

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Perancangan dan Perakitan Sistem Pendingin Otomatis**

##### **4.1.1 Perancangan Sistem Pendingin Otomatis**

Alat pendingin otomatis ini dirancang untuk mengatur suhu ruangan secara mandiri dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT). Sistem ini menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang dilengkapi dengan modul LoRa untuk komunikasi data jarak jauh tanpa bergantung pada koneksi Wi-Fi. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan LCD 16x2 untuk menampilkan data suhu dan kelembapan secara real-time, serta baterai isi ulang sebagai sumber daya portabel agar alat dapat digunakan di berbagai lokasi tanpa memerlukan pasokan listrik tetap.

Rangkaian perangkat dirancang untuk bekerja dalam dua node, yaitu node pengirim (*transmitter*) dan node penerima (*receiver*). Node pengirim ditempatkan di dalam ruangan untuk membaca data suhu dan kelembapan menggunakan sensor DHT22, lalu menampilkannya pada LCD, dan mengirimkan data tersebut ke node penerima melalui komunikasi LoRa. Node penerima menerima data yang dikirim, kemudian memprosesnya untuk mengontrol kipas pendingin secara otomatis. Jika suhu ruangan melebihi 28°C, ESP32 akan mengaktifkan relay yang menyalakan kipas pendingin. Apabila suhu turun hingga batas normal, relay akan memutus aliran listrik dan kipas otomatis mati.

Perancangan ini juga memperhatikan aspek portabilitas dan kemudahan pemantauan. LCD digunakan sebagai media visual agar pengguna dapat memantau kondisi suhu dan kelembapan secara langsung. Baterai digunakan sebagai catu daya sehingga alat dapat digunakan di area yang tidak memiliki sambungan listrik permanen. Desain ini diharapkan mampu menciptakan alat pendingin yang efisien, hemat energi, dan mudah dipantau baik secara lokal maupun jarak jauh.

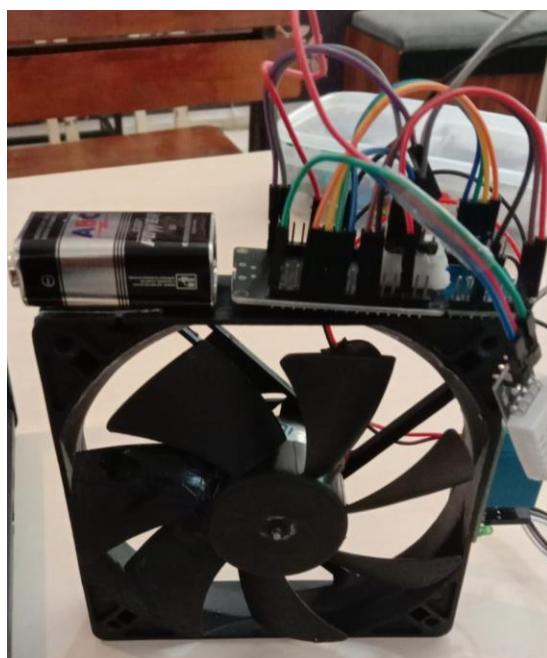
#### 4.1.2 Perakitan Sistem Elektronik

Tahap perakitan dimulai dengan mengintegrasikan seluruh komponen elektronik sesuai dengan rancangan yang telah ditentukan. Komponen utama yang digunakan meliputi ESP32, modul LoRa SX1278, sensor DHT22, relay, LCD 16x2, kipas DC 12V, serta baterai isi ulang dan modul charger TP4056. Node pengirim dan node penerima dirakit secara terpisah untuk memastikan masing-masing dapat bekerja sesuai fungsinya sebelum digabungkan menjadi satu sistem yang terintegrasi.

Sensor DHT22 dipasang pada node pengirim dan ditempatkan di area yang representatif untuk mendeteksi suhu ruangan. LCD dipasang di bagian luar casing node pengirim sehingga pengguna dapat melihat data suhu dan kelembapan secara langsung. Modul LoRa dihubungkan dengan ESP32 menggunakan jalur komunikasi SPI, sedangkan LCD menggunakan jalur I2C untuk menghemat jumlah pin yang digunakan.

Node penerima dirakit dengan modul LoRa yang berfungsi untuk menerima data suhu dan kelembapan. ESP32 pada node ini diprogram untuk membaca data tersebut dan mengontrol relay yang terhubung ke kipas DC 12V. Relay ditempatkan di dalam casing yang terlindung agar aman dari debu dan gangguan fisik. Baterai digunakan untuk memberi daya pada kedua node, sehingga sistem dapat beroperasi tanpa ketergantungan pada listrik utama.

Proses perakitan dilakukan secara bertahap, dimulai dari pemasangan ESP32 dan modul LoRa, dilanjutkan dengan penyambungan sensor, LCD, relay, dan kipas. Setelah semua komponen terpasang, dilakukan pengujian awal untuk memastikan tidak ada kesalahan koneksi dan semua komponen dapat berfungsi dengan baik.



