laut, kegiatan pelabuhan, serta aktivitas ekonomi masyarakat pesisir.

Kondisi tersebut menyebabkan informasi mengenai cuaca dan kondisi lingkungan perairan menjadi salah satu faktor penting dalam mendukung keselamatan masyarakat yang melakukan aktivitas di laut. Perubahan cuaca yang berlangsung dalam waktu relatif singkat, seperti peningkatan kecepatan angin, curah hujan, perubahan tekanan atmosfer, dan perubahan suhu udara, dapat meningkatkan risiko terhadap nelayan dan pengguna transportasi laut. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan kondisi cuaca yang mampu menyediakan informasi secara cepat, kontiniu, dan dapat diakses dari jarak jauh.

Pemantauan cuaca secara real-time menjadi semakin penting karena kondisi atmosfer pada suatu lokasi dapat berbeda dengan wilayah di sekitarnya. Sholichin et al. mengembangkan prototipe sistem monitoring cuaca berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mengukur suhu, kelembapan, tekanan udara, kecepatan angin, kondisi cahaya, dan curah hujan serta memberikan notifikasi peringatan dini. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemantauan lokal dapat memberikan informasi yang lebih spesifik terhadap kondisi lingkungan dibandingkan informasi cuaca yang bersifat lebih luas (Sholichin & Susanto, 2025).

Perkembangan Internet of Things (IoT) memberikan peluang dalam pengembangan sistem pemantauan cuaca yang dapat bekerja secara otomatis. IoT memungkinkan sensor mengumpulkan data lingkungan, mikrokontroler melakukan pemrosesan data, dan jaringan komunikasi mengirimkan hasil pengukuran menuju server atau platform pemantauan. Bestari & Wibowo, 2023 mengembangkan sistem monitoring cuaca berbasis IoT menggunakan ESP32, SHTC3, BMP180, anemometer, dan tipping bucket rain gauge. Data dari sensor dikirimkan menggunakan MQTT, WebSocket, dan HTTP Request serta ditampilkan pada ThingsBoard dan Telegram sehingga kondisi cuaca dapat dipantau secara real-time dari jarak jauh.

Pendekatan IoT juga telah diterapkan pada sistem monitoring cuaca dengan menggunakan beberapa node sensor. Hidayati, dkk, 2026 mengembangkan sistem *local weather monitoring* berbasis Wireless Sensor Network (WSN) dan IoT yang menggunakan beberapa node untuk mengukur temperatur, kelembapan, tekanan udara, kecepatan angin, dan curah hujan. Data hasil pengukuran dikirimkan ke Firebase dan ditampilkan melalui *web dashboard*, sedangkan sistem juga menghasilkan notifikasi peringatan dini melalui Telegram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan sinkronisasi data secara stabil dan memberikan respons peringatan secara cepat.

Selain sistem monitoring berbasis daratan, konsep IoT dapat dikembangkan dalam bentuk smart buoy untuk melakukan pengukuran secara langsung di wilayah perairan. Smart buoy merupakan perangkat terapung yang dapat dilengkapi dengan sensor, mikrokontroler, sistem komunikasi, sumber energi, dan perangkat navigasi untuk memperoleh serta mengirimkan data lingkungan. Bruzzese dkk., 2022 mengembangkan prototipe smart buoy berbiaya rendah untuk monitoring kualitas air yang menggunakan komunikasi LoRaWAN untuk mengirimkan data sensor melalui jaringan internet. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa smart buoy dapat digunakan untuk memperoleh data lingkungan perairan secara real-time dan dapat menjadi alternatif teknologi pemantauan yang lebih terjangkau.

