

**PENERAPAN IOT DALAM PERTANIAN PRESISI UNTUK
PENINGKATAN PRODUKSI DAN EFISIENSI
PENGGUNAAN SUMBER DAYA**



Disusun Oleh:

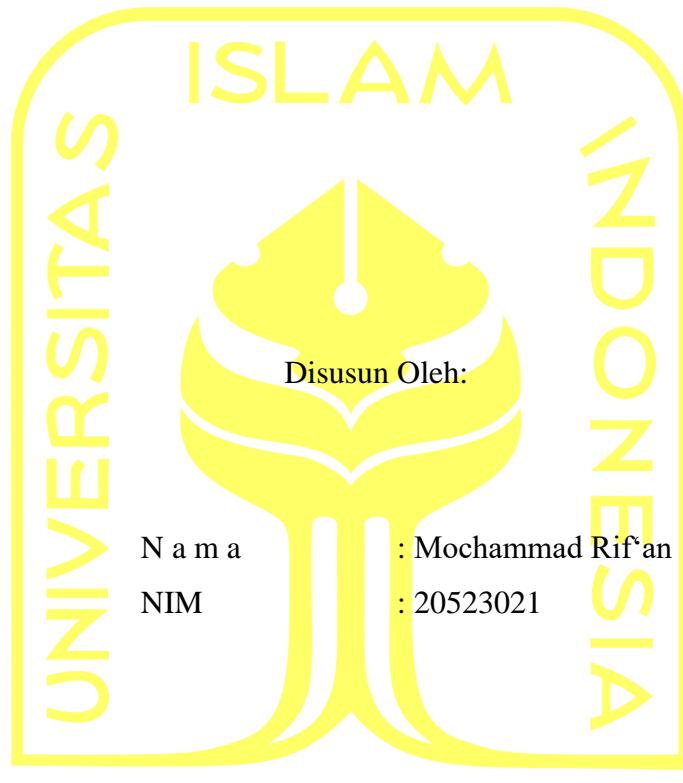
N a m a : Mochammad Rif'an
NIM : 20523021

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA – PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024**

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PENERAPAN IOT DALAM PERTANIAN PRESISI UNTUK
PENINGKATAN PRODUKSI DAN EFISIENSI
PENGGUNAAN SUMBER DAYA**

TUGAS AKHIR



جامعة
الإمام
أحمد
بن
حنبل

Yogyakarta, 25 Oktober 2024

Pembimbing,



(Kurniawan Dwi Irianto, S.T., M.Sc.)

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**PENERAPAN IOT DALAM PERTANIAN PRESISI UNTUK
PENINGKATAN PRODUKSI DAN EFISIENSI
PENGGUNAAN SUMBER DAYA**

TUGAS AKHIR

TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN SIDANG PENGUJI SEBAGAI SALAH SATU SYARAT UNTUK
MEMPEROLEH GELAR SARJANA KOMPUTER DARI PROGRAM STUDI INFORMATIKA – PROGRAM SARJANA
DI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Yogyakarta, 29 Oktober 2024

Tim Penguji

KURNIAWAN DWI IRIANTO, S.T.,

M.Sc.

Anggota 1

IRVING VITRA PAPUTUNGAN, S.T.,

M.Sc., Ph.D.

Anggota 2

Dr. NUR WIJAYANING RAHAYU,

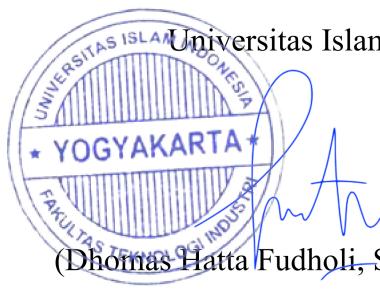
S.Kom., M.Cs.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Informatika – Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



(Dhomas Hatta Fudholi, S.T., M.Eng., Ph.D.)

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mochammad Rif'an
NIM : 20523021

Tugas akhir dengan judul:

**PENERAPAN IOT DALAM PERTANIAN PRESISI UNTUK
PENINGKATAN PRODUKSI DAN EFISIENSI
PENGGUNAAN SUMBER DAYA**

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan isi dalam tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, tugas akhir yang diajukan sebagai hasil karya sendiri ini siap ditarik kembali dan siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini dibuat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 23 Oktober 2024



HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahi Robbil ‘Alamin. Segala puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah Subhana Wa Ta’ala atas segala nikmat dan hidayah-Nya yang telah memungkinkan kita untuk terus hidup dan memeluk agama Islam dengan sepenuh hati. Shalawat serta salam tercurah kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam, yang merupakan utusan Allah terakhir dan penyempurna risalah-Nya. Beliau telah membawa umat manusia dari kegelapan menuju cahaya yang terang benderang. Dengan sepenuh hati, saya mempersesembahkan tugas akhir ini kepada orang tua tercinta yang senantiasa memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang tanpa henti. Tanpa mereka, saya tidak akan bisa mencapai titik ini. Saya juga menghaturkan terima kasih kepada keluarga besar saya yang selalu memberikan dorongan dan inspirasi, menjadi sumber motivasi dalam setiap langkah yang saya ambil. Saya ingin mengucapkan rasa terima kasih yang mendalam kepada Bapak Kurniawan Dwi Irianto, S.T., M.Sc., dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan bimbingan dan arahan berharga selama proses penyusunan tugas akhir ini. Ilmu dan pengalaman yang beliau bagi sangat berpengaruh dalam perjalanan akademis saya. Tak lupa, saya juga menghargai seluruh dosen di program studi Informatika UII yang telah berkontribusi dalam pengembangan pengetahuan dan keterampilan saya. Setiap pelajaran yang diberikan memiliki makna yang mendalam dan berharga bagi masa depan saya. Terakhir, saya mengucapkan terima kasih kepada teman-teman yang telah menjadi sahabat sejati selama masa perkuliahan. Dukungan dan semangat yang kalian berikan membuat perjalanan ini menjadi lebih bermakna dan penuh kenangan indah. Semoga semua yang saya persembahkan dalam tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua dan menjadi amal jariyah.

Wassalamu’alaikum warrahmatullahi wabarakatuh.

HALAMAN MOTO

“DON’T LEFT BEHIND”

(Mochammad Rif'an)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah memungkinkan penulis menyelesaikan tugas akhir penelitian dengan judul “Penerapan IoT dalam Pertanian Presisi untuk Peningkatan Produksi dan Efisiensi Penggunaan Sumber Daya” Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di program studi Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Penulis merasakan kebahagiaan yang mendalam dalam penulisan laporan ini, mengingat segala waktu dan kenangan yang telah dilalui. Dalam proses penulisan, penulis memperoleh dukungan dari berbagai pihak yang sangat berperan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua, kakak, adik, dan keluarga besar yang selalu mendoakan serta memberikan dukungan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Raden Teduh Dirgahayu, S.T., M.Sc., Ketua Jurusan Informatika Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dhomas Hatta Fudholi, S.T., M.Eng., Ph.D., Ketua Program Studi Informatika Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Kurniawan Dwi Irianto, S.T., M.Sc., dosen pembimbing tugas akhir, yang selalu memberikan ilmu, arahan, dan waktu untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Rekan-rekan perkuliahan yang senantiasa menemani dan memberikan dukungan dalam proses penggeraan tugas akhir ini.
7. Penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada Azzah Putri atas dukungan dan motivasi yang telah diberikan selama proses penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang konstruktif. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan taufik dan hidayah-Nya kepada kita semua. Amin.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 25 Oktober 2024



(Mochammad Rif'an)

SARI

Pengenalan teknologi Internet of Things (IoT) di sektor pertanian telah meningkatkan efisiensi dan produktivitas secara signifikan. Penelitian ini mengkaji penerapan IoT dalam sistem irigasi otonom berdasarkan sensor suhu dan kelembaban tanah, memanfaatkan NodeMCU ESP8266 dan ESP32 sebagai mikrokontroler utama. Untuk memperluas jangkauan komunikasi, modul NRF24L01 digunakan sebagai solusi nirkabel, memungkinkan transmisi data dari berbagai node sensor di area yang luas. Petani dapat memantau dan mengontrol sistem irigasi dari jarak jauh melalui aplikasi Blynk. Pengujian menunjukkan bahwa tanaman yang dikelola dengan sistem IoT mempertahankan kondisi tanah dan udara yang lebih konsisten, serta kontrol suhu dan kelembapan yang lebih efisien. Integrasi IoT dan NRF24L01 dalam sistem pertanian presisi ini membantu meningkatkan efisiensi air dan energi sekaligus mendukung inisiatif keberlanjutan dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan peningkatan permintaan pangan global.

Kata kunci: *Internet of Things, Smart farming, Pertanian, NRF24L01, Blynk*

GLOSARIUM

<i>Breadboard</i>	Alat yang digunakan untuk menyusun rangkaian elektronik.
ESP	Mikrokontroler yang terjangkau dengan fitur Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi.
Mikrokontroller	Sebuah komputer mini yang berukuran seukuran chip.
Blynk	Platform IoT yang memungkinkan pembuatan aplikasi untuk mengendalikan dan memantau perangkat keras dari jarak jauh melalui perangkat mobile dan web.
LCD	Layar yang menggunakan teknologi Liquid Crystal Display untuk tampilan.
IoT	Jaringan yang menghubungkan berbagai perangkat ke internet untuk berbagi informasi.
I2C	adalah modul tampilan yang menggunakan protokol I2C untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, hanya memerlukan dua pin (SDA dan SCL).
GPIO	Pin pada mikrokontroler yang digunakan untuk input dan output digital.
Arduino IDE	Platform untuk melakukan pemograman sistem.
Digital	Bentul segala sesuatu, baik grafis, teks, angka maupun obyek lain.
Platform	Wadah digital yang digunakan untuk berbagai keperluan.
Real-Time	Kondisi pengoperasiaoan sistem yang berjalan dalam waktu bersamaan.
NRF	Modul dan chip yang digunakan untuk komunikasi nirkabel.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTO.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SARI	viii
GLOSARIUM	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Tujuan Penelitian	3
1.6 Metodologi Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	5
1.7.1 Pendahuluan	5
1.7.2 Landasan Teori	5
1.7.3 Metodologi Penelitian	5
1.7.4 Hasil dan Pembahasan	5
1.7.5 Kesimpulan dan Saran	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 <i>Smart Farming</i>	7
2.2 IOT (<i>Internet of Things</i>).....	8
2.3 Sensor.....	9
2.3.1 Sensor Suhu DS18B20	9
2.3.2 Sensor FC-28 <i>SOIL MOISTURE</i>	10
2.3.3 Relay.....	11
2.3.4 Modul Nrf24L01	12
2.3.5 Sensor DHT11	12
2.3.6 NODEMCU ESP8266	13
2.3.7 Alasan Pemilihan dan Karakteristik Komponen	15
2.4 Kajian Pustaka.....	17
2.4.1 Penelitian Terdahulu.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Analisis Kebutuhan	20
3.1.1 Kebutuhan <i>Input</i>	20
3.1.2 Kebutuhan <i>Output</i>	21
3.1.3 Kebutuhan <i>Hardware</i>	21
3.1.4 Kebutuhan <i>Software</i>	21
3.2 Perancangan Sistem.....	21
3.2.1 Rancangan Umum Sistem.....	22
3.2.2 Rancangan Alur Kerja Sistem	23
3.2.3 Rancangan <i>Hardware</i>	24
3.2.4 Konfigurasi ESP32	26

3.2.5 Konfigurasi Sensor DHT11	27
3.2.6 Konfigurasi Sensor FC-28 <i>SOIL MOISTURE</i>	27
3.2.7 Konfigurasi Sensor DS18B20	28
3.2.8 Konfigurasi LCD 12C	29
3.2.9 Konfigurasi Modul nRF24L01	29
3.2.10 Konfigurasi NodeMcu ESP8266	30
3.2.11 Konfigurasi <i>Relay 1 Channel</i>	31
3.3 Perancangan Pengujian Sistem.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Implelentasi Sistem	34
4.1.1 Implementasi Perangkat Keras	34
4.1.2 Implementasi Perangkat Lunak	38
4.2 Penjelasan Kode Program	39
4.2.1 Kode Program ESP32 pada <i>Greenhouse</i>	39
4.2.2 Kode Program untuk NodeMcu ESP8266 pada Rumah	45
4.3 Pengujian Sistem.....	47
4.3.1 Pengujian Sensor DHT11	48
4.3.2 Pengujian Sensor FC-28 SOILMOISTURE.....	49
4.3.3 Pengujian Sensor DS18B20	52
4.3.4 Pengujian Modul nRF24L01	55
4.3.5 Pengujian LCD 16X2 I2C	56
4.3.6 Pengujian <i>Relay</i>	58
4.4 Analisis Tanaman yang Menggunakan Perangkat <i>Internet of Things</i> (IoT) dengan yang Tidak Menggunakan Perangkat <i>Internet of Things</i> (IoT).....	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Sensor Kelembapan Tanah.....	10
Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Sejenis	16
Tabel 3.1 Skema Pengujian Komponen.....	30
Tabel 4.1 Hasil Pengujian dari Tanaman	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sensor Suhu DS18B20.....	9
Gambar 2.2 Sensor FC-28 SOIL MOISTURE	9
Gambar 2.3 Relay	11
Gambar 2.4 Modul nRF24L01.....	11
Gambar 2.5 Sensor DHT11	12
Gambar 2. 6 NodeMCU ESP8266.....	13
Gambar 3. 1 Tahapan Penggerjaan Penelitian	17
Gambar 3. 2 Rancangan umum system.....	20
Gambar 3. 3 Alur kerja sistem	21
Gambar 3.4 Rancangan Rangkaian Alat	22
Gambar 3.5 Konfigurasi ESP32.....	23
Gambar 3.6 Konfigurasi Sensor DHT11	24
Gambar 3.7 Konfigurasi Sensor FC-28 <i>SOIL MOISTURE</i>	25
Gambar 3.8 Konfigurasi DS18B20.....	25
Gambar 3.9 Konfigurasi LCD I2C.....	26
Gambar 3.10 Konfigurasi Modul nRF24L01.....	27
Gambar 3.11 Konfigurasi NodeMcu ESP8266.....	27
Gambar 3.12 Konfigurasi Relay 1 Channel.....	28
Gambar 4. 1 Perangkat Keras	32
Gambar 4. 2 Implementasi Komponen	35
Gambar 4.3 Tampilan aplikasi blynk.....	35
Gambar 4.4 Kode memanggil library	37
Gambar 4.5 Kode inisialisasi komponen	38
Gambar 4.6 Kode setup untuk ESP32.....	39
Gambar 4.7 Kode bagian loop	40
Gambar 4.8 Kode untuk mengatur relay	41
Gambar 4.9 Kode NodeMCU ESP8266 yang berfungsi sebagai penerima data dari ESP32..	43
Gambar 4.10 Pengujian DHT11	46
Gambar 4.11 Tampilan suhu udara	46
Gambar 4.12 Pengujian FC-28 soilmoisture.....	48
Gambar 4.13 Tampilan Blynk.....	48
Gambar 4.14 Pengujian sensor DS18B20.....	51
Gambar 4.15 Tampilan Suhu tanah	51

