

RANCANG BANGUN PENDETEKSI CUACA MENGGUNAKAN LORA (LONG RANGE) BERBASIS MIKROKONTROLER ESP32

Moch Yahya Muhaimin^{1*}, Agus Dwi Santoso², Maulidiah Rahmawati³

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal, Politeknik Pelayaran Surabaya; Jl. Gunung Anyar Lor No.1, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Kota Surabaya, Jawa Timur 60294; 031-8714673

Received: 2 Maret 2025
Accepted: 25 Maret 2025
Published: 14 April 2025

Keywords:

Weather detector design, Lora, ESP32 microcontroller, weather monitoring system, weather sensor, wireless communication, IoT (internet of things).

Correspondent Email:

mochyahya201@gmail.com

Abstrak. penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pemantauan cuaca berbasis teknologi LoRa (Long Range) dan mikrokontroler ESP32 untuk mendeteksi parameter cuaca seperti suhu, kelembapan, arah angin, kecepatan angin, serta curah hujan secara real-time. Sistem ini terdiri atas dua komponen utama, yaitu pemancar (transmitter) dan penerima (receiver). Pemancar menggunakan sensor dan Arduino Nano untuk memproses data cuaca dan mengirimkannya melalui modul LoRa. Data tersebut diterima oleh mikrokontroler ESP32 pada penerima, kemudian ditampilkan pada layar LCD TFT dan platform IoT berbasis aplikasi Kodular. Penggunaan komunikasi LoRa memungkinkan jangkauan hingga 15 km dengan konsumsi daya rendah, menjadikan sistem ini ideal untuk aplikasi di wilayah maritim yang sulit dijangkau oleh jaringan konvensional. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini bekerja dengan baik dalam mendeteksi cuaca secara akurat dan efisien, serta memberikan keunggulan berupa biaya rendah, kemampuan jaringan, dan kompatibilitas. Sistem ini berpotensi digunakan dalam industri maritim untuk memberikan informasi cuaca yang lebih presisi, membantu nelayan dan pelaut membuat keputusan navigasi, serta memberikan peringatan dini terhadap cuaca ekstrem. Secara keseluruhan, inovasi ini merupakan solusi hemat biaya dan berkelanjutan untuk memantau cuaca di wilayah laut maupun darat secara efektif.

Abstract. This study aims to develop a weather monitoring system based on LoRa (Long Range) technology and an ESP32 microcontroller to detect weather parameters such as temperature, humidity, wind direction, wind speed, and rainfall in real time. This system consists of two main components, namely a transmitter and a receiver. The transmitter uses sensors and Arduino Nano to process weather data and send it via the LoRa module. The data is received by the ESP32 microcontroller on the receiver, then displayed on the TFT LCD screen and the IoT platform based on the Kodular application. The use of LoRa communication allows a range of up to 15 km with low power consumption, making this system ideal for applications in maritime areas that are difficult to reach by conventional networks. Test results show that this tool works well in detecting weather accurately and efficiently, and provides advantages in terms of low cost, network capability, and compatibility. This system has the potential to be used in the maritime industry to provide more precise weather information, help fishermen and sailors make navigation decisions, and provide early warning of extreme weather. Overall, this innovation is a cost-effective and sustainable solution to monitor weather in marine and land areas effectively.