Trevathan & Schmidtke, 2022 juga mengembangkan sistem *open-source Internet of Things* untuk pemantauan lingkungan perairan secara jarak jauh. Sistem tersebut mengintegrasikan sensor lingkungan, mikrokontroler, komunikasi jaringan, serta platform pemantauan untuk memperoleh data lingkungan secara otomatis. Pendekatan *open-source* tersebut menunjukkan bahwa perangkat IoT dapat dikembangkan secara fleksibel sesuai dengan parameter lingkungan yang ingin

dipantau dan kebutuhan lokasi penelitian. Pengembangan smart buoy untuk pemantauan lingkungan laut juga dilakukan oleh Majumder dkk., 2024. Penelitian tersebut merancang beberapa prototipe *smart moored buoy* yang dilengkapi panel surya, mikrokontroler, modem LoRaWAN, GPS, dan sensor lingkungan. Sistem tersebut dirancang untuk melakukan observasi lingkungan laut secara kontinu dan mengirimkan data melalui jaringan komunikasi nirkabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi buoy, sensor, energi surya, dan LoRaWAN dapat mendukung pemantauan lingkungan laut dalam jangka panjang.

Penggunaan teknologi LoRa dan IoT pada smart buoy juga telah diterapkan untuk pemantauan kondisi gelombang laut. Saputro, dkk, 2026 mengembangkan *Fuzzy Logic Based LoRa and IoT Smart Buoy for Sea Wave Monitoring in Madura* dengan menggunakan sensor BNO055 untuk mengukur tinggi gelombang dan anemometer untuk mengukur kecepatan angin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pengukuran tinggi gelombang dan kecepatan angin dengan tingkat akurasi yang baik. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa parameter kecepatan angin dapat digunakan sebagai salah satu informasi penting dalam menganalisis kondisi laut dan mendukung sistem keselamatan aktivitas di perairan.

Penelitian mengenai smart buoy di Indonesia juga dilakukan oleh Caniago dkk., 2026 melalui pengembangan smart buoy berbasis GPS-IoT untuk monitoring posisi secara real-time di perairan Batam. Sistem menggunakan GPS sebagai sensor utama, mikrokontroler sebagai unit pemrosesan, dan SIM808 sebagai media komunikasi seluler. Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan pengiriman data yang tinggi dan kemampuan sistem dalam melakukan pelacakan posisi secara kontinu. Penelitian tersebut memperlihatkan bahwa teknologi IoT dapat diterapkan pada perangkat buoy di wilayah perairan Indonesia untuk menyediakan informasi secara real-time.

Dalam pengembangan sistem peringatan dini cuaca ekstrem, penggunaan beberapa parameter meteorologi secara bersamaan menjadi penting. Kondisi cuaca ekstrem tidak dapat ditentukan hanya berdasarkan satu parameter karena perubahan atmosfer merupakan hasil interaksi berbagai variabel meteorologi. Hidayati, dkk, 2026 menunjukkan bahwa kombinasi temperatur, kelembapan, tekanan udara, kecepatan angin, dan curah hujan dapat digunakan sebagai input sistem monitoring cuaca dan peringatan dini. Sistem tersebut mampu mengolah data dari beberapa sensor dan memberikan notifikasi ketika kondisi tertentu terdeteksi.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa teknologi IoT telah banyak digunakan untuk monitoring cuaca dan lingkungan, sedangkan smart buoy telah dikembangkan untuk monitoring kualitas air, gelombang, posisi, maupun kondisi lingkungan laut. Namun, masih terdapat ruang penelitian untuk mengintegrasikan smart buoy dengan beberapa parameter meteorologi utama dan mekanisme peringatan dini cuaca ekstrem secara khusus pada wilayah perairan Kota Dumai. Penelitian Bestari & Wibowo, 2023 berfokus pada monitoring cuaca berbasis IoT di lokasi tertentu, penelitian Hidayati, dkk, 2026 mengembangkan monitoring cuaca berbasis WSN dan IoT, sedangkan Majumder dkk., 2024 mengembangkan smart buoy untuk monitoring lingkungan laut menggunakan LoRaWAN. Sementara itu, penelitian Saputro, dkk, 2026 lebih menekankan pada hubungan kecepatan angin dengan tinggi gelombang melalui smart buoy. Dengan demikian, integrasi parameter suhu udara, tekanan atmosfer, curah hujan, dan kecepatan angin dalam sebuah smart buoy untuk mendukung peringatan dini cuaca ekstrem di perairan Kota Dumai masih memiliki peluang untuk dikembangkan.

