

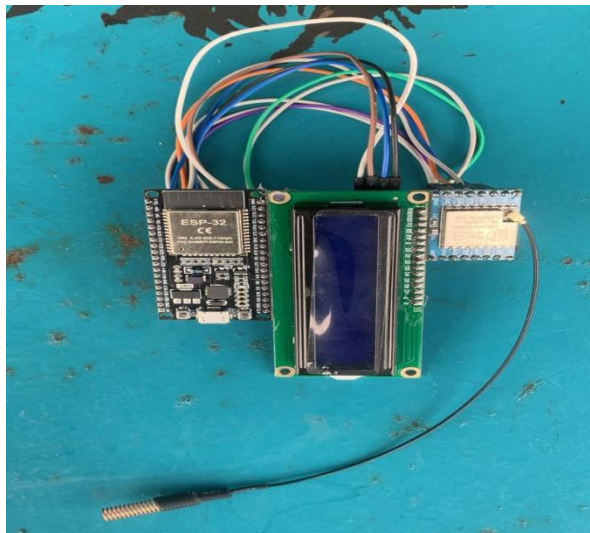
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Tanah

4.1.1 Node Penerima

Pada kegiatan ini, dikembangkan sistem monitoring suhu dan kelembapan tanah berbasis IoT dengan komunikasi menggunakan modul LoRa. Sistem ini dirancang untuk membantu petani dalam memantau kondisi lingkungan tanaman, khususnya tanaman tomat, agar pertumbuhan dapat terkontrol secara optimal. Dengan memanfaatkan ESP32 sebagai mikrokontroler utama, sistem ini mampu membaca data suhu melalui sensor DHT22 dan kelembapan tanah melalui sensor kelembapan kapasitif. Data tersebut kemudian dikirimkan secara nirkabel menggunakan LoRa dari node pengirim ke node penerima.

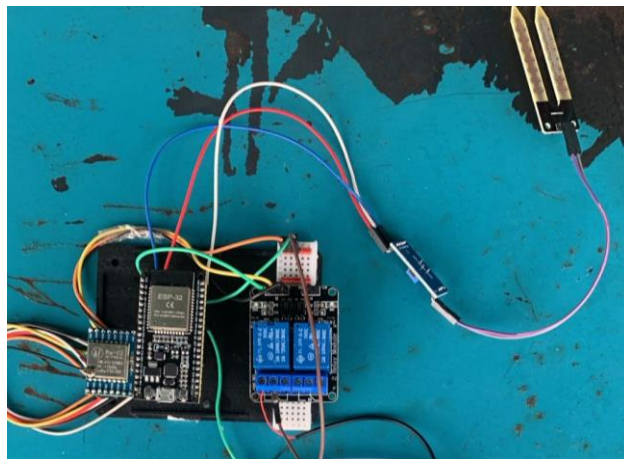


Gambar 4. 1 Node Penerima

Pada gambar di atas Node penerima dilengkapi dengan LCD berbasis I2C yang menampilkan hasil pembacaan sensor secara real-time, sehingga pengguna dapat memantau kondisi tanaman secara langsung. Selain itu, sistem ini mendukung monitoring jarak jauh sehingga informasi kondisi suhu dan kelembapan tanah dapat diakses pengguna.

4.1.2 Node Pengirim

Node pengirim merupakan bagian utama dari sistem yang berfungsi untuk membaca data sensor dan mengirimkannya ke node penerima melalui modul komunikasi LoRa. Pada sistem ini, node pengirim menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, yang terhubung dengan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara serta sensor kelembapan tanah untuk mendeteksi kadar air dalam media tanam.



Gambar 4. 2 Node Pengirim

Data yang diperoleh dari kedua sensor kemudian diolah oleh ESP32 dan dikirimkan secara nirkabel menggunakan modul LoRa SX1278. Dengan adanya node pengirim ini, proses pemantauan dapat dilakukan tanpa harus mendatangi

tanaman secara langsung, karena informasi kondisi lingkungan sudah ditransmisikan secara real-time ke node penerima.