1. PENDAHULUAN

Cuaca memiliki peran penting dalam kehidupan sehari-hari, baik untuk kegiatan luar ruangan, pertanian, transportasi, hingga keamanan. Mendapatkan informasi cuaca yang akurat dan real-time sangatlah penting untuk mengambil keputusan yang tepat. Sistem pemantauan cuaca yang ada saat ini seringkali menggunakan infrastruktur kabel atau jaringan terpusat. Namun, infrastruktur tersebut memiliki keterbatasan dalam hal jangkauan, fleksibilitas, dan biaya implementasi. Internet of Things (IoT) dan teknologi wireless semakin berkembang pesat, memungkinkan adopsi solusi pemantauan cuaca yang lebih efisien dan murah. LoRa (Long Range) adalah salah satu teknologi nirkabel yang menjanjikan, karena memiliki jangkauan yang luas dan konsumsi daya yang rendah. Mikrokontroler ESP32 menawarkan kemampuan yang sangat baik dalam hal konektivitas wireless, pemrosesan data, dan konsumsi daya yang rendah. Hal ini membuatnya menjadi pilihan yang ideal untuk proyek pemantauan cuaca berbasis IOT. LoRa, dengan kemampuannya dalam mengirimkan data secara nirkabel dengan jarak yang jauh, menjadi solusi yang tepat untuk aplikasi pemantauan cuaca di area yang luas atau sulit dijangkau oleh jaringan konvensional. Pada penelitian ini piranti yang digunakan adalah mikrokontroler.

Mikrokontroler sebagai suatu terobosan teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer hadir memenuhi kebutuhan pasar (*market need*) dan teknologi baru. Mikrokontroler hadir untuk memenuhi selera industri maritim akan kebutuhan dan keinginan alat-alat bantu yang lebih baik dan canggih. Pada perancangan ini, data dari sensor diambil dan diolah dalam mikrokontroler serta ditransmisikan ke komputer untuk ditampilkan. Stasiun cuaca di Indonesia, terdapat sekitar 872 stasiun cuaca yang dikelola Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) yang tersebar diseluruh wilayah Indonesia sehingga untuk kebutuhan komersial kurang mumpuni karena data yang diberikan kurang akurat oleh karena itu dibuatlah stasiun cuaca untuk kebutuhan industri maupun para konsumen yang mempunyai layanan khusus yang bisa menawarkan layanan yang lebih khusus dan terfokus, seperti prediksi cuaca untuk kepentingan industri maritim yang memiliki

tingkat akurasi dan presisi yang lebih tinggi dalam ramalan cuaca karena penggunaan teknologi yang mutakhir dan analisis data yang lebih mendalam.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cuaca

Cuaca mengacu pada kondisi atmosfer pada waktu tertentu di suatu wilayah dengan durasi yang relatif singkat. BMKG menjelaskan bahwa istilah ini menggambarkan situasi atmosferik dalam jangka waktu mulai dari menit hingga beberapa hari di lokasi tertentu. Menurut Ir. Ance Gunarsih Kartasapoetra, seperti yang diuraikan dalam buku Mengenal Iklim dan Cuaca di Indonesia, cuaca merupakan keadaan atmosfer pada saat tertentu yang dapat berubah-ubah dari waktu ke waktu. Sementara itu, Sue Nicholson dalam buku Weather (2001) mendefinisikan cuaca sebagai rata-rata kondisi udara di suatu tempat yang cakupannya relatif sempit [9].

2.2 Sistem Monitoring

Sistem pemantauan adalah sebuah teknologi terpadu yang dirancang untuk mengawasi dan mengumpulkan data secara otomatis dalam waktu nyata. Tak heran jika sistem ini telah banyak digunakan di berbagai proyek konstruksi dan industri.

Data yang dikumpulkan melalui sistem pemantauan ini nantinya akan diproses dan digunakan sebagai dasar dalam pengambilan tindakan atau keputusan. Teknologi ini dapat diaplikasikan untuk berbagai kebutuhan, seperti pemantauan sistem kelistrikan dalam bangunan, pemantauan parameter cuaca, pengawasan suhu ruangan, dan lainnya [1].

2.3 DHT22

Sensor DHT adalah sebuah paket sensor yang memiliki fungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban udara secara bersamaan. Sensor ini dilengkapi dengan thermistor tipe NTC (Negative Temperature Coefficient) untuk mengukur suhu, serta sensor kelembaban dengan karakteristik resistif yang berubah sesuai dengan kadar air di udara. Selain itu, terdapat chip yang bertugas melakukan konversi dari sinyal analog ke digital dan mengeluarkan output dalam format kabel tunggal dua arah (*single-wire bi-directional*) [8].