Kota Dumai merupakan wilayah pesisir yang memiliki aktivitas masyarakat yang berkaitan erat dengan perairan, seperti transportasi laut, kegiatan

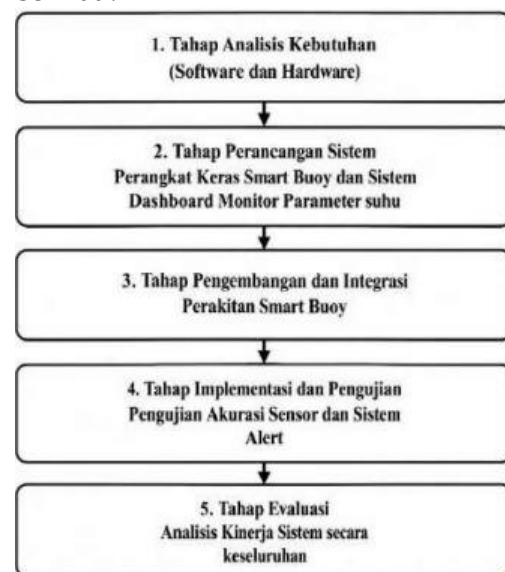
pelabuhan, perikanan, dan aktivitas ekonomi masyarakat pesisir. Kondisi tersebut menjadikan informasi mengenai perubahan cuaca sebagai salah satu kebutuhan penting dalam mendukung keselamatan pengguna perairan. Sistem pemantauan yang ditempatkan secara langsung di wilayah perairan berpotensi memberikan informasi kondisi cuaca yang lebih representatif terhadap lokasi aktivitas pengguna dibandingkan hanya mengandalkan pengamatan dari daratan.

Berdasarkan permasalahan dan *research gap* tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe Smart Buoy berbasis Internet of Things (IoT) untuk sistem peringatan dini cuaca ekstrem di perairan Kota Dumai. Prototipe yang dikembangkan mengintegrasikan sensor suhu udara, tekanan atmosfer, curah hujan, dan kecepatan angin dengan mikrokontroler sebagai pusat pengolahan data. Data hasil pengukuran kemudian dikirimkan secara real-time melalui jaringan internet menuju platform pemantauan sehingga pengguna dapat memantau kondisi cuaca dari jarak jauh.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi empat parameter meteorologi, yaitu suhu udara, tekanan atmosfer, curah hujan, dan kecepatan angin, ke dalam prototipe smart buoy berbasis IoT yang diarahkan secara khusus untuk mendukung sistem peringatan dini cuaca ekstrem pada perairan Kota Dumai. Sistem tidak hanya berfungsi sebagai perangkat pengukuran, tetapi juga dirancang untuk mengolah parameter cuaca secara terpadu sehingga dapat memberikan informasi mengenai kondisi normal, waspada, maupun berpotensi ekstrem berdasarkan batas parameter yang ditentukan. Dengan demikian, prototipe yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif teknologi pemantauan dan peringatan dini yang mendukung keselamatan nelayan dan pengguna transportasi laut di perairan Kota Dumai.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) yang berorientasi pada pengembangan teknologi terapan, dengan tujuan menghasilkan Arsitektur Smart Buoy berbasis Internet of Things (IoT) untuk sistem peringatan dini cuaca ekstrem di wilayah operasional perairan kota Dumai. Metode ini dipilih karena mampu mengintegrasikan proses perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi sistem secara sistematis dan berkelanjutan. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian dengan Pendekatan R & D

Untuk keterangan dari tiap-tiap tahapan penelitian dengan pendekatan R & D adalah sebagai berikut :