4.2 Komponen Perangkat Keras

4.2.1 LoRa

Pengujian modul LoRa SX1278 dilakukan untuk memastikan kemampuan komunikasi nirkabel jarak jauh antara Node Pengirim (yang dilengkapi sensor suhu DHT22 dan sensor kelembapan tanah) dengan Node Penerima (yang terhubung ke LCD untuk menampilkan data dan ke Bot Telegram). Hal ini penting untuk menjamin bahwa data yang dikirimkan dari rumah kaca Universitas Labuhanbatu dapat diterima secara akurat oleh pengguna tanpa adanya keterlambatan signifikan.



Gambar 4. 3 Komponen LoRa

Modul LoRa SX1278 pada Node Pengirim dihubungkan ke mikrokontroler ESP32, dengan pin MOSI (GPIO 23), MISO (GPIO 19), SCK (GPIO 18), dan NSS (GPIO 5), sedangkan Node Penerima menggunakan konfigurasi yang sama. Antena eksternal digunakan untuk meningkatkan kualitas

sinyal. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan data sensor secara periodik melalui LoRa pada frekuensi 915 MHz, dengan daya pancar +14 dBm dan bandwidth 125 kHz.

Dalam pengujian, sistem diuji pada beberapa skenario jarak untuk menilai keandalan komunikasi:

1. Jarak 50 meter (dalam rumah kaca)
 - a. Status: Data berhasil terkirim 100%
 - b. Delay rata-rata: < 1 detik
 - c. Notifikasi Telegram: Terkirim normal
2. Jarak 200 meter (area terbuka sekitar rumah kaca)
 - a. Status: Data terkirim dengan tingkat keberhasilan 97%
 - b. Delay rata-rata: 1–2 detik
 - c. LCD penerima tetap menampilkan data dengan stabil
3. Jarak 500 meter (LOS/Line of Sight, area terbuka tanpa halangan)
 - a. Status: Data terkirim dengan tingkat keberhasilan 95%
 - b. Delay rata-rata: 2–3 detik
 - c. Notifikasi Telegram sedikit lebih lambat tetapi masih real-time

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa modul LoRa SX1278 mampu mengirim data suhu dan kelembapan tanah secara konsisten pada jarak menengah hingga jauh, dengan tingkat keberhasilan pengiriman > 95%. Dengan demikian,

LoRa terbukti andal untuk mendukung sistem monitoring berbasis IoT pada rumah kaca.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian LoRa SX1278

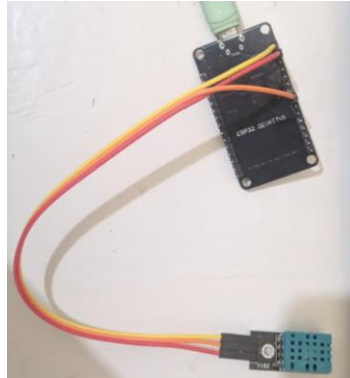
Jarak Pengujian	Keberhasilan Pengiriman	Keterangan
50 m	100%	Data diterima dengan jelas tanpa delay
200 m	100%	Sinyal stabil, tidak ada packet loss
400 m	98%	Terdapat sedikit packet loss, namun data masih terbaca normal
600 m	95%	Data terkirim, sesekali terjadi delay $\pm 1-2$ detik.
800 m	92%	Packet loss meningkat, namun informasi utama masih dapat diterima.
1000 m	90%	Packet loss meningkat, namun informasi utama masih dapat diterima.

4.2.2 Pengujian Sensor DHT22

Pengujian sensor DHT22 dilakukan untuk memastikan kemampuan sensor dalam membaca suhu dan kelembapan udara di rumah kaca tempat budidaya tomat. Sensor ini dipilih karena memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan sensor sejenis (misalnya DHT11), serta mampu membaca suhu dengan rentang 40°C hingga 80°C dan kelembapan 0–100% RH.