2.4 Sensor Wind Direction dan Anemometer

Anemometer adalah perangkat khusus yang berfungsi untuk mengukur kecepatan angin. Alat ini, yang sering kali dipasang di stasiun cuaca, dilengkapi dengan cangkir atau baling-baling yang berputar saat terkena hembusan angin. Kecepatan putaran baling-baling tersebut sebanding dengan kecepatan angin. Putaran ini kemudian diubah menjadi sinyal listrik oleh sensor di dalam anemometer, dan hasilnya ditampilkan sebagai kecepatan angin [2]. Untuk menentukan arah angin, digunakan alat yang disebut sensor arah angin atau wind vane. Alat ini, yang juga dikenal sebagai penunjuk arah angin, biasanya memiliki ujung berbentuk panah yang menunjuk ke arah datangnya angin [4].

2.5 ESP32

ESP32 merupakan bagian dari keluarga mikrokontroler yang diperkenalkan dan dikembangkan oleh Espressif System. Mikrokontroler ini adalah generasi penerus dari ESP8266. ESP32 kompatibel dengan Arduino IDE dan sudah dilengkapi dengan modul WiFi serta BLE (Bluetooth Low Energy) di dalam chip-nya. Hal ini membuatnya sangat mendukung untuk pengembangan aplikasi berbasis Internet of Things (IoT) dan menjadi pilihan yang baik untuk berbagai proyek IoT [11].

2.6 LCD TFT

LCD, atau tampilan kristal cair, merupakan teknologi visual yang memanfaatkan cairan kristal untuk menghasilkan gambar. Layar LCD terdiri dari lapisan-lapisan tipis material yang dapat mengatur jumlah cahaya yang melewatinya atau yang terhalang. Struktur utama dari layar LCD melibatkan dua panel kaca yang diisi dengan lapisan cairan kristal di antara keduanya. Dibandingkan dengan teknologi layar lama seperti CRT (Tabung Cahaya Katoda), LCD memiliki keunggulan dalam hal ketebalan, bobot, serta efisiensi energi. Saat ini, LCD telah banyak diterapkan di berbagai bidang, seperti pada perangkat elektronik, kalkulator, layar komputer, dan banyak lagi [12].

2.7 LoRA (LONG RANGE)

LoRa adalah teknologi komunikasi

nirkabel jarak jauh yang menggunakan frekuensi radio (RF) dengan konsumsi daya rendah serta mendukung transmisi data berukuran kecil [5].

2.8 Arduino Nano

Arduino Nano adalah sebuah perangkat keras kecil yang bisa diprogram untuk melakukan berbagai macam tugas. Bayangkan saja sebagai sebuah otak kecil yang bisa kamu perintahkan untuk mengendalikan lampu, motor, sensor, dan perangkat elektronik lainnya. Otak dari Arduino Nano adalah mikrokontroler ATmega328P. Mikrokontroler ini bertanggung jawab untuk menjalankan program yang kamu tulis [7].

2.9 Buzzer

Buzzer merupakan komponen elektronik yang menghasilkan getaran suara dalam bentuk gelombang akustik. Komponen ini lebih sering dipakai karena konsumsi daya yang rendah [3].

2.10 Sensor Hujan

Sensor yang berfungsi untuk mendeteksi tetesan air atau hujan dikenal sebagai sensor hujan. Alat ini beroperasi mirip dengan sakelar. Sensor ini terdiri dari dua komponen utama, yaitu elemen penginderaan dan modul sensor. Saat hujan mengenai elemen penginderaan, modul sensor akan mengambil data dari elemen tersebut dan mengolahnya untuk menghasilkan output dalam bentuk analog atau digital. Oleh karena itu, sensor ini menghasilkan keluaran yang berupa sinyal analog (AO) dan digital (DO) [10].