1. Tahap analisis kebutuhan dilakukan melalui studi literatur, analisis data cuaca maritim, serta identifikasi kebutuhan pemangku kepentingan (nelayan, operator pelabuhan, dan instansi maritim). Pada tahap ini ditentukan parameter cuaca laut utama yang dipantau, seperti kecepatan dan arah angin, tinggi gelombang, suhu dan kelembaban permukaan laut, curah hujan, serta kebutuhan sistem peringatan dini yang responsif dan andal.
2. Tahap perancangan sistem meliputi desain arsitektur perangkat keras dan

perangkat lunak. Perangkat keras Smart Buoy dirancang menggunakan sensor cuaca laut, mikrokontroler berdaya rendah, modul komunikasi wifi (4G/Lora), serta sistem catu daya berbasis baterai dan panel surya. Perangkat lunak mencakup firmware pengambilan data sensor, mekanisme pengiriman data, serta platform cloud untuk penyimpanan, visualisasi, dan integrasi sistem peringatan dini.

3. Tahap pengembangan dan integrasi dilakukan dengan membangun prototipe Smart Buoy dan mengintegrasikan seluruh komponen sistem. Data sensor dikirimkan secara real-time ke server cloud dan diproses untuk mengidentifikasi kondisi cuaca ekstrem. Sistem secara otomatis menghasilkan peringatan dini yang ditampilkan pada dashboard monitoring.
4. Tahap implementasi dan pengujian dilakukan melalui uji fungsional dan uji lapangan terbatas di wilayah operasional perairan. Pengujian mencakup evaluasi akurasi sensor, keandalan komunikasi data, konsumsi energi, serta ketahanan sistem terhadap kondisi lingkungan laut. Data hasil pengukuran dibandingkan dengan data referensi dari [BMKG Maritim+1](#) untuk menilai tingkat akurasi dan konsistensi sistem.
5. Tahap evaluasi dilakukan dengan menganalisis kinerja sistem secara keseluruhan, termasuk efektivitas peringatan dini dan tingkat kesiapsiagaan pengguna. Hasil evaluasi digunakan untuk penyempurnaan arsitektur Smart Buoy agar siap dikembangkan menuju implementasi operasional yang lebih luas.

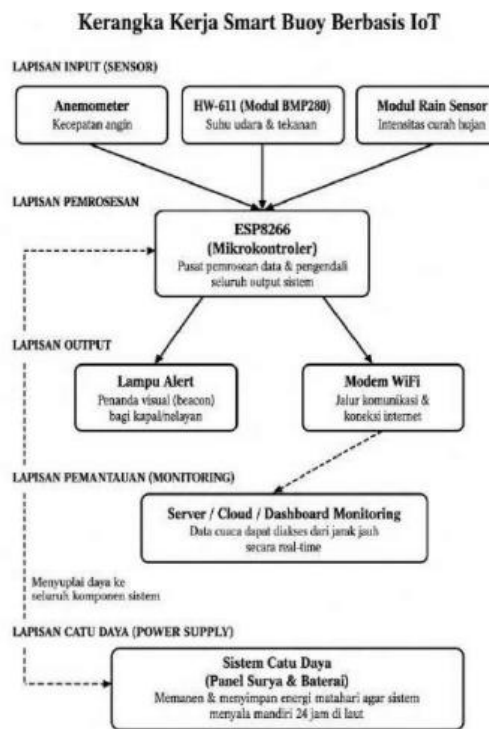
Kerangka Kerja penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2. Berikut keterangan dari kerangka kerja tersebut :