Gambar 4.16 Pengujian nRF24L01	53
Gambar 4.17 Pengujian LCD 16X2 I2C	54
Gambar 4.18 Relay 1 channel.....	56
Gambar 4.19 Kondisi awal tanaman cabai	59
Gambar 4.20 Grafik tinggi tanaman hari pertama	61
Gambar 4.21 Grafik jumlah daun hari pertama	61
Gambar 4.22 Grafik tinggi tanaman hari kedua.....	62
Gambar 4.23 Grafik jumlah daun hari kedua.....	62
Gambar 4.24 Grafik tinggi tanaman hari ketiga	63
Gambar 4.25 Grafik jumlah daun hari ketiga	63
Gambar 4.26 Grafik tinggi tanaman hari keempat.....	64
Gambar 4.27 Grafik jumlah daun hari keempat	64
Gambar 4.28 Grafik tinggi tanaman hari kelima	65
Gambar 4.29 Grafik jumlah daun hari kelima	65
Gambar 4.30 Grafik tinggi tanaman hari keenam.....	66
Gambar 4.31 Grafik jumlah daun hari keenam	66
Gambar 4.32 Grafik tinggi tanaman hari ketuju	67
Gambar 4.33 Grafik jumlah daun hari ketuju	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini pengembangan teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) semakin banyak digemari oleh banyak orang, terutama dalam konteks bidang pertanian, dikarenakan kemudahan yang ditawarkannya. Banyak hal dapat dilakukan dalam pertanian modern asalkan perangkat dan alat yang digunakan terhubung dengan koneksi internet. Dengan memanfaatkan perkembangan teknologi ini, pertanian kondisi tanah, cuaca, dan tanaman, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi sumber daya.

Pertanian merupakan sektor ekonomi yang sangat vital dalam kehidupan manusia, karena memberikan pasokan yang sebelumnya memerlukan upaya manual dapat dijalankan secara otomatis, memberikan efisiensi yang tinggi, dan menjadi praktis dengan bantuan teknologi IoT. Hal ini membuka peluang baru untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam sektor pertanian. Dalam konteks pertanian, IoT memungkinkan pemantauan dan pengendalian yang lebih akurat terhadap berbagai aspek, seperti pangan yang sangat dibutuhkan. Peningkatan produksi dan efisiensi penggunaan sumber daya dalam pertanian menjadi hal yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan pangan yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dunia. Dalam beberapa dekade terakhir, pertumbuhan populasi global telah mengalami lonjakan signifikan, dan proyeksi masa depan menunjukkan bahwa kebutuhan akan pangan akan terus meningkat. Di sinilah peran teknologi, seperti *Internet of Things* (IoT), menjadi semakin relevan. Monoarfa (2023) menyatakan bahwa perubahan iklim berisiko mencetak kerugian ekonomi yang tembus Rp 500 triliun pada 2020-2024 jika pemerintah tidak melakukan intervensi kebijakan. Pertanian mengalami dampak yang signifikan, mulai dari perubahan pola musim tanam hingga terus berlanjutnya konversi lahan. Akibatnya, pendapatan petani berisiko turun 9-25 persen, pertanian harus menghasilkan lebih banyak dengan sumber daya yang tersedia, dan ini adalah tempat di mana konsep pertanian presisi dengan bantuan teknologi IoT berperan penting. IoT memungkinkan pemantauan yang lebih akurat dan kontrol yang efisien atas berbagai aspek pertanian, seperti penggunaan air, pemupukan, dan manajemen tanaman. Dengan cara ini, IoT dapat membantu mengoptimalkan produksi pertanian, mengurangi limbah sumber daya, dan menjawab tantangan yang dihadapi sektor pertanian dalam memenuhi kebutuhan pangan global yang terus tumbuh.

Hal ini membuktikan pemantauan kelembapan tanah penting dilakukan agar hasil panen mencapai tingkat optimalnya. Dengan begitu, dibutuhkan alat pemantau kelembapan tanah dan

penyiraman otomatis yang terintegrasi dengan teknologi informasi guna memudahkan proses monitoring dan sesuai dengan kebutuhan. Sistem ini tidak hanya meningkatkan produktivitas pertanian, tetapi juga dapat mengurangi penggunaan air secara efisien dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, topik penelitian ini adalah "Penerapan IoT dalam Pertanian Presisi untuk Peningkatan Produksi dan Efisiensi Penggunaan Sumber Daya". Penelitian ini diharapkan dapat memberikan secara signifikan meningkatkan produktivitas pertanian, meminimalkan risiko yang disebabkan oleh perubahan iklim, dan secara efisien mengelola sumber daya. Dengan demikian, penelitian ini menjadi sangat relevan dalam mendukung upaya memenuhi kebutuhan pangan yang terus tumbuh di tengah tantangan lingkungan yang semakin kompleks.

Penerapan IoT dalam pertanian presisi menjadi solusi inovatif untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi para petani. Dalam konteks ini, alat yang akan dibuat terinspirasi dari permasalahan praktis yang seringkali dihadapi petani, seperti kesulitan dalam mengatur irigasi di sawah yang berjarak jauh dari rumah mereka. *Monitoring* dan pengendalian pintu saluran irigasi yang masih dilakukan secara manual seringkali memaksa petani untuk melakukan perjalanan bolak-balik dari rumah ke sawah, mengakibatkan penurunan efektivitas kerja. pengontrolan dan pemantauan sistem irigasi dapat dilakukan secara fleksibel, kapan saja dan di mana saja, asalkan terhubung dengan jaringan internet melalui aplikasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengatasi permasalahan-permasalahan tersebut dengan menciptakan sistem baru yang otomatis, yang akan sangat membantu pekerjaan petani. Dengan memanfaatkan *smartphone* dan fasilitas internet, penerapan *Internet of Things* (IoT) menjadi wahana yang memungkinkan kendali jarak jauh yang terhubung dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Sistem ini akan memberikan akses untuk membuka dan menutup pintu irigasi yang telah dibentuk, serta pengendalian sistem akan dapat dilakukan dari jarak jauh melalui jaringan internet. Dengan demikian, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat secara signifikan meningkatkan produktivitas pertanian, mengurangi risiko yang diakibatkan oleh perubahan iklim, serta memberikan efisiensi dalam pengelolaan sumber daya, yang pada gilirannya akan memberikan dukungan yang sangat relevan dalam upaya memenuhi kebutuhan pangan yang terus tumbuh, di tengah tantangan lingkungan yang semakin kompleks.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana penerapan *Internet of Things* (IoT) dalam pertanian presisi yang dapat meningkatkan produksi pertanian, efisiensi penggunaan sumber daya, dan ketahanan terhadap perubahan iklim?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan agar penelitian bisa berjalan dengan lebih terfokus. Beberapa batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Sistem ini tidak membedakan kelembapan tanah pada jenis tanah yang berbeda
- b. Penelitian ini akan terfokus pada penerapan IoT dalam pertanian presisi, dengan penekanan pada pemantauan tanah, manajemen irigasi.
- c. Lingkup penelitian akan dibatasi pada aspek teknis dan teknologi IoT dalam konteks pertanian.
- d. Alat ini hanya mengontrol penyemprotan, memonitoring suhu dan kelembapan tanah dan udara melalui *smartphone*.
- e. Pengembangan *prototipe* ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan ESP32.
- f. Sensor yang dipakai yaitu sensor kelembapan tanah dan sensor suhu.

1.4 Manfaat Penelitian

Memberi kemudahan bagi masyarakat untuk menjaga dan merawat kondisi tanah tetap lembab, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

- a. Merancang serta membuat alat pengontrolan irigasi dengan menggunakan mikrokontroller berbasis NodeMCU ESP8266 dan ESP32.
- b. Menganalisis peran teknologi IoT dalam meningkatkan produksi pertanian dan efisiensi penggunaan sumber daya.
- c. Mengevaluasi dampak positif penerapan IoT dalam pertanian terhadap ketahanan terhadap perubahan iklim.
- d. Menentukan praktik terbaik dalam penerapan IoT untuk pertanian presisi.
- e. Membantu para petani agar dapat lebih leluasa berinovasi untuk mengontrol irigasi.

1.6 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan dalam menyusun tugas akhir ini meliputi beberapa tahap-tahapan sebagai berikut:

a. Analisis kebutuhan

Tahapan ini merupakan langkah untuk menentukan apa saja yang dibutuhkan untuk sistem pengairan otomatis, seperti: analisis kebutuhan fungsi, analisis kebutuhan input, analisis kebutuhan perangkat keras, dan analisis kebutuhan perangkat lunak.

b. Perencanaan dan perancangan

Pada tahapan ini dilakukan proses perencanaan dan perancangan sistem kendali sensor yang nantinya dapat melakukan pengairan otomatis. Adapun beberapa tahap perancangan yang dilakukan yaitu: perancangan sistem, perancangan perangkat lunak, perancangan perangkat keras, dan perancangan antarmuka.

c. Implementasi

Pada tahapan ini merupakan tahapan dimana proses perencanaan, analisis dan desain yang telah dibuat pada tahap sebelumnya di implementasikan.

d. Pengujian

Tahapan ini merupakan tahapan akhir, dimana perangkat yang telah dibangun diuji sehingga mengetahui apakah hasil sesuai dengan kebutuhan atau tidak. Beberapa pengujian meliputi: Pengujian *monitoring output* sensor berbasis aplikasi *mobile*, pengujian penyemprotan otomatis, dan pengujian penyemprotan manual.

e. Evaluasi

Bagian evaluasi adalah tahap penilaian kinerja sistem yang dilengkapi dengan informasi mengenai keberhasilan dan hasil dari seluruh proyek. Evaluasi kinerja system bertujuan untuk menilai sejauh mana sistem memenuhi tujuan dan kebutuhan yang telah ditetapkan, termasuk akurasi pengendalian irigasi dan respons terhadap perubahan lingkungan. Evaluasi antarmuka pengguna untuk mengukur kualitas antarmuka pengguna untuk memastikan kemudahan interaksi, kejelasan pesan kesalahan, dan navigasi yang mudah. Evaluasi efisiensi dan keberlanjutan untuk mengevaluasi penggunaan energi, biaya, dan keberlanjutan sistem, termasuk efisiensi operasional dan dampak lingkungan.

1.7 Sistematika Penulisan

Bab ini akan membahas secara mendalam tentang Internet of Things (IoT), perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian, serta tinjauan penelitian terdahulu yang relevan. Pembahasan ini bertujuan untuk memberikan landasan teoritis yang kuat dan mendukung teori-teori yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini. Selain itu, analisis terhadap komponen-komponen tersebut akan memperjelas bagaimana teori-teori tersebut diterapkan dalam konteks penelitian ini, sekaligus memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang topik yang diangkat.

1.7.1 Pendahuluan

Bab ini merupakan bagian awal dari laporan yang mencakup latar belakang, perumusan masalah, manfaat penelitian, tujuan penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan. Bagian ini bertujuan untuk menguraikan ruang lingkup penelitian secara menyeluruh.

1.7.2 Landasan Teori

Bab ini akan membahas secara rinci tentang Internet of Things (IoT), perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan, sistem pertanian presisi, serta tinjauan penelitian terdahulu yang relevan. Tujuan dari bagian ini adalah untuk mendukung teori-teori yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini.

1.7.3 Metodologi Penelitian

Bab ini akan mengulas gambaran umum sistem, kebutuhan sistem, serta rancangan sistem. Bagian ini bertujuan untuk menjelaskan secara menyeluruh seluruh proses yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini.

1.7.4 Hasil dan Pembahasan

Bab ini akan menguraikan proses pengujian, implementasi, serta pembahasan. Bagian ini bertujuan untuk menyajikan dan menganalisis hasil yang diperoleh dari penelitian tugas akhir ini, sekaligus memberikan penjelasan mendalam mengenai temuan-temuan yang ada. Dengan demikian, bab ini berfungsi sebagai landasan untuk memahami sejauh mana penelitian ini berhasil mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

1.7.5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini akan membahas kesimpulan dan saran berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan. Bagian ini bertujuan untuk menyajikan kesimpulan utama dari penelitian serta memberikan rekomendasi yang dapat digunakan untuk mengembangkan penelitian ini di masa mendatang.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 *Smart Farming*

Sektor pertanian adalah tulang punggung dalam penyediaan pangan bagi populasi suatu negara dan memiliki kontribusi yang signifikan dalam pencapaian tujuan pembangunan ekonomi nasional. Indonesia, sebagai negara yang didominasi oleh sektor pertanian, memiliki sebagian besar penduduknya yang menggantungkan mata pencahariannya dalam sektor ini. Hal ini menggarisbawahi betapa pentingnya sektor pertanian dalam konteks ekonomi, ketahanan pangan, dan pekerjaan. Sektor pertanian bukan hanya memberikan kontribusi terhadap kebutuhan pangan masyarakat, tetapi juga memiliki dampak ekonomi yang kuat. Dalam banyak kasus, pertanian menciptakan lapangan kerja yang tinggi dalam penyerapan angkatan kerja. Petani, pengusaha pertanian, serta pekerja di sektor ini semua terlibat dalam rantai produksi pangan, dari bercocok tanam hingga distribusi. Dengan begitu, sektor pertanian tidak hanya mengurangi tingkat pengangguran, tetapi juga memberikan sumber penghasilan bagi jutaan keluarga. Selain itu, sektor pertanian memiliki kemampuan untuk menyediakan keragaman pangan. Tanaman yang beragam dan berbagai macam hasil ternak dapat memenuhi berbagai kebutuhan gizi masyarakat. Ini berarti bahwa sektor pertanian memiliki pengaruh langsung terhadap pola konsumsi dan gizi masyarakat (Sukanteri *et al.*, 2019).