**Gambar 4. 1 Perakitan Sistem Elektronik**

## 4.2 Pemrograman ESP32 dan Modul LoRa

Pemrograman sistem dilakukan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Program dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu program untuk node pengirim dan program untuk node penerima. Pada node pengirim, ESP32 diprogram untuk membaca data suhu dan kelembapan dari sensor DHT22. Data tersebut kemudian ditampilkan secara langsung pada LCD dan dikirimkan ke node penerima melalui komunikasi LoRa. Node penerima diprogram untuk menerima data yang dikirim, memprosesnya, lalu mengontrol kipas otomatis melalui relay.

Beberapa fungsi utama yang diprogram meliputi:

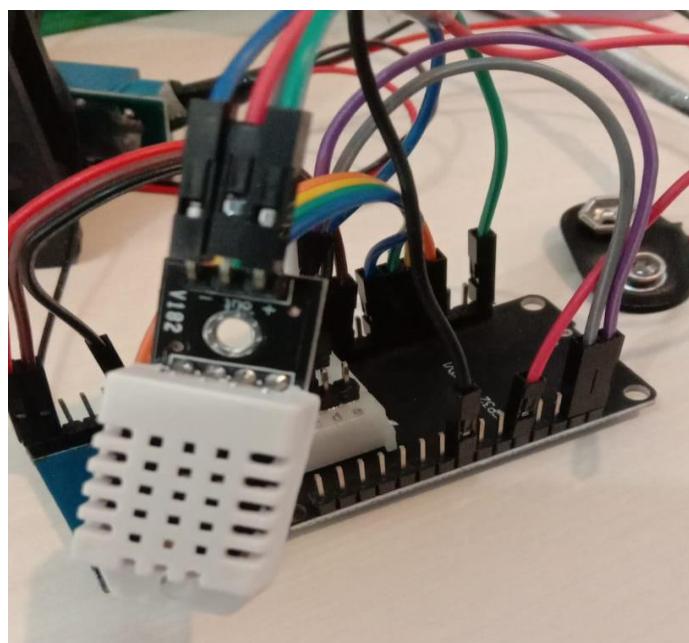
1. Inisialisasi sensor DHT22, modul LoRa, LCD, dan relay.
2. Pembacaan data suhu dan kelembapan secara berkala.
3. Pengiriman data dari node pengirim ke node penerima melalui protokol LoRa.
4. Perintah logika pengaktifan kipas ketika suhu melebihi 28°C.
5. Penampilan data suhu dan kelembapan pada LCD secara real-time.
6. Pengaturan mode hemat daya untuk memaksimalkan durasi penggunaan baterai.

Dengan pemrograman yang tepat, kedua node dapat berkomunikasi dengan stabil dan memberikan respon yang cepat terhadap perubahan suhu di ruangan.

### 4.3 Pengujian Sistem Pendingin Otomatis

#### 4.3.1 Pengujian Sensor dan LCD

Pengujian pertama dilakukan untuk memastikan sensor DHT22 membaca suhu dan kelembapan dengan akurat. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap termometer digital standar. LCD diuji untuk memastikan data yang ditampilkan jelas dan sesuai dengan pembacaan sensor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perbedaan pembacaan suhu rata-rata hanya berkisar  $0,3^{\circ}\text{C}$ , yang masih berada dalam toleransi akurasi sensor DHT22.



**Gambar 4. 2 Pengujian Sensor**

LCD berhasil menampilkan data suhu dan kelembapan dengan jelas pada dua baris layar, di mana baris pertama menunjukkan suhu ruangan dan baris kedua

menunjukkan kelembapan. Hal ini memudahkan pengguna untuk memantau kondisi ruangan secara langsung tanpa memerlukan perangkat tambahan.

#### 4.3.2 Pengujian Komunikasi LoRa

Pengujian berikutnya adalah memastikan komunikasi antara node pengirim dan node penerima melalui modul LoRa berjalan dengan stabil. Pengujian dilakukan pada jarak 5 hingga 50 meter dalam kondisi tanpa halangan dan dengan beberapa penghalang seperti dinding dan furnitur.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa LoRa dapat mengirimkan data dengan stabil hingga jarak 30 meter di dalam ruangan, dan hingga 50 meter pada area terbuka tanpa hambatan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja dengan baik untuk pemantauan dalam ruangan maupun skala kecil antar ruangan.