Tabel 1. Komponen Smart Buoy IOT

Komponen	Fungsi
ESP8266 (Mikrokontroler)	Bertindak sebagai "otak" sistem atau pusat pemrosesan yang membaca data dari seluruh sensor, memproses informasi, dan mengendalikan output (seperti lampu dan pengiriman data).
Lampu Alert	Berfungsi sebagai penanda visual (beacon) pada pelampung agar keberadaannya mudah terlihat oleh kapal atau nelayan di sekitarnya, terutama pada malam hari atau cuaca buruk.
Anemometer	Sensor mekanik yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur kecepatan angin di lokasi perairan secara <i>real-time</i> .
HW-611 (Modul BMP280)	Sensor lingkungan yang bertugas untuk mengukur suhu udara dan tingkat tekanan atmosfer secara akurat.
Modem WiFi	Menyediakan jalur komunikasi dan koneksi internet agar data cuaca yang dikumpulkan oleh ESP8266 dapat dikirimkan ke server, aplikasi, atau <i>cloud</i> untuk dipantau dari jarak jauh.
Modul Rain Sensor	Sensor yang digunakan untuk mendeteksi tetesan air dan mengukur tingkat intensitas curah hujan di lokasi pelampung.

Komponen	Fungsi
Sistem Catu Daya (Panel Surya & Baterai)	Komponen pendukung penting yang berfungsi memanen energi matahari dan menyimpannya sebagai daya listrik, sehingga sistem dapat menyala secara mandiri 24 jam di laut.

Berikut adalah gambar Kerangka Kerja Smart Buoy IOT



Gambar 2. Kerangka Kerja Smart Buoy Berbasis IOT

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil implementasi dari kerangka kerja sistem yang telah dirancang diwujudkan dalam bentuk purwarupa fisik *Smart Buoy* berbasis Internet of Things (IoT), yang terdiri atas rangkaian sensor, unit pemrosesan, sistem *alert*, dan catu daya mandiri, seperti diperlihatkan pada Gambar berikut:



Gambar 3. Purwarupa Smart Buoy Berbasis IOT

Pada bagian puncak rangka terpasang **Lampu Alert** sebagai penanda visual (*beacon*) agar mudah terlihat oleh kapal atau nelayan, terutama pada malam hari atau cuaca buruk. Pada lengan horizontal kiri terpasang **Anemometer** berbentuk mangkuk untuk mengukur kecepatan angin, sementara pada lengan kanan terpasang **HW-611 (Modul BMP280)** yang dilindungi *radiation shield* berlapis agar pengukuran suhu udara dan tekanan atmosfer tetap akurat tanpa bias akibat paparan matahari langsung. Di bagian tengah rangka terpasang **Modul Rain Sensor** yang ditandai indikator lampu hijau menyala, menunjukkan sensor curah hujan aktif berfungsi.

Di bawahnya terdapat kotak kontrol berisi **ESP8266 (Mikrokontroler)**, dengan indikator LED merah yang menyala menandakan sistem dalam keadaan aktif dan siap memproses data sensor. Kotak didesain tertutup dan terkunci untuk melindungi komponen elektronik dari air dan kelembaban. Sistem catu daya berupa **panel surya** turut terpasang pada bagian tengah rangka, berfungsi memanen energi matahari dan menyimpannya pada baterai agar sistem dapat beroperasi mandiri 24 jam tanpa sumber listrik konvensional.

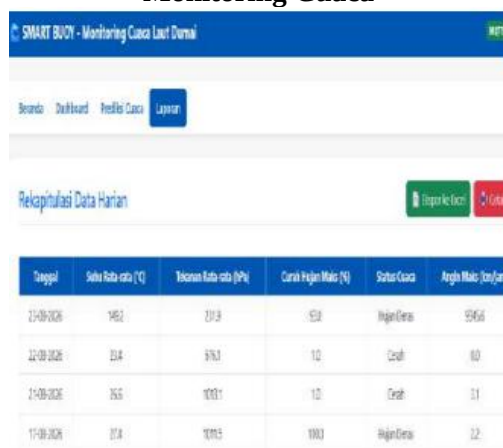
Secara keseluruhan, hasil perakitan menunjukkan bahwa seluruh komponen sensor (Anemometer, HW-611/BMP280,

Rain Sensor), pemrosesan (ESP8266), output (Lampu Alert), dan catu daya (Panel Surya) telah berhasil diintegrasikan sesuai kerangka kerja yang dirancang.