Pertanian Pintar, yang terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT), merupakan sebuah inovasi di mana teknologi modern menggantikan metode-metode tradisional dalam rangka memberikan kemudahan kepada petani dan pekebun dalam menjalankan aktivitas mereka. Konsep *Smart Farming* ini bertujuan untuk membuat kegiatan berkebun lebih aksesibel dan efisien bagi berbagai lapisan masyarakat. Dalam kerangka ini, dikembangkan suatu sistem yang memungkinkan pemantauan dan penyiraman tanaman melalui aplikasi yang dapat diakses melalui telepon pintar. Sistem ini mengoptimalkan manfaat dari IoT untuk mengubah cara berkebun, membuatnya lebih sederhana dan produktif. Dalam pemilihan komponen untuk proyek ini, berfokus pada keberlanjutan, efisiensi biaya, dan kemudahan penggunaan. Komponen utama yang digunakan dalam sistem ini mencakup ESP8266, sensor suhu dan kelembapan, serta sensor kelembapan tanah. Dengan demikian, *Smart Farming* dengan pendekatan IoT membawa konsep pertanian ke tingkat berikutnya dengan meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan ketersediaan pangan untuk masyarakat (Rahim *et al.*, 2021).

2.2 IOT (*Internet of Things*)

Pada tahun 1990, John Ramkey dan Simon Hackett melakukan kolaborasi untuk mengembangkan sebuah perangkat yang merupakan pemanggang roti yang terhubung ke internet melalui jaringan TCP atau IP, dikendalikan melalui Protokol Manajemen Informasi Dasar (SNMP MIB) dengan satu kontrol untuk mengaktifkan daya, meskipun masih memerlukan intervensi manusia untuk memasukkan roti ke perangkat tersebut. Pada tahun 1999, perangkat ini ditingkatkan dengan penambahan sebuah robot derek kecil yang dapat dikendalikan melalui internet dan mampu mengambil serta meletakkan roti ke dalam perangkat tersebut. Pada tahun yang sama, Kevin Ashton, direktur eksekutif Auto ID Centre MIT, menciptakan istilah "*The Internet of Things*" (IoT) dan mengembangkan peralatan berbasis *Radio Frequency Identification global* (RFID) dengan sistem identifikasi. Penemuan ini dianggap sebagai tonggak penting dalam komersialisasi IoT. Selanjutnya, pada tahun 2000, perusahaan multinasional asal Korea Selatan, LG (*Lucky and Goldstar*), mengumumkan rencana untuk mengembangkan kulkas cerdas yang dapat secara otomatis menentukan apakah makanan di dalamnya perlu diisi ulang. Tahun 2003 menjadi awal penggunaan RFID pada tingkat militer tinggi oleh militer AS dalam Program Savi.

Pada tahun yang sama, teknologi RFID mulai diperluas dan digunakan di berbagai toko untuk berbagai aplikasi. Pada tahun 2005, banyak publikasi terkemuka seperti *The Guardian*, *Boston Globe*, dan *American Scientific* mengutip sejumlah artikel yang membahas IoT. Pada tahun 2008, IPSO Alliance didirikan dengan tujuan mempromosikan penggunaan *Internet Protocol* (IP) dalam jaringan *Smart Object* dan mendukung perkembangan *Internet of Things*. Pada tahun yang sama, penggunaan *white space spectrum* disetujui oleh FCC. Kemudian, pada tahun 2011, diperkenalkannya IPv6 membawa pertumbuhan signifikan dalam domain *Internet of Things*. Perkembangan ini diperkuat oleh berbagai inisiatif dari perusahaan-perusahaan besar seperti IBM, Cisco, dan Ericson di sektor pendidikan dan komersial, sehingga teknologi IoT hanya dapat dijelaskan sebagai hubungan antara komputer dan manusia (Taufik, A., 2022).

Secara keseluruhan, *Internet of Things* (IoT) adalah ide menghubungkan berbagai perangkat cerdas dengan perangkat cerdas lainnya, baik untuk pertukaran data maupun pengendalian melalui internet. Saat ini, konsep IoT telah mengalami perkembangan pesat dan diterapkan dalam banyak objek di sekitar kita. Diperkirakan bahwa pada tahun 2020, sekitar 50 miliar objek telah terhubung ke internet. Meskipun telah banyak digunakan dalam berbagai perangkat untuk meningkatkan kehidupan sehari-hari, IoT belum memiliki definisi resmi yang dapat diterima secara universal.

Pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) dalam sektor pertanian memiliki potensi besar untuk menghadirkan kemajuan dan presisi yang signifikan dalam praktik pertanian. Dengan bantuan IoT, petani dan semua pihak terlibat dalam kegiatan pertanian dapat terhubung dengan data yang sesuai dengan kebutuhan mereka. Tujuan utama penerapan IoT dalam pertanian adalah untuk memberikan kontribusi positif dalam meningkatkan, menjaga, dan mengoptimalkan hasil produksi pertanian, serta menyederhanakan dan meningkatkan distribusi makanan. Pengembangan aplikasi IoT dalam pertanian dapat disesuaikan dengan berbagai keperluan, seperti peningkatan kualitas dan kuantitas produksi, peningkatan ketahanan pertanian, serta efisiensi biaya dalam seluruh rantai produksi pertanian (Wijaya & Rivai, 2018).

2.3 Sensor

Sensor atau tranduser adalah komponen elektronik yang berfungsi mengubah berbagai besaran fisik menjadi sinyal listrik. Dalam berbagai aplikasinya, sensor-sensor ini memainkan peran kunci dalam mendeteksi dan mengukur fenomena-fenomena fisik seperti suhu, kelembapan udara, tekanan udara, konsentrasi gas, kualitas udara, dan banyak lainnya. Sensing merupakan elemen fundamental dalam kegiatan pengukuran dan instrumentasi, memungkinkan pengukuran perubahan nilai berbagai besaran yang diobservasi. Hasil pengukuran tersebut kemudian dapat divisualisasikan sebagai keluaran dari sistem pengukuran yang terintegrasi, seringkali berbasis *Internet of Things* (IoT), yang semakin mendominasi dunia teknologi saat ini. Dengan integrasi sensor dan IoT, data pengukuran dapat diakses, dipantau, dan dianalisis secara *real-time*, membawa kemajuan signifikan dalam pemahaman dan pengelolaan lingkungan, infrastruktur, dan berbagai aplikasi lainnya (Gunadi & Rachmawati, 2022).

2.3.1 Sensor Suhu DS18B20

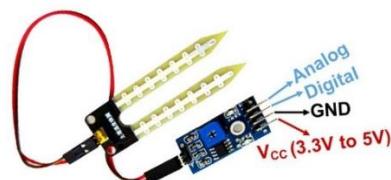
Sensor DS18B20 adalah sensor digital yang memiliki ketelitian tinggi dalam pengukuran suhu, mampu mengukur dengan presisi sejauh 9 hingga 12-bit, serta dapat mengukur suhu dalam rentang luas antara -55°C hingga 125°C. Di rentang suhu yang lebih umum, yaitu -10 sampai +85°C, sensor ini mampu memberikan akurasi sekitar +/-0.5 derajat. Sensor ini beroperasi menggunakan protokol komunikasi 1-wire (satu kawat) dan mendukung rentang daya dari 3.0V hingga 5.5V(Suryatini *et al*, 2018).



Gambar 2.1 Sensor Suhu DS18B20
Sumber : (Rasid & Mazuki, 2017)

2.3.2 Sensor FC-28 SOIL MOISTURE

Sensor kelembapan tanah, yang dikenal sebagai soil moisture sensor, dirancang khusus untuk mendeteksi tingkat kelembapan di dalam tanah. Sensor kelembapan ini menggunakan komponen FC-28 soil moisture sensor yang telah dilengkapi dengan potensiometer dan komparator LM393, sehingga memastikan deteksi kelembapan yang lebih akurat dan dapat diandalkan. Sensor ini memiliki spesifikasi yang cermat dan dapat bekerja dalam berbagai kondisi lingkungan, membantu para pengguna untuk memantau dan mengukur kelembapan tanah dengan tepat (Kresna & Iqsyahiro, 2022).



Gambar 2.1 Sensor FC-28 SOIL MOISTURE
Sumber: (Candra & Maulana, 2019)

Spesifikasi

Operating voltage 3.3V-5V

PCB size: 3.2cm x 1.4cm

Power indicators: (red) and digital switching output indicator (green)

Comparator Chip : LM393

Pinouts:

VCC: .3.3V-5V

GND: 0V *Ground Reference*

DO: *digital output* (0 or 1)

AO: *Analog output* (0 – VCC)

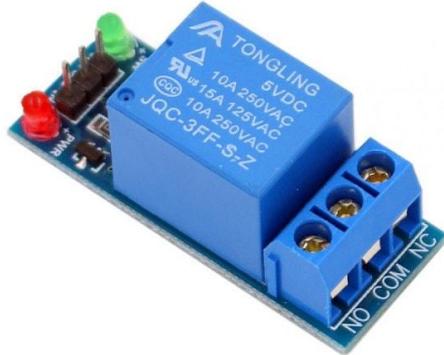
Penentuan kadar air tanah dilakukan dengan menggunakan sensor kelembapan tanah, yang terdiri dari sejumlah sensor yang membentuk probe khusus untuk mengukur kelembapan tanah. Selain itu, ada pula Pengukur Kelembapan Neutron (NHM) berbasis fluoresensi yang dapat digunakan untuk tujuan ini. Proses pengukuran menggunakan dua elektroda yang ditanam dalam tanah untuk memperkirakan kadar air tanah dengan memonitor permitivitas tanah. Jika tanah memiliki karakteristik air bebas, seperti tanah berpasir, maka kadar airnya akan berbanding lurus dengan hasil pembacaan sensor. Namun, perlu dicatat bahwa jenis dan suhu tanah dapat memengaruhi pembacaan probe, yang tidak selalu menunjukkan hubungan linier dengan kadar air yang sebenarnya.

Tabel 2.1 Spesifikasi Sensor Kelembapan Tanah

Spesifikasi	Nilai	Penjelasan
Jumlah Pin	4 buah	Pin VCC, GND, A0, D0
Pin VCC	3.3 V atau 5V	Catu daya 3,3 vdc – 5vdc
Pin DND	-	Catu Daya Tanah
Pin A0	-	Pin
Pin D0	-	
Arus	35 A	-
Tegangan Keluaran Sinyal	0 - 4.2 V	-
Keluaran Digital	0 atau 1	-
Keluaran Analog	Resistansi	-
Dimensi Panel	3.0 x 1.6 cm	-
Dimensi Probe	6.0 x 3.0 cm	-

2.3.3 Relay

Relay adalah sebuah komponen elektronik yang menggunakan prinsip induksi medan elektromagnetik untuk menghubungkan dan memutus suatu sirkuit listrik. Saat arus listrik mengalir melalui penghantar, akan dihasilkan medan elektromagnetik. Medan elektromagnetik ini kemudian menginduksi bahan ferromagnetik atau bahan yang mudah terpengaruh oleh medan elektromagnetik. Bahan ferromagnetik ini akan menjadi sementara menjadi magnet saat diinduksi oleh medan elektromagnetik dari penghantar. Magnet yang terbentuk akan menarik kontak *relay*, sehingga menghubungkan atau memutuskan suatu rangkaian listrik. *Relay* memiliki tiga pin, di mana dua di antaranya berperan sebagai kontak *Normally Open*, yang berarti bahwa dalam keadaan istirahat, kontak-kontak tersebut terhubung, dan ada juga kontak *Normally Closed*, yang berarti bahwa kontak-kontak ini akan terhubung ketika ditarik oleh material ferromagnetik yang menjadi magnet sementara (Wijaya & Rivai, 2018).



Gambar 2.3 Relay
Sumber: (Alfariski *et al.*, 2022)

2.3.4 Modul Nrf24L01

Modul nirkabel NRF24L01 adalah sebuah modul komunikasi yang menggunakan gelombang RF 2,4GHz pada frekuensi ISM (Industrial, Scientific, and Medical). Modul ini berkomunikasi melalui antarmuka SPI (Serial Peripheral Interface). NRF24L01+ mengintegrasikan pemancar lengkap RF 2,4GHz, penerima RF, dan akselerator protokol Enhanced Shockburst yang mendukung antarmuka SPI berkecepatan tinggi untuk pengendalian aplikasi. Modul ini menawarkan solusi daya ultra rendah yang memungkinkan baterai bertahan selama beberapa bulan. Modul ini cocok untuk pembuatan perangkat tambahan komputer, perangkat permainan, perangkat kebugaran dan olahraga, mainan anak-anak, dan alat lainnya.

Modul NRF24L01+ memiliki 8 pin, yaitu: VCC (3,3V DC), GND, CE, CSN, MOSI, MISO, SCK, dan IRQ. (Af'idah *et al.*, 2014)

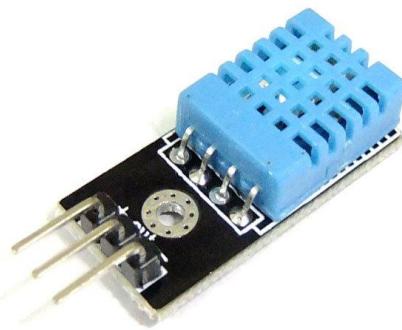


Gambar 2.4 Modul nRF24L01
Sumber: (Khatib Barokah *et al.*, 2019)

2.3.5 Sensor DHT11

Sensor DHT11 adalah perangkat elektronik yang mengukur suhu dan kelembapan udara. Sensor ini populer dalam proyek elektronik dan aplikasi IoT karena mudah digunakan,

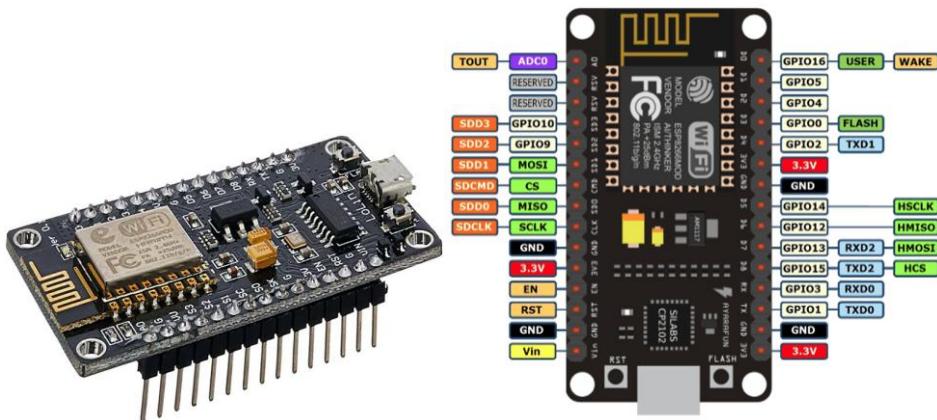
terjangkau, dan andal. DHT11 terdiri dari sensor kelembapan resistif dan termistor suhu yang mengirimkan sinyal digital ke mikrokontroler seperti ESP32 atau Arduino. DHT11 beroperasi dalam rentang suhu 0 hingga 50 derajat Celsius dan kelembapan 20 hingga 90 persen RH, dengan tingkat akurasi yang memadai. Sensor ini mudah dipasang dengan hanya memerlukan satu resistor pull-up. Keuntungan utama DHT11 adalah kemampuannya menggabungkan pengukuran suhu dan kelembapan dalam satu paket kecil, menjadikannya ideal untuk pemantauan lingkungan secara bersamaan. Penggunaannya termasuk dalam sistem otomatisasi rumah, stasiun cuaca, dan pengelolaan lingkungan di greenhouse. Dengan DHT11, kondisi lingkungan dapat dipantau secara real-time untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman dan mengontrol sistem pendingin atau pemanas (Pratama *et al.*, 2019).