2.11 Kodular

Kodular adalah situs web yang menyediakan tools yang menyerupai MIT App Inventor untuk membuat aplikasi Android dengan menggunakan block programming. Dengan kata lain, anda tidak perlu mengetik kode program secara manual untuk membuat aplikasi Android. Kodular inilah merupakan menyediakan kelebihan fitur yakni Kodular Store dan Kodular Extension IDE (sekarang menjadi AppyBuilder Code Editor) yang bisa memudahkan developer melakukan unggah (upload) aplikasi Android ke dalam Kodular Store, melakukan dalam

pembuatan blok program extension IDE sesuai dengan keinginan developer [6].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan Ketika penulis telah selesai praktek layar di atas kapal kurang lebih 12 bulan dan beberapa bulan dikampus poltekpel surabaya untuk membuat sebuah proyek dan mengambil data-data penelitian. Penelitian dilaksanakan ketika penulis berada didalam kampus dimana lokasi penelitian tersebut akan menyesuaikan dengan inovasi yang dapat diberikan kepada industri maritim.

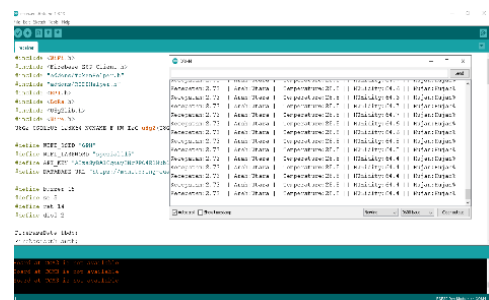
Berdasarkan metode penelitian menggunakan metode *trial and error*. dalam hal ini faktor yang dicoba adalah sensor *dht 22*, *rain drop sensor*, *anemometer* dan *wind vane* dapat membaca suhu, kecepatan angin dan arah angin lalu mengirim data tersebut ke *mikrokontroler* ESP-32 untuk kemudian ditampilkan di lcd TFT dan kodular, analisa tingkat *error pengukuran* dengan *perbandingan pengukuran* dengan *pendeteksi cuaca yang ada di handphone*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian statis

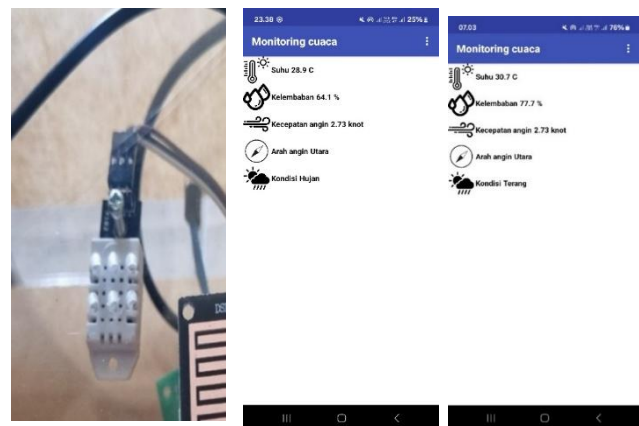
4.1.1 Pengujian Sensor Windvane dan Anemometer

Pengujian terhadap sensor windvane dan anemometer yaitu dengan cara memutar baling-baling dan mangkuk atau bilah secara manual ke beberapa arah. Kita akan mengetahui berfungsi atau tidak melalui serial monitor, dikarenakan bilah windvane dan anemometer dapat patah karena paparan cuaca ekstrem. windvane dan anemometer tidak berjalan maka kecepatan angin tidak terdeteksi dan arah angin tetap sesuai pembacaan sensor terakhir yg ditunjukkan pada serial monitor dan apabila windvane dan anemometer berjalan maka serial monitor menunjukkan kecepatan angin dan arah angin terbaru sesuai dengan kondisi cuaca.