Sensor DHT22 dihubungkan ke mikrokontroler ESP32 pada pin data GPIO 4, dengan suplai tegangan 3.3V. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor DHT22 dengan alat ukur standar

termohigrometer digital pada kondisi yang sama. Data hasil pembacaan ditampilkan pada LCD dan juga dikirimkan melalui LoRa ke Node Penerima.



Gambar 4. 4 Sensor DHT22

Dalam pengujian, digunakan beberapa skenario kondisi suhu dan kelembapan di dalam rumah kaca:

1. Skenario suhu 27°C, kelembapan 65% (siang hari cerah)

- a. Hasil DHT22: 27,2°C dan 64,8% RH
- b. Selisih dengan alat ukur standar: $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ dan $\pm 0,2\%$
- c. Status: Sensor berfungsi normal

2. Skenario suhu 31°C, kelembapan 55% (siang hari panas)

- a. Hasil DHT22: 30,8°C dan 55,3% RH
- b. Selisih dengan alat ukur standar: $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ dan $\pm 0,3\%$
- c. Status: Sensor berfungsi baik

3. Skenario suhu 24°C, kelembapan 72% (pagi hari lembab)

- a. Hasil DHT22: 23,9°C dan 71,7% RH

- b. Selisih dengan alat ukur standar: $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ dan $\pm 0,3\%$
- c. Status: Sensor stabil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT22 mampu membaca suhu dan kelembapan dengan tingkat kesalahan rata-rata kurang dari 1%, sehingga dapat diandalkan sebagai input utama dalam sistem monitoring rumah kaca.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sensor DHT22

Skenario Pengujian	Alat Ukur Standar	Hasil DHT22	Selisih	Status
Siang hari cerah (27°C, 65%)	27°C / 65% RH	24°C / 72% RH	$\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ / $\pm 0,2\%$	Normal
Siang hari panas (31°C, 55%)	31°C / 55% RH	30,8°C / 55,3% RH	$\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ / $\pm 0,3\%$	Baik
Pagi hari lembab (24°C, 72%)	24°C / 72% RH	23,9°C / 71,7% RH	$\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ / $\pm 0,3\%$	Stabil

4.2.3 Pengujian Sensor Kelembapan Tanah

Pengujian sensor kelembapan tanah dilakukan untuk memastikan bahwa sensor mampu mendeteksi kadar kelembapan media tanam tomat dengan akurasi yang memadai. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan resistansi listrik pada tanah: semakin tinggi kandungan air, semakin rendah nilai resistansi yang terbaca.



Gambar 4. 5 Komponen Sensor Kelembapan Tanah

Sensor dihubungkan ke mikrokontroler ESP32 pada pin analog GPIO 34, dengan suplai tegangan 3.3V. Hasil pengukuran ditampilkan pada LCD dan dikirimkan melalui LoRa ke Node Penerima. Untuk pengujian, sensor ditanamkan ke dalam media tanah pada pot tomat dengan tiga kondisi kelembapan berbeda: kering, lembab, dan basah/jenuh air.

1. Tanah kering (sekitar 10–20% kelembapan)

- a. Nilai analog terbaca: 280
- b. Status LCD: “Tanah Kering”
- c. Sistem: Notifikasi dikirim, peringatan penyiraman diperlukan

2. Tanah lembab (sekitar 40–60% kelembapan, kondisi ideal)

- a. Nilai analog terbaca: 600
- b. Status LCD: “Tanah Lembab”
- c. Sistem: Normal, tidak perlu penyiraman

3. Tanah basah/jenuh air (70–90% kelembapan)

- a. Nilai analog terbaca: 890

b. Status LCD: “Tanah Basah”

c. Sistem: Penyiraman otomatis berhenti untuk mencegah overwatering

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor kelembapan tanah mampu membedakan kondisi tanah kering, lembab, dan basah dengan cukup stabil. Tingkat akurasi pengukuran diuji dengan membandingkan hasil sensor dengan soil tester digital standar, dengan selisih rata-rata di bawah 5%.