Gambar 2.5 Sensor DHT11
Sumber: (Pratama *et al.*, 2019)

2.3.6 NODEMCU ESP8266

NodeMcu Esp8266 adalah sebuah *firmware* interaktif yang berbasis pada bahasa LUA. Papan ini dilengkapi dengan *flash* sebesar 4MB dan memiliki 11 pin GPIO, di mana 10 dari pin tersebut mendukung modulasi lebar pulsa (PWM) untuk mengatur kecepatan berbagai perangkat elektronik. Selain itu, terdapat 1 pin ADC untuk melakukan pengukuran analog. NodeMcu juga memiliki 2 pasang UART yang memungkinkan komunikasi serial, serta mendukung konektivitas WiFi pada frekuensi 2,4GHz dengan dukungan untuk protokol keamanan WPA/WPA2 (Kresna & Iqsyahiro, 2022).



Gambar 2. 6 NodeMCU ESP8266

Sumber: (Nasron *et al.*, 2019)

Spesifikasi Modul NodeMCU ESP8266

- a. Mikrokontroler / Chip : ESP8266-12E
- b. Tegangan Input : 3.3 ~ 5V
- c. GPIO : 13 Pin
- d. Kanal PWM : 10 Kanal
- e. 10 bit ADC Pin : 1 Pin
- f. *Flash Memory* : 4 MB
- g. *Clock Speed* : 40/26/24 MHz
- h. WiFi : IEEE 802.11 b/g/n
- i. Frekuensi : 2.4 GHz – 22.5 Ghz
- j. USB Port : Micro USB
- k. USB Chip : CH340G

Untuk pemrograman, NodeMcu dapat diatur dengan menggunakan Bahasa C dan mendukung integrasi dengan Arduino IDE, sehingga memudahkan pengembang dalam mengunggah dan mengelola program-programnya. NodeMcu berperan sebagai sebuah mikrokontroler yang berfungsi sebagai pusat kontrol dalam implementasi Internet of Things (IoT). Selain itu, papan ini juga berperan sebagai media untuk mengunggah program yang telah dibuat sehingga dapat dijalankan pada perangkat yang terhubung. Dengan spesifikasi yang kuat dan dukungan untuk berbagai fitur, NodeMcu Esp8266 menjadi salah satu pilihan utama dalam mengembangkan aplikasi IoT yang cerdas dan terhubung ke jaringan WiFi.

2.3.7 Alasan Pemilihan dan Karakteristik Komponen

a. Mikrokontroler ESP32

Alasan Pemilihan: ESP32 dipilih karena memiliki performa tinggi dengan konsumsi daya rendah. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi, yang sangat cocok untuk mendukung aplikasi IoT. Kemampuan multitaskingnya memungkinkan pengolahan data dari berbagai sensor secara efisien.

Karakteristik:

1. Mikrokontroler dual-core.
2. 34 GPIO yang dapat dikonfigurasi.
3. Rentang tegangan operasi: 3.0V - 3.6V.
4. Protokol komunikasi: I2C, SPI, UART, dan PWM.
5. Mendukung konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth.

b. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266

Alasan Pemilihan: NodeMCU ESP8266 digunakan sebagai penerima data dari ESP32 melalui modul komunikasi nRF24L01. Komponen ini mendukung konektivitas Wi-Fi, memungkinkan pengiriman data ke platform Blynk untuk monitoring real-time.

Karakteristik:

1. Mikrokontroler berbasis chip ESP8266.
2. Mendukung koneksi Wi-Fi standar IEEE 802.11 b/g/n.
3. Memiliki RAM sebesar 128 kB.
4. Rentang tegangan operasi: 3.3V - 5V.
5. 11 GPIO dengan dukungan PWM.

c. Sensor Suhu DS18B20

Alasan Pemilihan: Sensor DS18B20 digunakan karena kemampuannya untuk mengukur suhu dalam rentang luas dengan akurasi tinggi. Protokol 1-Wire yang digunakan memungkinkan koneksi yang efisien dengan mikrokontroler.

Karakteristik:

1. Rentang pengukuran suhu: -55°C hingga 125°C.
2. Akurasi: $\pm 0.5^\circ\text{C}$ pada rentang -10°C hingga $+85^\circ\text{C}$.
3. Tegangan operasi: 3.0V - 5.5V.
4. Komunikasi: Protokol 1-Wire.

d. Sensor Kelembapan Tanah FC-28

Alasan Pemilihan: Sensor FC-28 dipilih karena kemampuannya untuk mendeteksi kadar air tanah dengan presisi tinggi. Nilai keluaran analog dari sensor ini dapat dikonversi menjadi nilai ADC oleh mikrokontroler ESP32 dengan rentang 0 hingga 4095, memberikan resolusi tinggi untuk pemantauan kelembapan tanah secara real-time.

Karakteristik:

1. Tegangan operasi: 3.3V - 5V.
2. Keluaran analog (A0): Nilai tegangan yang dikonversi menjadi nilai ADC pada ESP32.
3. Nilai ADC pada kelembapan tanah:
4. Nilai 0: Tanah sangat basah.
5. Nilai 4095: Tanah sangat kering.
6. Hubungan kelembapan tanah dengan nilai ADC: Kelembapan Tanah (%) = $(1 - (\text{ADC} / 4095)) \times 100$.

e. Sensor Suhu dan Kelembapan Udara DHT11

Alasan Pemilihan: Sensor DHT11 digunakan karena kemampuannya untuk mengukur suhu dan kelembapan udara secara bersamaan dengan biaya yang relatif rendah. Sensor ini memiliki kompatibilitas tinggi dengan mikrokontroler.

Karakteristik:

1. Rentang suhu: 0°C - 50°C.
2. Rentang kelembapan: 20% - 90% RH.
3. Akurasi: $\pm 2^\circ\text{C}$ untuk suhu, $\pm 5\%$ RH untuk kelembapan.
4. Tegangan operasi: 3.5V - 5.5V.

f. Modul Komunikasi nRF24L01

Alasan Pemilihan: Modul komunikasi nRF24L01 digunakan untuk transmisi data nirkabel antara ESP32 dan NodeMCU ESP8266. Modul ini mendukung komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya rendah.

Karakteristik:

1. Frekuensi operasi: 2.4 GHz (ISM band).
2. Tegangan operasi: 1.9V - 3.6V.
3. Antarmuka: SPI.
4. Jarak komunikasi: hingga 100 meter di area terbuka.

g. Relay 1-Channel

Alasan Pemilihan: Relay ini digunakan untuk mengontrol perangkat elektronik seperti pompa air. Sistem otomatis akan mengaktifkan atau mematikan relay berdasarkan hasil pembacaan sensor kelembapan tanah.

Karakteristik:

1. Tegangan operasi: 5V.
2. Kapasitas arus: hingga 10A.
3. Kontrol logika: TTL (0/1).

h. LCD 16x2 I2C

Alasan Pemilihan: LCD ini digunakan untuk menampilkan data dari sensor secara lokal di area pertanian. Dengan protokol I2C, koneksi ke mikrokontroler menjadi lebih sederhana.

Karakteristik:

1. Tampilan: 16 karakter × 2 baris.
2. Komunikasi: I2C (menggunakan pin SDA dan SCL).
3. Rentang tegangan: 3.3V - 5V.

2.4 Kajian Pustaka

Tinjauan terhadap penelitian terdahulu tentang sistem pemantauan kesuburan tanah dilakukan sebagai perbandingan antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya sebagai acuan untuk meningkatkan isi penelitian. Berikut ini adalah kutipan dari lima penelitian sebelumnya yang sifatnya serupa.

2.4.1 Penelitian Terdahulu

- a) Penelitian yang dilakukan oleh (Hendrawati & Algifary, 2022) yang berjudul “Pengembangan Sistem Kontrol dan *Monitoring* pada Irigasi Tanaman Cabe Berbasis Node Nirkabel dan *Internet of Things* (IoT) menggunakan Metode *Fuzzy Logic*”. tujuan penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan sistem irigasi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dilengkapi dengan antarmuka monitoring. Sistem ini menggunakan node nirkabel untuk komunikasi antara node sensor dan node kontroler. Tujuan utamanya adalah memungkinkan para petani untuk melakukan irigasi tanaman secara otomatis, bahkan ketika mereka tidak berada di lapangan, serta memantau proses irigasi melalui koneksi internet. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk

meningkatkan efisiensi dalam penggunaan sumber daya air dan membantu petani dalam meningkatkan produktivitas pertanian mereka.

- b) Penelitian yang dilakukan oleh (Prasetyo *et al.*, 2019) yang berjudul “Otomasi Irigasi Janggelan Berbasis *Internet Of Things*“ Penelitian ini bertujuan mengembangkan alat mini berbasis IoT untuk mengontrol dan memantau irigasi tanaman janggelan melalui smartphone. Alat ini menggunakan sensor kelembapan, *Relay*, dan NodeMCU ESP8266 dengan komando bahasa C. Tujuannya adalah memastikan sinkronisasi antara pengguna, alat mini, dan jaringan internet. Data sensor digunakan untuk mengontrol pompa selenoid, dengan tingkat keberhasilan pengiriman data ke *Google Firebase* mencapai 70,28%.
- c) Penelitian yang dilakukan oleh (Setiadi *et al.*, 2018) yang berjudul “Penerapan *Internet Of Things* Pada Sistem *Monitoring* Irigasi (*Smart* Irigasi)” Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem *Smart* Irigasi yang dapat melakukan *monitoring* dan kontrol terhadap saluran irigasi secara otomatis. Sistem ini menggunakan sensor-sensor untuk mengirim data terkait suhu, cuaca, debit air, dan ketinggian air dalam saluran irigasi melalui jaringan internet. Tujuannya adalah untuk mengurangi ketergantungan pada pengawas manusia dalam mengelola irigasi, sehingga dapat mengurangi risiko banjir atau meluapnya air.
- d) Penelitian yang dilakukan oleh (Suryatini *et al.*, 2018) yang berjudul “Sistem Akuisisi Data Suhu Dan Kelembapan Tanah Pada irigasi Tetes Otomatis Berbasis *Internet Of Things*” Penelitian ini bertujuan penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan sistem akuisisi data berbasis IoT untuk mengukur suhu lingkungan dan kelembapan tanah dalam konteks irigasi tetes otomatis. Sistem ini bertujuan untuk memantau dan mengontrol pemberian air kepada tanaman berdasarkan kondisi kelembapan tanah dan suhu lingkungan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memungkinkan akses data secara real-time melalui aplikasi *Android* sehingga petani atau pengelola tanaman dapat mengawasi dan mengoptimalkan proses irigasi dengan lebih efisien.
- e) Penelitian yang dilakukan oleh (Daru *et al.*, 2021) yang berjudul “Model Pemantau Kelembapan dan Irigasi Sawah Otomatis Berbasiskan *Internet of Things*” Penelitian ini bertujuan penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan sebuah model pemantauan kelembapan dan pengairan otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang bertujuan meringankan beban petani dalam mengairi sawah mereka. Model ini

dilengkapi dengan sensor kelembapan untuk memantau kelembapan tanah dan pompa air mini untuk mengontrol kelembapan. Tujuannya adalah memungkinkan para petani untuk memantau keadaan sawah secara real-time dan secara efisien mempertahankan kelembapan yang optimal untuk pertumbuhan tanaman. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada peningkatan produktivitas pertanian.