Gambar 1 Pengujian windvane dan anemometer pada serial monitor

4.1.4 Pengujian sensor DHT22

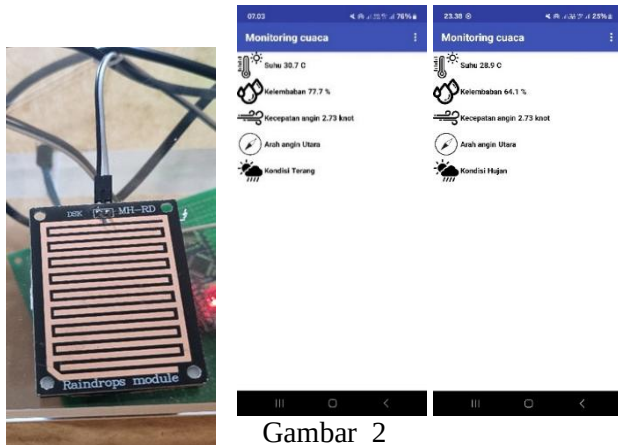


Gambar 2 Pengujian DHT22 pada aplikasi kodular

Pengujian terhadap DHT22 yaitu dengan cara memindahkan sensor diruangan yang panas dan juga ruangan yang dingin. Setelah itu kita melihat perbedaan suhu dan kelembapan ditempat panas dan ditempat yang dingin data pengukuran akan ditampilkan melalui kodular itu menunjukkan jika sensor berjalan dengan baik.

4.1.2 Pengujian sensor hujan

Pengujian sensor hujan yaitu dengan cara memberi air pada permukaan sensor hujan maka sensor membaca cuaca hujan dan jika permukaan sensor kering maka akan terbaca cuaca terang data pembacaan sensor akan ditampilkan diaplikasi kodular.



Gambar 2

Pengujian sensor hujan pada aplikasi kodular

4.1.3 Pengujian kodular

Pengujian kodular dilakukan dengan cara mengirim data dari arduino uno lalu data dikirim dengan jarak yang jauh menggunakan lora pengirim dan diterima lora penerima lalu data diteruskan keESP 32 pada aplikasi kodular lalu data ditampilkan, secara apakah dapat dilakukan komunikasi dari kodular dengan ESP 32, Komunikasi tersebut nanti digunakan untuk pemantauan jarak jauh sistem IoT.



Gambar 4 Program cuaca yang dikirim ke aplikasi kodular

4.1.5 Pengujian LCD TFT

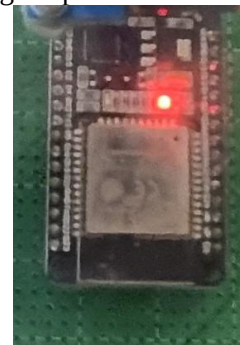
Pengujian display TFT untuk mengetahui apakah LCD bisa berfungsi dengan baik atau tidak dengan cara memprogram arduino dengan tulisan “Alat Pendeteksi Cuaca”.



Gambar 3 Pengujian lcd TFT

4.1.6 Pengujian ESP32

Pengujian esp32 dilakukan dengan mengubah tegangan dari arus ac 220v yang diubah oleh rectifier menjadi arus dc 5v sebagai input yang akan digunakan untuk menyalakan ESP32 untuk dimasukan pemrograman arduino IDE menggunakan kabel usb type C to A untuk menghubungkan ke laptop. Kemudian pada ESP32 dengan ditandai dengan lampu led yang *blinking* menunjukkan bahwa ESP32 sedang menjalankan kode yang diunggah dan menandakan bahwa perangkat berjalan dengan baik. Untuk menunjukan bahwa perangkat menghubungkan ke jaringan wifi lampu akan berkedip cepat dan kemudian akan berkedip perlahan untuk menandakan perangkat telah terhubung ke jaringan wifi yang telah dibuat dalam pemrograman arduino IDE sehingga dapat terhubung keaplikasi kodular.