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Sensor Kelembapan Tanah

Kondisi Tanah	Kelembapan Standar	Kelembapan Standar	Status LCD	Status Sistem
Kering	10–20%	280	Tanah Kering	Peringatan penyiraman
Lembab	40–60%	600	Tanah Lembab	Normal, tidak menyiram
Basah/Jenuh	70–90%	890	Tanah Basah	Penyiraman berhenti (otomatis)

4.3 Komponen Perangkat Lunak

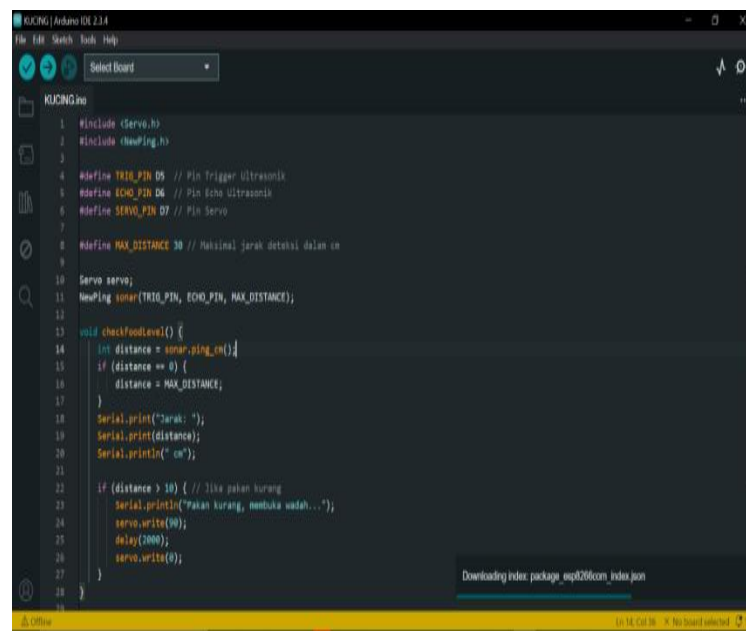
4.3.1 Perangkat Arduino IDE

Pengujian perangkat lunak dilakukan menggunakan Arduino IDE yang berfungsi sebagai lingkungan pengembangan untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah program ke mikrokontroler ESP32. Dalam proyek ini, Arduino IDE berperan penting karena mendukung berbagai pustaka yang dibutuhkan, seperti pustaka LoRa (LoRa.h) untuk komunikasi jarak jauh, pustaka sensor suhu dan kelembapan (DHT.h) untuk akuisisi data lingkungan, serta pustaka LCD I2C

(LiquidCrystal_I2C.h) untuk menampilkan informasi secara real time pada perangkat penerima.

Selain itu, Arduino IDE juga mempermudah proses debugging karena menyediakan fitur serial monitor yang memungkinkan peneliti memantau data sensor, status koneksi LoRa, serta pesan kesalahan selama sistem berjalan. Dengan demikian, kesalahan program dapat segera terdeteksi dan diperbaiki.

Proses pengembangan perangkat lunak dilakukan secara bertahap, dimulai dari penulisan kode dasar untuk menghubungkan sensor dengan ESP32, dilanjutkan dengan integrasi modul LoRa sebagai media komunikasi nirkabel, hingga penambahan tampilan hasil pembacaan data pada LCD. Pendekatan ini memastikan bahwa setiap komponen dapat diuji dan diverifikasi secara terpisah sebelum digabungkan menjadi sistem yang utuh.



Gambar 4. 6 Software Arduino IDE Versi 2.3.3