Dalam kelima penelitian tersebut, terdapat perbandingan antara penggunaan sensor dan perangkat, dapat dilihat pada Tabel 2.2 di bawah ini:

Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Sejenis

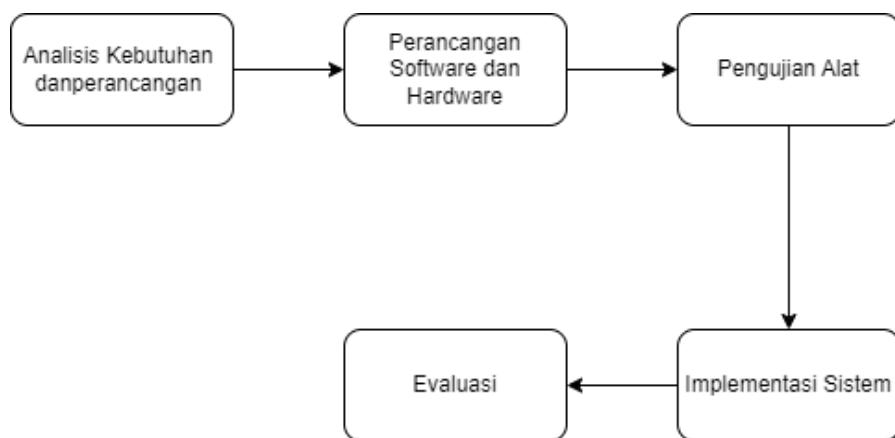
No	Perangkat/Sensor	(Dewi Hendrawati & Algafary, 2022)	(Prasetyo et al., 2019)	(Setiadi et al., 2018)	(Suryatini & Ilman Fauzandi, 2018)	(Daru et al., 2021)
1	Suhu	Iya	Tidak	Iya	Iya	Tidak
2	Kelembapan Tanah	Iya	Iya	Tidak	Iya	Iya
3	Modul nRF24L01	Iya	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
4	NodeMCU 8266	Iya	Iya	Tidak	Tidak	Iya
5	Relay	Tidak	Iya	Tidak	Tidak	Iya
6	<i>Google Plugin</i>	Tidak	Iya	Tidak	Tidak	Tidak
7	Wemos D1	Tidak	Tidak	Iya	Tidak	Tidak
8	Sensor Hujan	Tidak	Tidak	Iya	Tidak	Tidak
9	<i>Raspberry Pi 3</i>	Tidak	Tidak	Tidak	Iya	Tidak
10	<i>Firebase</i>	Tidak	Tidak	Tidak	Iya	Tidak

Dari perbandingan kelima penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa penelitian yang akan dilakukan memiliki perbedaan signifikan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Perbedaan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut: pada penelitian ini akan menggunakan tiga sensor, yang meliputi sensor suhu, sensor kelembapan tanah, serta menambahkan modul relay yang digunakan untuk menghidupkan atau mematikan pompa pada kelembapan tertentu

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan pengembangan sistem adalah urutan tindakan yang akan dilakukan oleh peneliti untuk menyelesaikan proyek pengembangan sistemnya. Ini mencakup serangkaian langkah yang bertujuan untuk menyelesaikan penelitian seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Tahapan Pengerjaan Penelitian

3.1 Analisis Kebutuhan

Berdasarkan hasil analisis, implementasi penerapan Internet of Things (IoT) pada sektor pertanian menunjukkan bahwa ada sejumlah kebutuhan yang perlu diperhatikan dalam proses perancangan sistem ini. Dalam konteks pertanian berbasis IoT, keberhasilan implementasi sangat bergantung pada pemahaman mendalam terhadap dinamika lingkungan pertanian, kebutuhan tanaman, serta ketersediaan dan integrasi data yang akurat. Berikut adalah beberapa kebutuhan kunci yang perlu diperhatikan dalam merancang sistem IoT untuk pertanian.

3.1.1 Kebutuhan *Input*

Berikut adalah daftar *input* atau masukan yang diperlukan dalam penerapan *Internet of Things* pada sektor pertanian:

- a. Data sensor suhu udara
- b. Data sensor kelembaban udara
- c. Data sensor kelembaban tanah
- d. Data sensor suhu tanah

3.1.2 Kebutuhan *Output*

Berikut adalah daftar *output* atau keluaran yang diperlukan dalam penerapan *Internet of Things* pada sektor pertanian:

- a. Informasi nilai sensor suhu udara
- b. Informasi nilai sensor kelembapan udara
- c. Informasi nilai sensor kelembapan tanah
- d. Informasi nilai sensor suhu tanah

3.1.3 Kebutuhan *Hardware*

Berikut adalah daftar kebutuhan *hardware* atau perangkat keras yang diperlukan dalam penerapan *Internet of Things* pada sektor pertanian:

- a. ESP32
- b. NodeMcu ESP8266
- c. Modul nRF24L01
- d. Sensor suhu DHT11
- e. Sensor FC-28 soil Moisture
- f. Sensor suhu DS18B20
- g. *Relay 1 channel*
- h. *Power Supply*
- i. *BreadBoard*
- j. *Kabel Jumper*
- k. Resistor 4.7k

3.1.4 Kebutuhan *Software*

Berikut adalah daftar kebutuhan *software* atau perangkat lunak yang diperlukan dalam penerapan *Internet of Things* pada sektor pertanian:

- a. Arduino IDE
- b. Blynk
- c. Proteus
- d. *Fritzing*

3.2 Perancangan Sistem

Pada implementasi *Internet of Things* (IoT) dalam sektor pertanian, perangkat-perangkat yang akan digunakan nantinya akan ditempatkan langsung di area pertanian itu sendiri. Sistem

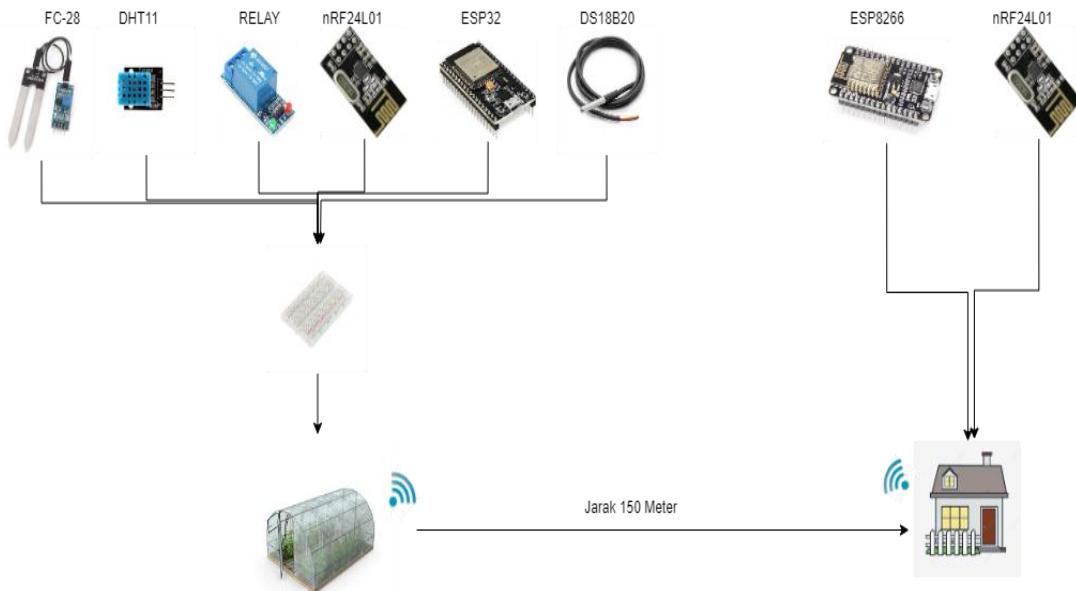
ini dirancang untuk memanfaatkan berbagai sensor yang bertujuan untuk mengukur tingkat kesuburan tanah. Informasi yang diperoleh dari pembacaan sensor-sensor ini akan dikirimkan melalui modul nRF24L01 dari dalam greenhouse ke modul nRF24L01 yang dimiliki oleh pengguna atau petani.

Dengan memasang sensor-sensor tersebut di area pertanian, informasi yang dikumpulkan dapat mencakup berbagai aspek, kelembapan, suhu, dan faktor-faktor lain yang relevan untuk pertumbuhan tanaman. Kemudian, data-data ini akan diolah dan dikirimkan secara nirkabel melalui modul nRF24L01, memungkinkan petani atau pengguna untuk memantau kondisi pertanian dari jarak jauh.

Kelebihan dari penerapan teknologi ini adalah memungkinkan adanya pemantauan yang *real-time* terhadap kondisi pertanian. Hal ini memungkinkan petani untuk mengambil keputusan yang lebih cepat dan tepat berdasarkan data aktual yang diperoleh dari sensor-sensor di lapangan. Dengan demikian, pemanfaatan teknologi IoT dalam pertanian tidak hanya dapat meningkatkan efisiensi, tetapi juga dapat mengoptimalkan hasil panen dengan memastikan bahwa tanaman tumbuh dalam kondisi yang optimal.

3.2.1 Rancangan Umum Sistem

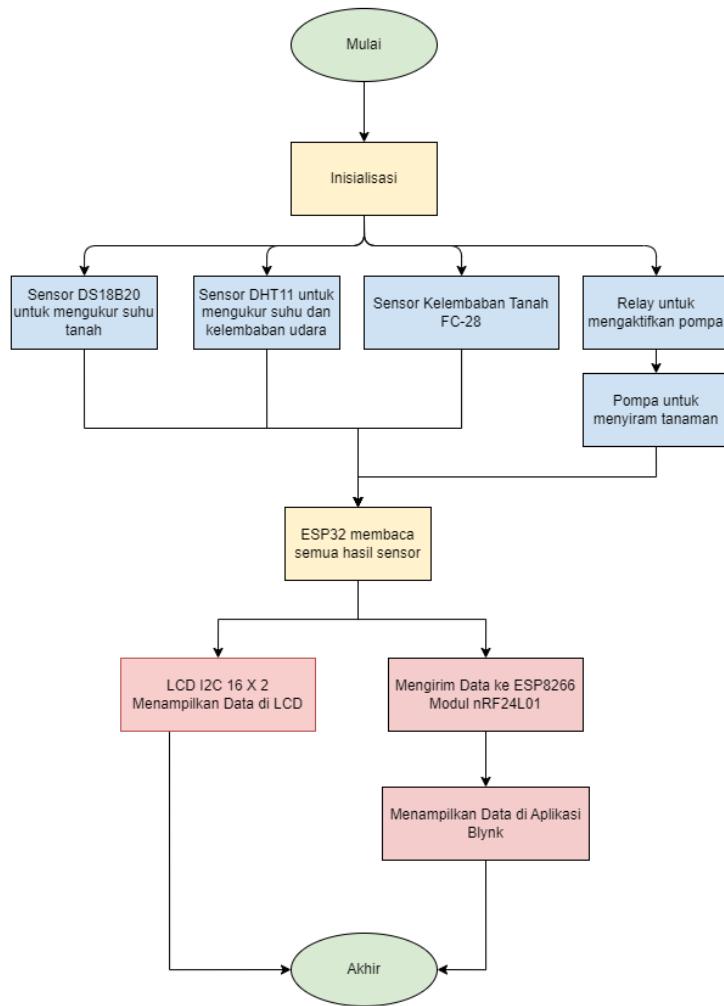
Sistem yang diusulkan untuk meningkatkan hasil panen di lingkungan pertanian, khususnya di dalam area pertanian, menggunakan sejumlah perangkat keras yang terintegrasi. Mikrokontroler utama, ESP32, bertanggung jawab atas pengumpulan data dari berbagai sensor, termasuk sensor suhu DHT11, sensor FC-28 Soil Moisture untuk mengukur kelembapan tanah, dan sensor suhu DS18B20 untuk memberikan data suhu dengan tingkat presisi yang lebih tinggi. Modul nRF24L01 digunakan sebagai perantara nirkabel untuk mentransmisikan data dari ESP32 di dalam pertanian ke NodeMcu ESP8266 di rumah pengguna. NodeMcu ESP8266 berperan sebagai pusat penghubung, menyediakan akses melalui wifi untuk memantau data secara real-time. Selain itu, relay 1 channel digunakan untuk mengontrol perangkat elektronik seperti pompa air, diaktifkan jika sensor kelembapan tanah mendeteksi kadar air yang rendah. Dengan menggunakan kombinasi perangkat keras ini, pemilik pertanian dapat memantau dan mengontrol kondisi lingkungan tanaman secara efisien dari jarak jauh, meminimalisir biaya dan meningkatkan hasil panen.



Gambar 3. 2 Rancangan umum sistem
Sumber: Dokumentasi pribadi

3.2.2 Rancangan Alur Kerja Sistem

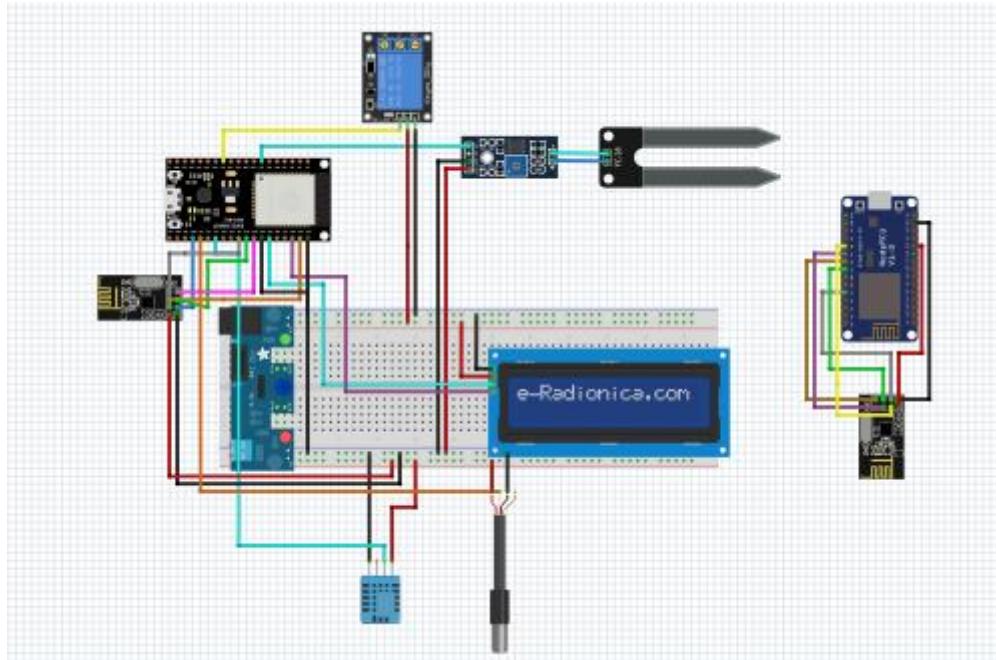
Sistem ini dapat terintegrasi dengan platform Blynk untuk memungkinkan pengguna mengakses dan mengontrol kondisi pertanian secara mudah dan praktis melalui aplikasi seluler. Setelah NodeMcu ESP8266 menerima data dari ESP32 melalui modul nRF24L01, data tersebut dapat disajikan dan diakses melalui Blynk. Pengguna dapat membuat proyek Blynk yang mencakup berbagai widget, seperti gauge atau grafik, untuk menampilkan data suhu, kelembapan tanah, dan suhu di dalam greenhouse. Selain itu, tombol atau sakelar Blynk dapat diatur untuk mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat, seperti relay untuk penyiraman tanaman, sesuai dengan kebutuhan. Aplikasi Blynk memberikan antarmuka yang intuitif, memungkinkan pemilik pertanian untuk memantau dan mengontrol pertanian mereka dengan cepat dan mudah melalui perangkat seluler, memberikan kemudahan dalam manajemen tanaman.