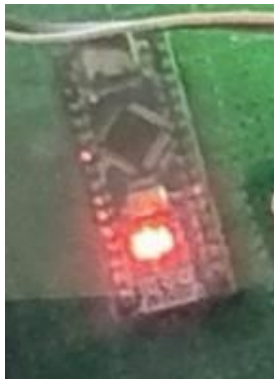


Gambar 4 Pengujian ESP32

4.1.7 Pengujian arduino nano

Pengujian arduino nano dilakukan dengan mengubah tegangan dari arus ac 220v yang

diubah oleh rectifier menjadi arus dc 5v sebagai input yang akan digunakan untuk menyalakan arduino nano untuk dimasukan pemrograman arduino IDE menggunakan kabel usb type C to A untuk menghubungkan ke laptop. Kemudian arduino nano ditandai dengan lampu led menyala terus menerus menunjukkan bahwa arduino nano sedang menerima dan memproses data program, arduino berjalan dengan baik ditandai dengan serial monitor berjalan menampilkan data dari pembacaan sensor yang telah dihubungkan dengan pin analog pada arduino nano.



Gambar 5 Pengujian arduino nano

4.2 Pengujian Dinamis

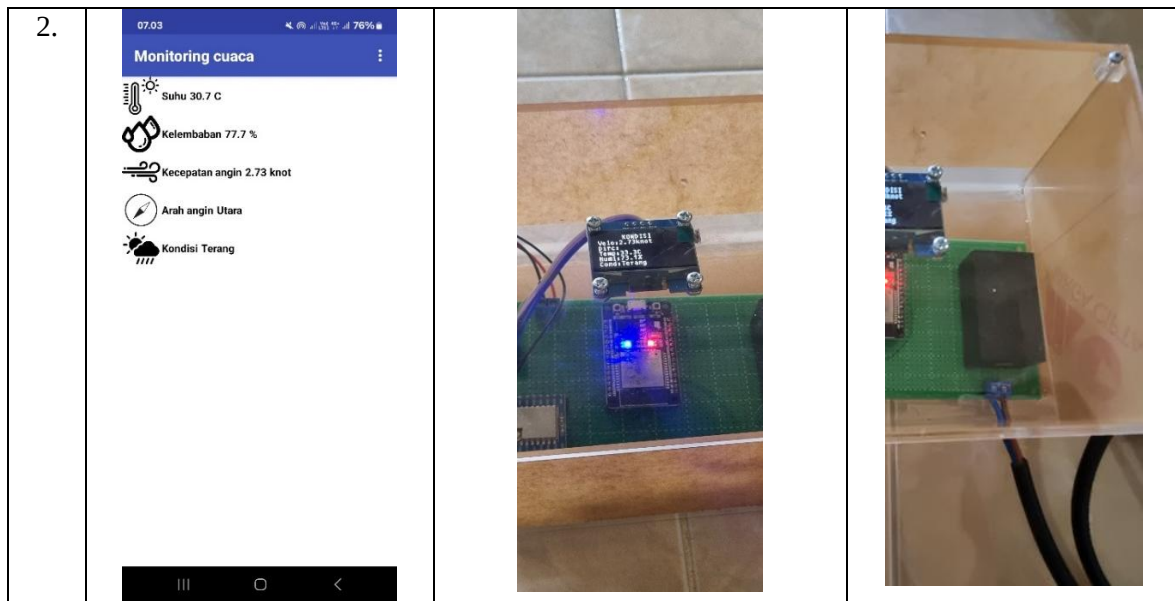
4.2.1 Pengujian Keseluruhan

Setelah semua perangkat keras dirakit, tahap selanjutnya adalah menguji komponen-komponen dengan menyatukan semua bagian sesuai dengan sistem masing-masing, sehingga pengujian dapat dilakukan. Pembuatan kotak bertujuan untuk melindungi komponen dari air dan debu yang dapat merusak perangkat keras. Kotak yang digunakan terbuat dari bahan akrilik untuk transceiver dan receiver, agar komponen-komponen tersebut tidak langsung terpapar benturan dengan benda keras selama pengujian. Pengujian dilakukan dengan cara menguji seluruh sistem untuk memastikan bahwa setiap komponen berfungsi dengan baik dan sesuai dengan program yang telah ditentukan. Proses pengujian ini menggunakan listrik 220V dari sumber daya rumah yang kemudian diubah menjadi tegangan 5V melalui rectifier sebagai sumber daya yang terhubung ke masing-masing sistem.