Data hasil pembacaan sensor yang telah diproses oleh ESP8266 selanjutnya dikirimkan melalui Modem WiFi menuju server dan ditampilkan pada *dashboard monitoring* berbasis web, sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4. Tampilan Form Depan Monitoring Cuaca



Gambar 5. Tampilan Form Laporan Monitoring Cuaca

Selain menampilkan data secara *real-time* pada halaman Dashboard, sistem *Smart Buoy* juga dilengkapi dengan halaman Laporan yang berfungsi menyajikan rekapitulasi data harian, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 5. Fitur ini merupakan pengembangan lanjutan dari lapisan pemantauan pada kerangka kerja sistem, di mana data yang telah dikumpulkan dan disimpan secara periodik di server tidak hanya ditampilkan secara langsung, tetapi juga diolah menjadi ringkasan historis yang dapat ditelusuri kembali oleh pengguna.

Pada halaman Dashboard, data ditampilkan dalam bentuk nilai terkini (*real-time*) untuk empat parameter utama, yaitu suhu udara, tekanan atmosfer, curah hujan, dan kecepatan angin, disertai status keselamatan pelayaran yang diperbarui setiap beberapa menit sesuai interval penyimpanan data. Sementara itu, pada halaman Laporan, data yang sama direkap dalam bentuk tabel Rekapitulasi Data Harian, mencakup tanggal, suhu rata-rata, tekanan rata-rata, curah hujan maksimal, status cuaca, dan kecepatan angin maksimal untuk setiap harinya. Tersedia pula fitur ekspor data ke Excel dan cetak PDF, yang memudahkan pengguna dalam mendokumentasikan serta menganalisis data cuaca dalam periode waktu tertentu.

Dengan kedua form ini menunjukkan bahwa alur data pada sistem *Smart Buoy* telah mencakup dua fungsi penting, yaitu pemantauan langsung (*real-time monitoring*) dan pencatatan historis (*data logging*) pada lapisan pemantauan sesuai kerangka kerja yang dirancang. Dengan demikian, data yang dikirimkan dari ESP8266 melalui Modem WiFi tidak hanya digunakan untuk peringatan seketika melalui *dashboard* dan Lampu Alert, tetapi juga tersimpan sebagai basis data yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan analisis tren cuaca jangka panjang di lokasi perairan yang dipantau.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, perakitan, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa prototipe *Smart Buoy* berbasis Internet of Things (IoT) telah berhasil dibangun menggunakan metode *Research and Development* (R&D) melalui tahapan perancangan perangkat keras, perangkat lunak, integrasi sistem, hingga pengujian kinerja alat, sebagaimana dirumuskan pada tujuan penelitian.

Pertama, prototipe *Smart Buoy* yang dikembangkan telah mampu melakukan pengukuran dan pemantauan parameter cuaca secara *real-time* melalui sensor

Anemometer, HW-611 (BMP280), dan Rain Sensor, yang masing-masing membaca kecepatan angin, suhu udara, tekanan atmosfer, dan curah hujan di lokasi perairan.

Kedua, sistem IoT yang dibangun telah berhasil mengirimkan data hasil pengukuran dari mikrokontroler ESP8266 melalui jaringan internet menuju *platform* pemantauan berbasis *dashboard*, sehingga kondisi cuaca di perairan Kota Dumai dapat dipantau dari jarak jauh secara *real-time*, ditandai dengan status koneksi MQTT yang aktif dan pembaruan data secara berkala.

Ketiga, integrasi keempat parameter cuaca suhu udara, tekanan atmosfer, curah hujan, dan kecepatan angin telah dapat diolah oleh sistem menjadi informasi status keselamatan pelayaran beserta estimasi tinggi gelombang dan saran aktivitas laut, yang menunjukkan bahwa sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat ukur, tetapi juga sebagai sarana peringatan dini terhadap potensi cuaca ekstrem.