Gambar 3. 3 Alur kerja sistem
Sumber: Dokumentasi pribadi

3.2.3 Rancangan Hardware

Pada proyek implementasi Internet of Things di Greenhouse, ESP32 berfungsi sebagai pusat kontrol utama yang menghubungkan sensor suhu, kelembapan, dan relay 1 channel untuk mengatur pompa air. Semua sensor terhubung langsung ke ESP32 yang dipasang di breadboard, dengan data yang ditransmisikan melalui modul nRF24L01 untuk komunikasi nirkabel ke NodeMCU ESP8266. NodeMCU ESP8266 bertugas sebagai penerima data yang memproses informasi yang diterima. Power supply menyediakan daya untuk seluruh komponen, memastikan operasi yang stabil dan efisien dalam memantau serta mengontrol kondisi lingkungan di Greenhouse. Rancangan dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 Rancangan Rangkaian Alat
Sumber: Dokumentasi pribadi

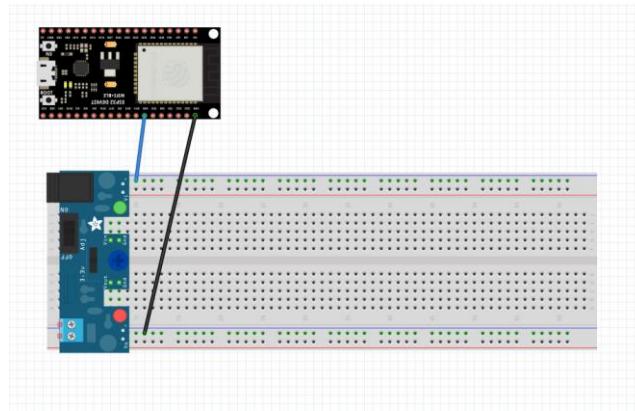
Berikut Penjelasan Rangkaian Pada Gambar 3.4

- a) ESP32 sebagai Pusat Kontrol Utama ESP32 mengendalikan semua komponen dalam sistem, termasuk sensor FC-28 untuk kelembapan tanah dan DS18B20 untuk suhu tanah. Memproses data sensor dan mengambil keputusan berdasarkan kondisi lingkungan yang terdeteksi.
- b) Komunikasi Nirkabel dengan nRF24L01 ESP32 berkomunikasi dengan NodeMCU ESP8266 menggunakan modul nRF24L01 untuk pertukaran data nirkabel. NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai penerima data dan akan meneruskan data ke aplikasi Blynk untuk ditampilkan.
- c) NodeMCU ESP8266 sebagai Gateway ke Blynk NodeMCU ESP8266 menerima data dari ESP32 melalui modul nRF24L01. Data yang diterima akan diteruskan ke server Blynk untuk ditampilkan pada aplikasi Blynk yang terhubung.
- d) Integrasi dengan Aplikasi Blynk digunakan untuk memantau kondisi lingkungan Greenhouse secara real-time. Data suhu tanah (dari DS18B20), kelembapan tanah (dari FC-28), dan suhu udara (dari DHT11) akan ditampilkan secara grafis atau dalam bentuk angka pada dashboard Blynk.
- e) Sensor-sensor Terhubung ke ESP32 Sensor FC-28 untuk kelembapan tanah, DS18B20 untuk suhu tanah, dan DHT11 untuk suhu udara terhubung langsung ke ESP32. ESP32 membaca dan mengirimkan data dari ketiga sensor ini melalui modul nRF24L01.

- f) LCD 16x2 untuk Menampilkan data hasil pengukuran dari semua sensor yang terhubung ke ESP32. Data seperti suhu udara, suhu tanah, dan kelembapan tanah ditampilkan secara real-time pada LCD untuk pemantauan lokal.
- g) Power Supply yang Stabil penting untuk operasi sistem yang kontinu dan tanpa gangguan. Memastikan semua komponen terhubung mendapatkan daya listrik yang cukup.
- h) Automatisasi Pengendalian Pompa Air Relay 1 channel digunakan untuk mengontrol pompa air berdasarkan data kelembapan tanah dari sensor FC-28. Keputusan pengendalian relay dapat disesuaikan dengan kondisi tanah yang terbaca.
- i) Meningkatkan efisiensi pengelolaan Greenhouse dengan memanfaatkan teknologi IoT dan integrasi dengan aplikasi Blynk. Memberikan kemampuan untuk memonitor kondisi lingkungan secara akurat dan mengambil tindakan berdasarkan data real-time untuk optimalisasi pertumbuhan tanaman.

3.2.4 Konfigurasi ESP32

ESP32 mengelola dan mengontrol seluruh komponen dalam sistem ini, memastikan setiap sensor dan modul berfungsi dengan baik dan terintegrasi untuk memberikan pemantauan yang akurat dan responsif terhadap kondisi lingkungan di *greenhouse*.

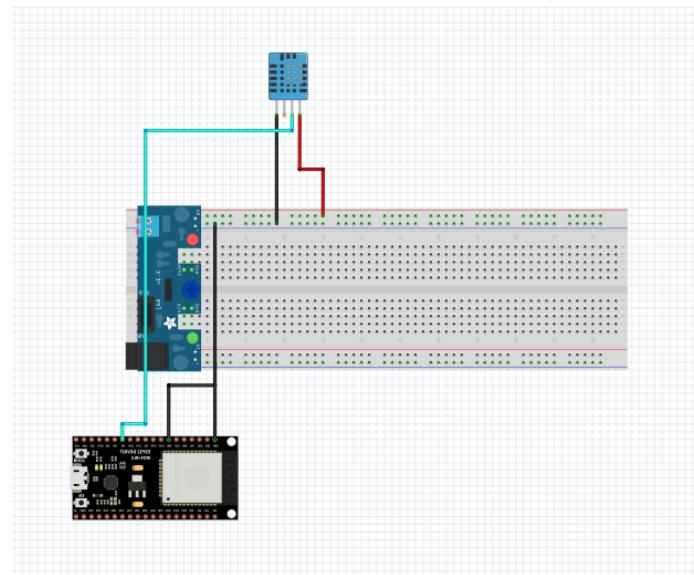


Gambar 3.5 Konfigurasi ESP32
Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 3.5 ESP32 memiliki total 38 pin, termasuk 34 pin GPIO (*General Purpose Input/Output*) yang dapat dikonfigurasi sebagai input atau output digital untuk berbagai fungsi seperti PWM, I2C, SPI, UART, dan ADC. ESP32 memiliki 18 pin ADC untuk pembacaan sinyal analog, 2 pin DAC untuk menghasilkan sinyal analog, serta pin khusus untuk komunikasi dan daya seperti 3V3, GND, dan VIN.

3.2.5 Konfigurasi Sensor DHT11

Sensor suhu digunakan untuk mengukur suhu di dalam ruangan greenhouse atau di sekitar tanaman, sehingga suhu tersebut dapat diketahui. Nilai-nilai yang dihasilkan oleh sensor suhu dibaca oleh ESP32 dalam bentuk sinyal digital, yang kemudian menghasilkan output dalam satuan derajat Celsius.

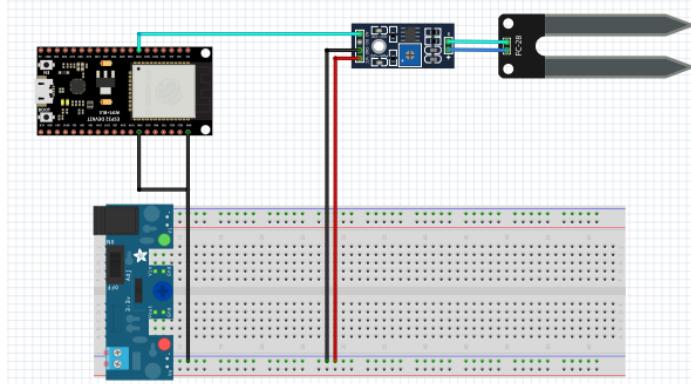


Gambar 3.6 Konfigurasi Sensor DHT11
Sumber: Dokumentasi pribadi

Untuk mengkonfigurasi ESP32 dengan sensor DHT11, sambungkan pin data DHT11 ke GPIO4 pada ESP32, pin VCC DHT11 ke pin 3V3 pada ESP32, dan pin GND DHT11 ke pin GND pada ESP32. Dalam kode, definisikan GPIO4 sebagai DHTPIN dan gunakan library DHT untuk menginisialisasi dan membaca data dari sensor. ESP32 kemudian dapat membaca dan memproses data suhu dan kelembapan yang dikirim oleh DHT11.

3.2.6 Konfigurasi Sensor FC-28 SOIL MOISTURE

Kelembapan tanah merupakan parameter penting untuk memantau kesehatan tanaman karena mempengaruhi ketersediaan air bagi tanaman di dalam tanah. Sensor kelembapan tanah mengukur kadar air relatif dalam tanah dan mengirimkan data tersebut ke ESP32 untuk diproses. Hasilnya, ESP32 akan menghasilkan output dalam bentuk persentase, yang memberikan informasi langsung tentang kondisi kelembapan tanah yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan irigasi dan perawatan tanaman secara tepat waktu.

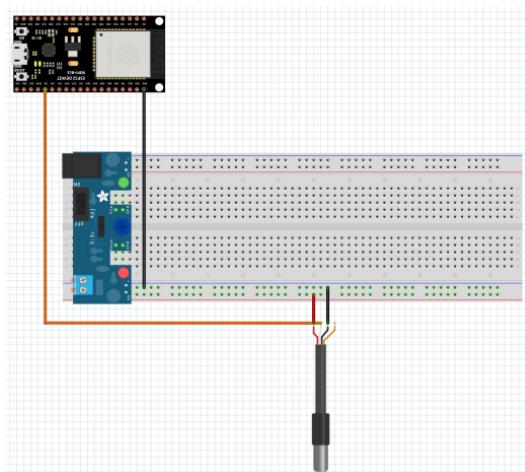


Gambar 3.7 Konfigurasi Sensor FC-28 *SOIL MOISTURE*
Sumber: Dokumentasi pribadi

Sensor kelembapan tanah terdiri dari dua bagian yang terhubung secara terpisah. Bagian pertama terhubung langsung dengan ESP32 melalui probe sensornya, yang memiliki 4 pin: VCC, GND, D0, dan A0. Bagian kedua hanya memiliki 2 pin, yaitu VCC dan GND, dan ini terhubung dengan *probe* sensor tanah. Bagian probe sensor tanah memiliki 2 pin, VCC dan GND, yang terhubung kembali ke bagian pertama. Di bagian ini, terdapat dua *probe* yang digunakan untuk mengukur kadar air tanah. Pin VCC dan GND pada kedua bagian akan disambungkan ke *power supply*. Pin A0 dari sensor kelembapan tanah akan dihubungkan ke pin D32 pada ESP32.

3.2.7 Konfigurasi Sensor DS18B20

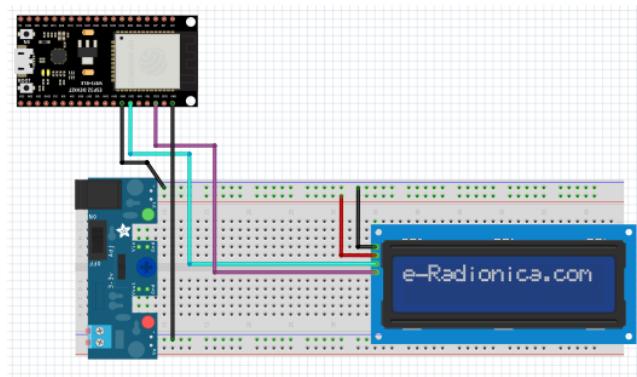
Sensor DS18B20 berfungsi untuk mengukur perubahan suhu tanah. Nilai yang dibaca oleh sensor DS18B20 dikirimkan ke ESP32 dan keluaran yang di tampilkan dalam satuan celcius.



Gambar 3.8 Konfigurasi DS18B20
Sumber: Dokumentasi pribadi

DS18B20 adalah sensor suhu digital yang populer karena kemampuannya dalam memberikan akurasi tinggi dan koneksi satu kawat (OneWire) yang sederhana. Sensor ini dapat dihubungkan langsung dengan ESP32 melalui protokol OneWire, di mana pin data dari DS18B20 dihubungkan dengan pin GPIO yang telah ditentukan GPIO 2 pada ESP32. ESP32 kemudian dapat menggunakan library OneWire dan DallasTemperature untuk mengakses dan membaca data suhu yang dikirim oleh DS18B20. Hal ini memungkinkan ESP32 untuk memantau suhu secara akurat dan efisien.

3.2.8 Konfigurasi LCD 12C



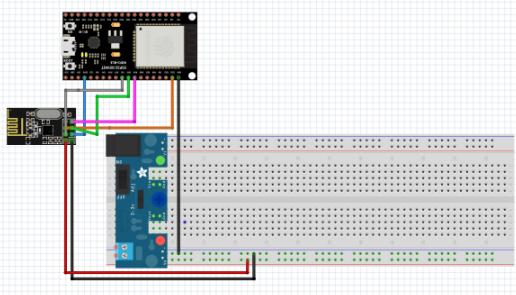
Gambar 3.9 Konfigurasi LCD I2C

Sumber: Dokumentasi pribadi

LCD 16x2 yang terhubung dengan ESP32 melalui koneksi I2C (melalui pin SCL dan SDA) digunakan untuk menampilkan data yang dikirimkan dari berbagai sensor yang terhubung. Data suhu dari sensor DS18B20, kelembapan udara dari sensor DHT11, atau kelembapan tanah dari sensor FC-28 dapat diproses oleh ESP32 dan ditampilkan langsung pada layar LCD. Proses ini memungkinkan pengguna untuk dengan mudah memantau kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan udara, atau kelembapan tanah secara *real-time* tanpa perlu mengakses informasi dari komputer atau perangkat tambahan lainnya. Ini membuatnya sangat cocok untuk aplikasi *monitoring* IoT di dalam *greenhouse*.

3.2.9 Konfigurasi Modul nRF24L01

Modul komunikasi nRF24L01 digunakan untuk mentransmisikan data pembacaan sensor dari ESP32 di dalam *greenhouse* ke NodeMCU ESP8266 di rumah pemilik *greenhouse* melalui gelombang radio, memungkinkan komunikasi jarak jauh antara dua perangkat tersebut.