Berikut ini adalah dokumentasi pengujian yang dilakukan di lokasi dengan kondisi cuaca yang berbeda. Selain itu, data cuaca dapat dilihat melalui aplikasi Kodular dan layar LCD TFT yang menampilkan informasi seperti kecepatan angin, arah angin, suhu, kelembapan, dan curah hujan.

Tabel 1 Pengujian Keseluruhan

No.	Kodular	Lcd	Rectifier
1.			

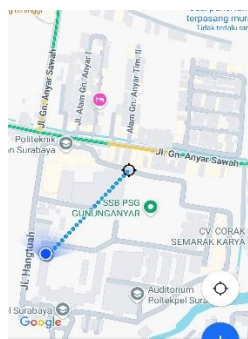


Modul LoRa diuji dengan memberikan jarak antara transceiver dan receiver untuk memastikan bahwa data yang dikirimkan dan diterima dalam sistem ini sesuai. Data yang diperoleh dari pembacaan sensor kemudian dikirimkan secara nirkabel melalui modul Lora.



(a) Transceiver (b) Receiver
Gambar 8. Pengujian modul lora

Pengukuran jarak komunikasi LoRa tanpa kabel menggunakan aplikasi Google Maps.



Gambar 6 Pengujian jarak lora

Selama pengujian sistem ini, tim dibagi menjadi dua kelompok. Kelompok pertama memiliki tugas untuk memantau transceiver

LoRa yang sudah dipasang di lokasi yang telah ditentukan, sementara kelompok kedua bertugas untuk membawa receiver LoRa ke lokasi yang sudah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa transceiver dan receiver dengan modul LoRa dapat mengirimkan data secara stabil pada jarak 50m, 100m, dan 150m. Namun, ketika jarak pengujian diperpanjang, receiver tidak dapat menerima data, sehingga pengujian dihentikan. Jarak jangkauan LoRa dipengaruhi oleh faktor seperti penghalang, daya pancar, antena, dan gangguan gelombang lain yang ada di lokasi pengujian.

5. KESIMPULAN

Sistem kerja alat monitor cuaca berbasis aplikasi pada kapal dengan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler yang mendapatkan input dari 4 sensor, hujan, windvane, anemometer, dan dht22. Mikrokontroler sebagai penerima data, menampilkan output sensor pada LCD TFT yang telah tersedia. ESP32 juga mengirimkan data input sensor ke kodular melalui wifi, guna mendapatkan output berbasis aplikasi yang dapat diakses melalui handphone.

Untuk membangun komunikasi rancang bangun pendeteksi cuaca dengan kodular membutuhkan blok program sesuai perintah yang dikirimkan aplikasi kodular dan bagaimana esp32 merespon setelah itu pilih metode koneksi yaitu wifi dengan hanya mengatur ssid dan juga password yang telah dimasukkan diblok diagram pemrograman pada

arduino ide.

Rancang bangun pendeteksi cuaca menggunakan LORA (Long Range) berbasis mikrokontroler ESP32 telah berjalan dengan baik, namun perlu dilakukan pengoptimalan dalam prinsip kerjanya agar alat dapat berfungsi lebih maksimal. Pengembangan yang perlu dilakukan untuk meningkatkan kinerja alat antara lain, pertama, disarankan untuk menggunakan sensor ombrometer yang lebih canggih daripada sensor raindrop, guna mendeteksi intensitas curah hujan dengan lebih akurat dan tahan terhadap pengaruh lingkungan ekstrem. Kedua, pengoptimalan prinsip kerja alat juga diperlukan agar sistem dapat lebih responsif terhadap perubahan cuaca yang terjadi. Ketiga, pembuatan box atau wadah yang lebih tahan terhadap kondisi lingkungan juga sangat penting, untuk melindungi komponen dari kerusakan akibat debu dan air. Dengan pengembangan-pengembangan tersebut, diharapkan alat ini dapat berfungsi dengan lebih optimal dan lebih tahan lama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