Dengan demikian, hasil penelitian ini membuktikan bahwa prototipe *Smart*

Buoy berbasis IoT dapat menjadi salah satu alternatif sistem pemantauan dan peringatan dini cuaca ekstrem yang efektif, sesuai dengan tujuan awal penelitian, guna mendukung keselamatan nelayan dan pengguna transportasi laut di perairan Kota Dumai. Pengujian lebih lanjut terhadap akurasi sensor dan keandalan sistem dalam jangka waktu operasional yang lebih panjang tetap diperlukan sebagai bahan penyempurnaan pada penelitian selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana atas dukungan dari Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi dan Universitas Dumai. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para Dosen Universitas Dumai yang telah memberikan masukan berharga selama proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arincia, M. R., Hamdani, D., & Purwanto, A. (2024). Development of Iot-Based Wind Speed, Temperature, and Humidity Monitoring. *Asian Journal of Science Education*, 6(2), 11–23. <https://doi.org/10.24815/ajse.v6i2.38837>
- Bestari, D. N., & Wibowo, A. (2023). IoT Based Real-Time Weather Monitoring System Using Telegram Bot and Thingsboard Platform. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 17(06), 4–19. <https://doi.org/10.3991/ijim.v17i06.34129>
- Bruzzese, R., Chatzigiannakis, I., & Vitaletti, A. (2022). Monitoring Water Quality with a Spectrophotometer: A Proof of Concept of a Smart Buoy. 2022 *IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops and Other Affiliated Events (PerCom Workshops)*, 457–462. <https://doi.org/10.1109/PerComWorkshops53856.2022.9767300>
- Caniago, D. P., Umar, N., Sjamsuddin, I. N., Purnomo, A. T., & Rafsanjani, A. R. (2026). Perancangan dan Evaluasi Kinerja Smart Buoy Berbasis GPS-IoT untuk Monitoring Posisi Real-Time di Perairan Batam. 4(2).
- Carvalho, D. M., Dias, J. M., & De Abreu, J. F. (2024). Sensing in

- Inland Waters to Promote Safe Navigation: A Case Study in the Aveiro's Lagoon. *Sensors*, 24(23), 7677.
<https://doi.org/10.3390/s24237677>
- He, L., Zhang, S., Zhang, Z., Liu, G., Zhou, Q., Li, A., Zhao, J., & Liu, T. (2024). Tiny buoy-immense wisdom: Self-powered and self-sensing sundae cup-shaped wave energy harvester for smart oceans. *Applied Ocean Research*, 150, 104111.
<https://doi.org/10.1016/j.apor.2024.104111>
- Hidayati, dkk. (2026). Local Weather Monitoring using WS Nand IoT as an Early Warning for Extreme Weather. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*.
- Kusuma, B. A. (t.t.). *SISTEM MONITORING CUACA MULTI-NODE BERBASIS IOT PADA APLIKASI MOBILE*. 4(1).
- Liu, M., Zhu, J., Pan, X., Wang, G., Liu, J., Peng, Z., & Cui, J.-H. (2023). A Distributed Intelligent Buoy System for Tracking Underwater Vehicles. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(9), 1661.
<https://doi.org/10.3390/jmse11091661>
- Majumder, A., Losito, M., Paramasivam, S., Kumar, A., & Gatto, G. (2024). Buoys for marine weather data monitoring and LoRaWAN communication. *Ocean Engineering*, 313, 119521.
<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.119521>
- Saputro, dkk. (2026). [Fuzzy Logic Based LoRa and IoT Smart Buoy for Sea Wave Monitoring in Madura. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*.
- Sholichin, A., & Susanto, R. (2025). *Prototipe Sistem Monitoring Cuaca dan Peringatan Dini Hujan Berbasis Internet Of Things*.
- Trevathan, J., & Schmidtke, S. (2022). Open-source Internet of Things remote aquatic environmental sensing. *HardwareX*, 12, e00336.
<https://doi.org/10.1016/j.ohx.2022.e00336>