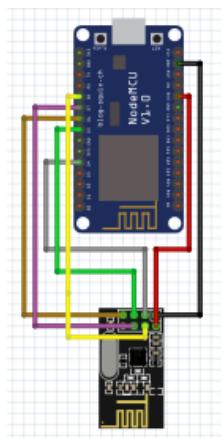


Gambar 3.10 Konfigurasi Modul nRF24L01
Sumber: Dokumentasi pribadi

Pengaturan modul komunikasi nRF24L01 dengan ESP32 melibatkan penggunaan delapan pin yang berbeda. Ini termasuk pin VCC dan GND untuk pasokan daya, pin CE untuk kontrol pengaktifan, pin CSN untuk pemilihan chip, serta pin SCK, MOSI, dan MISO untuk komunikasi serial. Di *greenhouse*, pin VCC dan GND dari modul terhubung ke sumber daya, sedangkan pin CE, CSN, SCK, MOSI, dan MISO terhubung ke pin-pi GPIO pada ESP32 (D2, D5, D18, D23, dan D19). Di rumah pemilik *greenhouse*, modul yang sama terhubung ke NodeMCU ESP8266 dengan konfigurasi yang serupa: pin VCC dan GND ke pasokan daya, dan pin CE, CSN, SCK, MOSI, dan MISO terhubung ke pin GPIO pada NodeMCU ESP8266 (D4, D2, D5, D7, dan D6). Ini memungkinkan modul nRF24L01 untuk mengirim dan menerima data sensor antara dua lokasi secara efisien melalui gelombang radio.

3.2.10 Konfigurasi NodeMcu ESP8266

NodeMcu ESP8266 berperan sebagai pusat sistem yang menerima data pembacaan dari berbagai sensor melalui modul nRF24L01 yang berada di rumah pemilik *greenhouse*, yang sebelumnya dikirim dari modul nRF24L01 di dalam *greenhouse*.

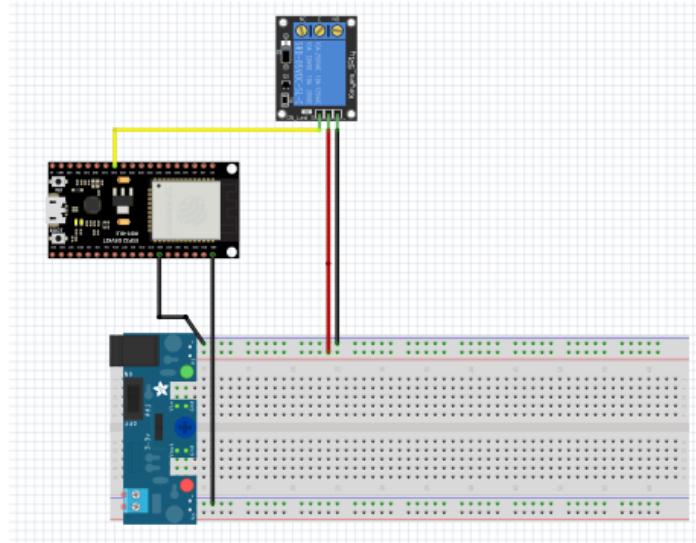


Gambar 3.11 Konfigurasi NodeMcu ESP8266
Sumber: Dokumentasi pribadi

NodeMCU ESP8266 terhubung dengan modul nRF24L01 melalui *interface* SPI. NodeMCU ESP8266 menggunakan pin-pin GPIO untuk mengatur komunikasi dengan modul nRF24L01, yaitu pin CE untuk mengontrol pengaktifan transmisi data, pin CSN untuk pemilihan chip, serta pin SCK, MOSI, dan MISO untuk komunikasi serial data. Modul nRF24L01 mengirimkan data sensor dari *greenhouse* ke NodeMCU ESP8266 di rumah, memungkinkan untuk pemantauan dan kontrol jarak jauh melalui aplikasi IoT atau sistem berbasis web.

3.2.11 Konfigurasi Relay 1 Channel

Relay 1 channel digunakan untuk mengontrol hidup dan mati pompa dengan data kelembapan yang telah ditentukan.



Gambar 3.12 Konfigurasi Relay 1 Channel
Sumber: Dokumentasi pribadi

Relay 1 channel adalah perangkat yang digunakan untuk mengontrol aliran listrik ke perangkat lain berdasarkan sinyal kontrol dari mikrokontroler ESP32. Pada proyek ini, relay diaktifkan atau dinonaktifkan berdasarkan ambang kelembapan tanah yang terukur. Pin IN dari *relay* terhubung langsung ke pin D14 pada ESP32, yang mengirimkan sinyal untuk mengontrol *relay*. Ketika kelembapan tanah melebihi ambang tertentu, ESP32 mengirimkan sinyal ke pin D14, mengaktifkan *relay* untuk mengalirkan listrik ke pompa. Sebaliknya, jika kelembapan tanah rendah, *relay* dinonaktifkan oleh ESP32 untuk memutus aliran listrik, menjaga agar tanaman tidak kelebihan air. Integrasi *relay* ini memungkinkan otomatisasi yang efisien dalam sistem pengaturan lingkungan *greenhouse* berbasis IoT.

3.3 Perancangan Pengujian Sistem

Untuk menguji penerapan *Internet of Things* (IoT) pada *greenhouse*, kami akan melakukan serangkaian pengujian untuk memastikan semua sensor dan perangkat berfungsi dengan baik. Pengujian mencakup sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, sensor DS18B20 untuk suhu tanah, sensor kelembapan tanah FC-28 *Soil Moisture*, dan *relay 1 channel* yang dikendalikan oleh ESP32. Data sensor akan dikirim melalui modul nRF24L01 ke NodeMCU ESP8266, dan ditampilkan secara real-time di aplikasi *Blynk*. Pengujian akan mencakup simulasi pengecekan kesuburan tanah dan pengukuran jarak maksimal pengiriman data hingga 150 meter antara modul nRF24L01 di *greenhouse* dan NodeMCU ESP8266 di lokasi pengguna. Hasil pengujian akan didokumentasikan dalam tabel untuk menunjukkan bahwa sistem beroperasi dengan efisien. Aplikasi *Blynk* digunakan untuk memverifikasi performa sensor dan memastikan keakuratan data yang ditampilkan. Berikut adalah simulasi pengujian sistem yang akan dilaksanakan:

- a) Sensor FC-28 diposisikan di dalam tanah di sekitar tanaman yang telah disiapkan.
- b) Sensor DS18B20 diletakan pada tanah sekitar tanaman yang telah disiapkan.
- c) Sensor DHT11 diletakan di sekitar *greenhouse*.
- d) Relay 1 Channel dipastikan dapat bekerja dengan baik denngan otomatis sesuai dengan ambang kelembapan yang telah di atur pada esp32.
- e) Modul nRF24L01 diletakan menghadap rumah untuk penerima dan sebaliknya modul untuk penerima dihadapkan ke arah *greenhouse* dengan jarak maksimal 150 meter.
- f) Memastikan LCD 16x2 dapat menampilkan data dari sensor sensor.
- g) Memastikan modul nRF24L01 dapat mengirimkan data pembacaan sensor ke modul nRF24L01 pada rumah.

Berikut adalah tabel dari hasil pengujian komponen.

Tabel 3.2 Skema Pengujian Komponen

No	Komponen	Pengujian	Hasil yang diharapkan
1.	Sensor DHT11	Melakukan pengujian pada suhu ruangan dan kelembapan ruangan	<i>Blynk</i> dapat menampilkan hasil data dari komponen
2.	Sensor FC-28	Melakukan pengujian pada kelembapan tanah	<i>Blynk</i> dapat menampilkan hasil persentase kelembapan tanah
3.	Sensor DS18B20	Melakukan pengujian pada suhu tanah pada tanaman	<i>Blynk</i> dapat menampilkan hasil suhu yang ada pada tanah disekitar tanaman
4.	LCD 16x2 I2C	Melakukan Pengujian LCD dapat menampilkan data dari komponen	Hasil yang ditampilkan pada LCD sesuai dengan <i>blynk</i>
5.	Relay 1 Channel	Melakukan pengujian dengan menyesuaikan ambang kelembapan tanah dan <i>relay</i> bekerja dengan baik	<i>Relay</i> diharapkan dapat bekerja otomatis <i>on/off</i> sesuai ambang kelembapan tanah
6.	Modul nRF24L01	Mengirimkan data hasil pembacaan sensor dari modul nRF24L01 di <i>greenhouse</i> ke modul nRF24L01 di rumah pemilik <i>greenhouse</i>	<i>Blynk</i> menampilkan data sensor dari modul nRF24L01 <i>greenhouse</i> ke modul nRF24L01 rumah pemilik <i>greenhouse</i>

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini terdiri dari tiga subbab, yaitu implementasi, pengujian, dan pembahasan. Subbab implementasi membahas penerapan sistem dan kode program, subbab pengujian akan mengevaluasi sistem yang telah diimplementasikan, dan subbab pembahasan akan menguraikan hasil dari pengujian yang dilakukan.

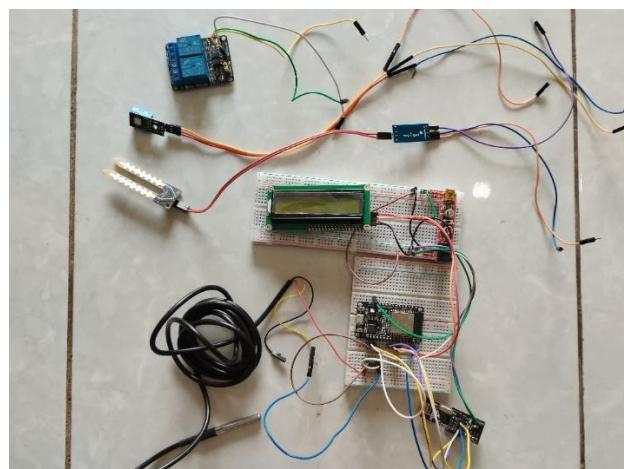
4.1 Impelentasi Sistem

Bagian ini akan membahas hasil sistem pemantauan suhu dan kelembapan tanah pada greenhouse. Pertama, akan dibahas implementasi pada perangkat keras (*hardware*). Kedua, akan dibahas implementasi pada perangkat lunak (*software*).

4.1.1 Implementasi Perangkat Keras

Pada tahap implementasi perangkat keras sistem *Internet of Things* (IoT) untuk pertanian, berbagai komponen elektronik diintegrasikan untuk memastikan pengumpulan, pemrosesan, dan transmisi data secara efisien. Implementasi ini dimulai dengan penempatan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kontrol utama di area pertanian. ESP32 bertanggung jawab untuk membaca data dari berbagai sensor yang terhubung padanya, termasuk sensor suhu udara DHT11, sensor kelembapan tanah FC-28, dan sensor suhu tanah DS18B20. Sensor-sensor ini dipilih berdasarkan keandalannya dalam memberikan data yang akurat dan sesuai dengan kebutuhan pemantauan lingkungan pertanian. ESP32 dihubungkan dengan sensor-sensor melalui *breadboard* yang digunakan untuk mengatur dan menyusun rangkaian elektronik secara rapi dan terorganisir. Setiap sensor terhubung ke pin yang sesuai pada ESP32. Sensor suhu udara DHT11 dihubungkan ke pin digital untuk mendapatkan data suhu dan kelembapan udara, sementara sensor kelembapan tanah FC-28 dihubungkan ke pin analog untuk membaca kadar air dalam tanah. Sensor suhu tanah DS18B20, yang memerlukan koneksi digital, dihubungkan melalui protokol komunikasi 1-Wire, yang memungkinkan beberapa sensor terhubung pada satu pin digital dengan menggunakan resistor *pull-up* 4.7k ohm untuk memastikan komunikasi yang stabil. Untuk transmisi data secara nirkabel, modul nRF24L01 digunakan. Modul ini dihubungkan ke ESP32 melalui pin SPI, yang terdiri dari pin SCK, MOSI, MISO, dan CSN. Modul nRF24L01 berfungsi untuk mengirim data sensor dari ESP32 ke NodeMCU ESP8266 yang berada di lokasi yang berbeda, seperti rumah pengguna. NodeMCU ESP8266, yang juga menggunakan modul nRF24L01, menerima data tersebut dan

mengirimkannya ke platform *Blynk* melalui koneksi *WiFi*. Integrasi ini memungkinkan pemantauan data secara *real-time* dan pengendalian perangkat dari jarak jauh. Selain sensor dan modul komunikasi, sistem ini juga dilengkapi dengan *relay 1 channel* yang digunakan untuk mengendalikan perangkat elektronik seperti pompa air. *Relay* ini dihubungkan ke pin D14 pada ESP32, yang akan mengaktifkan *relay* berdasarkan kondisi yang terdeteksi oleh sensor kelembapan tanah. Jika kadar air dalam tanah rendah, *relay* akan mengaktifkan pompa air untuk menyiram tanaman, memastikan tanah tetap dalam kondisi yang optimal untuk pertumbuhan tanaman. *Power supply* yang stabil dan andal sangat penting dalam memastikan semua komponen perangkat keras berfungsi dengan baik. *Power supply* ini menyediakan tegangan yang sesuai untuk setiap komponen, memastikan operasi yang stabil dan mencegah kerusakan komponen akibat fluktuasi tegangan. Kabel *jumper* digunakan untuk menghubungkan setiap komponen pada breadboard, memberikan fleksibilitas dalam pengaturan dan pengujian rangkaian. Dengan mengintegrasikan seluruh perangkat keras ini, sistem IoT untuk pertanian dirancang untuk memberikan solusi pemantauan dan pengendalian yang efisien. Implementasi perangkat keras yang tepat dan terencana dengan baik merupakan langkah awal yang krusial dalam mencapai tujuan peningkatan efisiensi dan hasil panen di sektor pertanian.