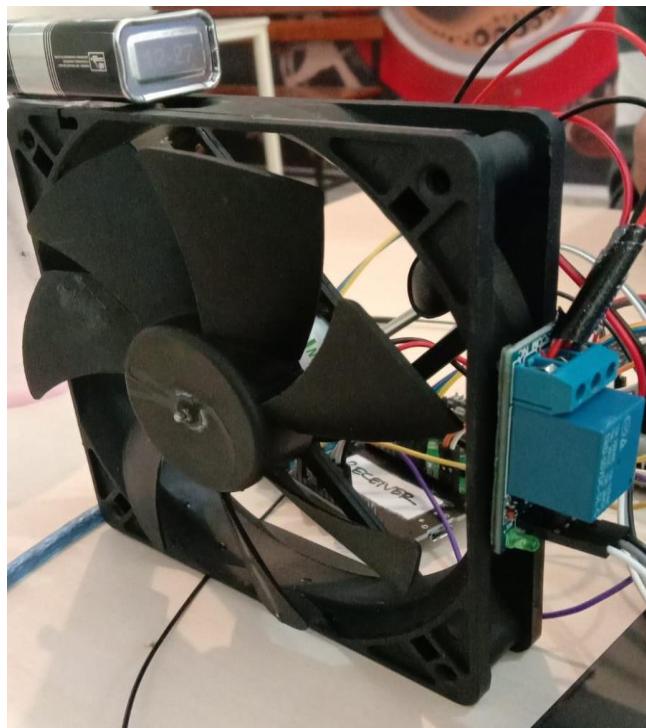
**Tabel 4. 1 Pengujian Komunikasi LoRa**

No	Jarak (Meter)	Kondisi Penghalang	Data Terkirim	Data Hilang (Packet Loss)	Keterangan
1	5	Tanpa penghalang	100%	0%	Stabil
2	10	Tanpa penghalang	100%	0%	Stabil
3	20	Tanpa penghalang	100%	0%	Stabil
4	30	Ada penghalang (dinding tipis)	95%	5%	Sedikit gangguan
5	40	Ada penghalang	80%	20%	Sinyal mulai

		(dinding tebal)			melemah
6	50	Area terbuka tanpa penghalang	90%	10%	Stabil di ruang terbuka

#### 4.3.3 Pengujian Relay dan Kipas

Relay diuji untuk memastikan dapat mengaktifkan dan mematikan kipas sesuai dengan data suhu yang diterima. Ketika suhu ruangan melebihi 28°C, relay aktif dan kipas menyala secara otomatis. Jika suhu turun di bawah batas tersebut, relay memutuskan arus dan kipas mati. Pengujian dilakukan dengan memanaskan ruangan secara bertahap menggunakan lampu pemanas dan kemudian mendinginkannya kembali. Hasil pengujian menunjukkan bahwa respon relay sangat cepat, dengan waktu rata-rata 1-2 detik setelah data diterima dari node pengirim.



**Gambar 4. 3 Pengujian Relay dan Kipas1**

#### 4.4 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan menempatkan node pengirim dan penerima pada lokasi yang berbeda dalam satu ruangan. Sensor DHT22 membaca suhu dan kelembapan, kemudian menampilkannya pada LCD dan mengirim data ke node penerima. Node penerima kemudian mengontrol kipas secara otomatis melalui relay. Berikut adalah hasil pengujian yang diperoleh:

**Tabel 4. 2 Hasil Pengujian**

No	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Status Relay	Status Kipas	LCD
1	26.5	68	OFF	Mati	OK

2	27.8	66	OFF	Mati	OK
3	28.3	65	ON	Menyala	OK
4	29.1	64	ON	Menyala	OK
5	27.5	67	OFF	Mati	OK

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa sistem berhasil mendeteksi kenaikan suhu dan memberikan respon yang tepat. Kipas hanya aktif ketika suhu melebihi 28°C dan akan mati kembali ketika suhu turun di bawah batas tersebut. LCD menampilkan data suhu dan kelembapan secara akurat selama pengujian.

#### 4.5 Pembahasan Hasil Pengujian

Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat pendingin otomatis berbasis IoT ini dapat bekerja dengan baik sesuai dengan tujuan penelitian. Sensor DHT22 mampu memberikan pembacaan yang akurat, LCD menampilkan data dengan jelas, dan LoRa memberikan komunikasi yang stabil antara node pengirim dan node penerima. Penggunaan baterai sebagai sumber daya memberikan fleksibilitas tambahan sehingga alat dapat digunakan di lokasi tanpa sumber listrik tetap. Selain itu, penggunaan LoRa terbukti lebih hemat daya dibandingkan teknologi nirkabel lainnya seperti Wi-Fi, sehingga cocok untuk aplikasi yang memerlukan komunikasi jarak jauh dan hemat energi.

Kelemahan yang ditemukan selama pengujian adalah keterbatasan jarak komunikasi LoRa di dalam ruangan yang dipengaruhi oleh hambatan fisik seperti

dinding tebal. Selain itu, kapasitas baterai perlu ditingkatkan agar alat dapat beroperasi lebih lama tanpa perlu pengisian ulang. Secara keseluruhan, alat ini berhasil memenuhi tujuan utama penelitian, yaitu menciptakan sistem pendingin otomatis yang efisien, portabel, dan dapat dipantau secara lokal maupun jarak jauh.