- 1) Bapak Moejiono, M.T M.Mar.E selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah menyediakan sarana dan prasarana untuk kelancaran penyelesaian KIT ini.
- 2) Bapak Dr. Agus Dwi Santoso, S.T., M.T., M.Pd. selaku dosen pembimbing I dan Ibu. Maulidiah Rahmawati, S.Si, M.Sc selaku dosen pembimbing II, yang dengan penuh ketekunan dan kesabaran membimbing saya dalam penulisan KIT ini.
- 3) Bapak Dirhamsyah, S.E., M.Pd. Selaku Ketua prodi Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal yang telah memberikan motivasi untuk mengerjakan KIT.
- 4) Bapak / Ibu dosen Politeknik Pelayaran Surabaya, khususnya lingkungan program studi Diploma IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal yang telah memberikan bekal ilmu sehingga saya dapat menyelesaikan KIT ini.
- 5) Bapak Muji dan Ibu Umi hani selaku orang tua, yang selalu menjadi semangat dalam penulisan KIT ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agung, "Sistem Monitoring. Jurnal politeknik pratama," 2024. [Online]. Available: <https://ejurnal.politeknikpratama.ac.id/index.php/JUPRIT/article/view/3722>.
- [2] Anggia uly arta siagian, "Alat Anemometer Pengukur Kecepatan dan Arah Angin." 2023. [Online]. Available: <https://lsi.fleischhacker-asia.biz/id/alat-anemometer-pengukur-kecepatan-dan-arahan-2/>.
- [3] Aldi razor, "Buzzer Arduino Pengertian, Cara Kerja, dan Contoh Program." 2020. [Online]. Available: <https://www.aldyrazor.com/2020/05/buzzer-arduino.html>.
- [4] Chandra, "Memahami Anemometer dan Wind direction Sensor." 2023. [Online]. Available: <https://testingindonesia.co.id/memahami-anemometer-dan-wind-direction-sensor/>.
- [5] Delfin Daffa Pebrian, "Alat Ukur Sinyal Lora Untuk Mengetahui Jangkauan Antara End Device Dengan Gateway." 2025. [Online]. Available: <https://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jitet/article/view/5700>.
- [6] Dwiay, "Pengertian Kodular." 2021. [Online]. Available: <https://dwiay.com/2021/02/21/pengertian-kodular/>.
- [7] Elga aris prastyo, "Arduino Nano." 2019. [Online]. Available: <https://www.arduinoindonesia.id/2019/01/arduino-nano.html>.
- [8] Musbikhin, "Apa Itu Sensor DHT11 dan DHT22 Serta Perbedaannya." 2020. [Online]. Available: <https://www.musbikhin.com/apa-itu-sensor-dht11-dan-dht22-serta-perbedaannya/>.
- [9] Nur Wasilatus Sholeha, "Cuaca." 2024. [Online]. Available: <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-7363852/pengertian-cuaca-sifat-unsur-dan-perbedaannya-dengan-iklim>.
- [10] Khabib M, "Apa Itu Sensor Hujan Pengertian,Prinsip Kerja dan Kegunaannya." 2022. [Online]. Available: <https://www.superrangkum.my.id/2022/01/apa-itu-sensor-hujan-pengertianprinsip.html>.
- [11] Sulistio, "Mikrokontriler ESP32." 2021. [Online]. Available: <https://raharja.ac.id/2021/11/16/mikrokontroler-esp32-3/>.
- [12] Yusmaniar Tanjung, "Apa Itu LCD ?dan Bagaimana Cara Kerjanya?." 2024. [Online]. Available: <https://repairin.id/blog/accecories-gadget/apa-itu-lcd-dan-bagaimana-cara->

kerja-nya/.