Gambar 4. 1 Perangkat Keras
Sumber: Dokumentasi pribadi

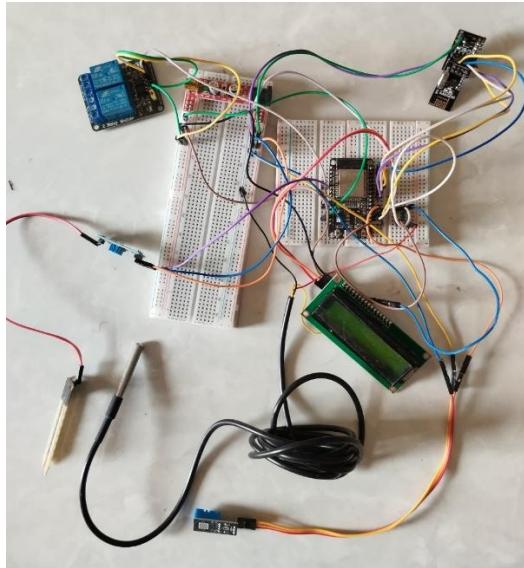
Gambar 4.1 Ini adalah gambaran keseluruhan dari semua komponen perangkat keras yang telah dikonfigurasi dan digabungkan menjadi satu sistem terpadu. Gambar 4.1 menunjukkan bahwa ada dua perangkat utama yang tidak terhubung secara langsung karena perbedaan lokasi penempatannya. Perangkat pertama, yang ditempatkan di dalam greenhouse, terdiri dari berbagai sensor dan ESP32 sebagai pusat kontrol utama. Sensor-sensor ini

mengukur parameter lingkungan seperti suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan suhu tanah. Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor ini dikirimkan ke ESP32, yang kemudian mentransmisikannya secara nirkabel menggunakan modul nRF24L01. Perangkat kedua, yang ditempatkan di rumah pengguna, adalah NodeMCU ESP8266 yang menerima data dari modul nRF24L01 di *greenhouse*. NodeMCU ESP8266 menghubungkan data yang diterima ke platform *Blynk* melalui *WiFi*, memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol kondisi *greenhouse* dari jarak jauh. Selain itu, *relay 1 channel* di dalam *greenhouse* dihubungkan ke ESP32 untuk mengontrol perangkat seperti pompa air berdasarkan data sensor kelembapan tanah. Implementasi perangkat keras yang terpisah tetapi terintegrasi ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian yang lebih efisien, meningkatkan efisiensi dan hasil panen dalam pertanian berbasis IoT. Pada gambar 4.1 terdapat komponen antara lain sebagai berikut:

- a) ESP32 berjumlah satu
- b) NodeMcu ESP8266 berjumlah 1
- c) Sensor DHT11 berjumlah 1
- d) FC-28 SOILMOISTURE berjumlah 1
- e) Modul nRF24L01 berjumlah 2
- f) Relay 1 Channel berjumlah 1
- g) BreadBoard berjumlah 2
- h) Resistor 4.7 ohm berjumlah 1
- i) Sensor DS18B20 berjumlah 1
- j) Power supply berjumlah 1
- k) LCD 16X2 I2C berjumlah 1

Berikut adalah Implementasi perangkat keras sistem Internet of Things (IoT) untuk pertanian dimulai dengan menghubungkan berbagai komponen elektronik ke mikrokontroler utama, yaitu ESP32. Langkah pertama adalah menghubungkan sensor suhu dan kelembapan DHT11, yang berfungsi untuk mengukur kondisi udara di dalam *greenhouse*. Sensor ini dihubungkan ke ESP32 dengan konfigurasi sebagai berikut: pin VCC pada DHT11 terhubung ke pin 3.3V pada ESP32, pin GND ke GND, dan pin data ke pin D4 pada ESP32. Konfigurasi ini memungkinkan sensor DHT11 untuk mengirimkan data suhu dan kelembapan udara secara akurat ke mikrokontroler. Selanjutnya, sensor suhu DS18B20 diintegrasikan ke dalam sistem untuk memberikan pembacaan suhu tanah yang lebih presisi. Sensor ini menggunakan protokol komunikasi 1-Wire, sehingga hanya membutuhkan satu pin data yang dihubungkan ke pin D2

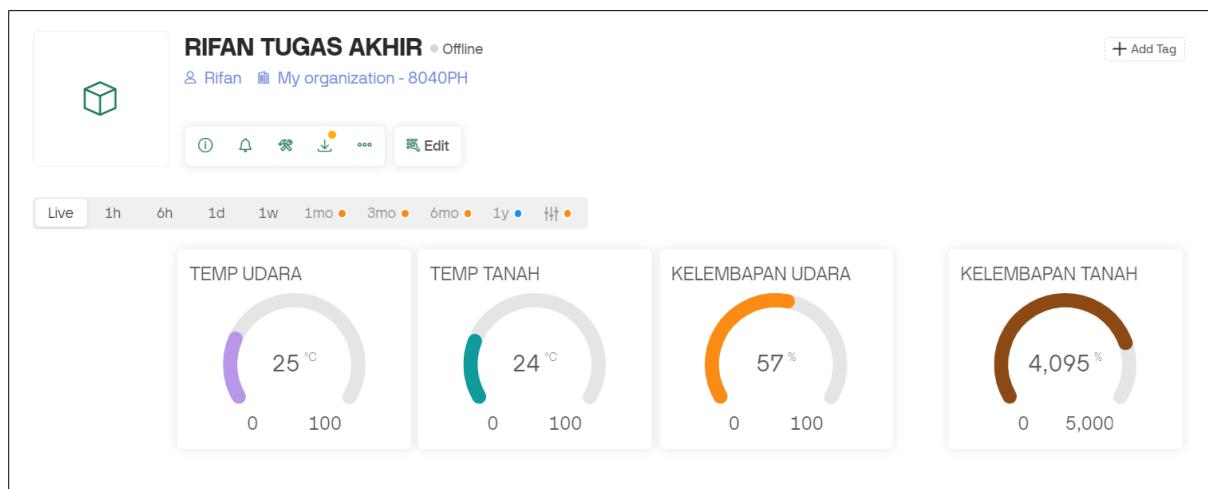
pada ESP32. Untuk memastikan komunikasi yang stabil, resistor 4.7k ohm ditempatkan antara pin VCC dan pin data. Pin VCC pada sensor dihubungkan ke pin 3.3V pada ESP32, dan pin GND ke GND. Sensor DS18B20 ini memberikan data suhu tanah yang sangat penting untuk pemantauan kondisi lingkungan pertanian. Sensor kelembapan tanah FC-28 juga merupakan komponen penting yang dihubungkan ke ESP32. Sensor ini mengukur kadar air dalam tanah dan memberikan sinyal analog yang dihubungkan ke pin D32 pada ESP32. Pin VCC sensor dihubungkan ke pin 3.3V pada ESP32, dan pin GND ke GND. Dengan sensor ini, sistem dapat mendeteksi tingkat kelembapan tanah dan memberikan data yang berguna untuk mengatur penyiraman tanaman secara otomatis. Untuk mengendalikan perangkat elektronik seperti pompa air, *relay 1 channel* dihubungkan ke ESP32. Relay ini dihubungkan dengan konfigurasi sebagai berikut: pin VCC relay terhubung ke pin 3.3V pada ESP32, pin GND ke GND, dan pin IN ke pin D14 pada ESP32. Relay ini akan diaktifkan atau dinonaktifkan berdasarkan data yang diterima dari sensor kelembapan tanah, memungkinkan kontrol otomatis pada perangkat penyiraman tanaman. Selain sensor dan *relay*, modul komunikasi nirkabel RF24 (nRF24L01) dihubungkan ke ESP32 untuk mengirim dan menerima data secara nirkabel. Modul RF24 ini dihubungkan dengan konfigurasi pin sebagai berikut: pin VCC modul terhubung ke pin 3.3V pada ESP32, pin GND ke GND, pin CE ke pin D15, pin CSN ke pin D5, pin SCK ke pin D18, pin MOSI ke pin D23, dan pin MISO ke pin D19. Dengan menggunakan modul ini, data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor di dalam *greenhouse* dapat ditransmisikan secara nirkabel ke NodeMCU ESP8266 yang ditempatkan di rumah pengguna. NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai penerima data dari modul RF24 yang terhubung dengan ESP32 di dalam *greenhouse*. Data yang diterima kemudian dikirimkan ke platform *Blynk* melalui jaringan WiFi, memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol kondisi *greenhouse* dari jarak jauh. Dengan konfigurasi ini, semua komponen perangkat keras diintegrasikan secara efisien, memungkinkan pemantauan dan pengendalian kondisi pertanian secara *real-time* melalui platform IoT. Implementasi perangkat keras yang terpisah tetapi terintegrasi ini meningkatkan efisiensi dan hasil panen dalam pertanian berbasis IoT, memberikan solusi yang lebih fleksibel dan efisien untuk manajemen lingkungan pertanian.



Gambar 4. 2 Implementasi Komponen
Sumber: Dokumentasi pribadi

4.1.2 Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak untuk sistem Internet of Things (IoT) di sektor pertanian ini memanfaatkan platform *Blynk* untuk memantau dan mengontrol kondisi lingkungan secara *real-time*. *Blynk* adalah *platform IoT* yang memungkinkan pengguna untuk membuat antarmuka grafis menggunakan aplikasi *mobile*, yang dapat dihubungkan dengan berbagai perangkat keras melalui jaringan internet.



Gambar 4.3 Tampilan aplikasi *blynk*
Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar ini menampilkan halaman pada aplikasi *Blynk* yang berisi informasi dalam bentuk data yang diperoleh dari pembacaan berbagai sensor yang digunakan pada tanaman di dalam *greenhouse*. Halaman tersebut menampilkan empat data sensor, yaitu sensor suhu,

sensor kelembapan tanah. Aplikasi *Blynk* beroperasi secara *real-time*, menampilkan data terkini yang diperoleh dari sensor-sensor di *greenhouse*.

4.2 Penjelasan Kode Program

Bagian ini menjelaskan kode penerapan *Internet of Things* (IoT) pada *greenhouse*, yang terdiri dari dua bagian: kode untuk ESP32 yang ditempatkan di *greenhouse* dan kode untuk NodeMCU ESP8266 yang berada di rumah pemilik *greenhouse*. Kode secara umum adalah pola penulisan instruksi yang dapat dimengerti oleh bahasa pemrograman yang digunakan. Dalam proses pengembangannya, semua aturan kode harus diikuti secara ketat. Selama proses kompilasi, skrip yang baru ditulis akan diperiksa untuk memastikan bahwa kodennya benar. Jika ada kesalahan dalam kode, kompiler akan mengirim pesan kesalahan dan menghentikan proses pembuatan bytecode. Untuk proyek ini, ESP32 berperan sebagai pengumpul data dari berbagai sensor yang terpasang di *greenhouse*. Sensor-sensor ini mengukur parameter lingkungan penting seperti suhu, kelembapan tanah, Data yang dikumpulkan oleh ESP32 kemudian dikirimkan secara nirkabel menggunakan modul NRF24 ke NodeMCU ESP8266 di rumah pemilik. NodeMCU ESP8266 bertindak sebagai penerima data dan berfungsi untuk mengirim data tersebut ke aplikasi *Blynk* melalui jaringan WiFi. Dengan aplikasi *Blynk*, pemilik *greenhouse* dapat memantau kondisi tanaman secara *real-time* dari jarak jauh, serta mengontrol perangkat seperti pompa air berdasarkan data yang diterima. Implementasi kode ini memerlukan pemahaman mendalam tentang bagaimana setiap komponen berinteraksi dan bagaimana data dikirimkan serta diterima dalam sistem IoT. ESP32 dan NodeMCU ESP8266 harus diprogram dengan cermat agar dapat berfungsi dengan baik dalam ekosistem IoT ini. Penggunaan *library* yang tepat dan pemahaman tentang protokol komunikasi nirkabel juga sangat penting untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan dari sensor-sensor dapat ditransmisikan dengan akurat dan efisien ke aplikasi *Blynk*.

4.2.1 Kode Program ESP32 pada *Greenhouse*

Sebelum mulai memprogram ESP32 untuk penggunaan di dalam *greenhouse*, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah mengunduh dan menginstal aplikasi Arduino IDE. Arduino IDE adalah lingkungan pengembangan terintegrasi yang memungkinkan untuk menulis, mengedit, dan mengunggah kode program ke *board* mikrokontroler Arduino, termasuk ESP32. Aplikasi ini tersedia untuk diunduh secara gratis melalui situs web resmi Arduino di <https://www.arduino.cc/en/software>. Setelah Arduino IDE terbuka, langkah

berikutnya adalah menghubungkan ESP32 ke komputer atau laptop menggunakan kabel USB. Ini memungkinkan Arduino IDE untuk mengenali board ESP32 yang terhubung dan memungkinkan untuk memprogramnya melalui IDE tersebut. Pastikan ESP32 terhubung dengan baik dan terdeteksi oleh Arduino IDE sebelum melanjutkan ke langkah-langkah pemrograman dan pengaturan lebih lanjut untuk proyek *greenhouse*. *Install driver* ESP32 agar kode dapat berjalan. Setelah itu, unduh *library* untuk komponen yang digunakan.

```
1. #include <Wire.h>
2. #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3. #include <DHT.h>
4. #include <OneWire.h>
5. #include <DallasTemperature.h>
6. #include <SPI.h>
7. #include <RF24.h>
```

Gambar 4.4 Kode memanggil *library*

Sumber: Dokumentasi pribadi

Pada implementasi kode Arduino untuk *greenhouse*, digunakan beberapa pustaka standar yang masing-masing memberikan fungsi khusus untuk mengelola dan menghubungkan berbagai komponen elektronik. Pertama, `Wire.h` digunakan untuk komunikasi I2C yang diperlukan untuk mengontrol LCD karakter menggunakan modul I2C, mempermudah tampilan data sensor. Selanjutnya, `LiquidCrystal_I2C.h` mendukung penggunaan LCD karakter 16x2 melalui I2C dengan alamat spesifik, memfasilitasi penampilan informasi sensor secara visual. Pustaka `DHT.h` digunakan untuk membaca data dari sensor suhu dan kelembapan DHT11, sementara `OneWire.h` dan `DallasTemperature.h` bekerja sama untuk mengambil data suhu dari sensor DS18B20 menggunakan protokol *OneWire*. Pustaka `SPI.h` mendukung komunikasi dengan perangkat-perangkat yang menggunakan SPI, termasuk modul RF24 yang menggunakan SPI untuk transmisi data nirkabel. Terakhir, `RF24.h` memungkinkan implementasi komunikasi nirkabel antara ESP32 di dalam *greenhouse* dengan perangkat lain di luar, seperti NodeMCU ESP8266, untuk *monitoring* kondisi tanaman secara *real-time*. Integrasi pustaka-pustaka ini menjadikan pengumpulan data sensor lebih efisien dan memastikan kontrol yang tepat dalam lingkungan pertumbuhan tanaman di *greenhouse*.

```

8. #define DHTPIN 4
9. #define DHTTYPE DHT11
10. #define ONE_WIRE_BUS 2
11.
12. DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
13. LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
14. OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
15. DallasTemperature sensors(&oneWire);
16.
17. RF24 radio(15, 5); // CE, CSN
18.
19. const uint64_t pipeAddress = 0xE8E8F0F0E1LL;
20.
21. const int soilMoisturePin = 32;
22. const int relayPin = 14;

```

Gambar 4.5 Kode inisialisasi komponen

Sumber: Dokumentasi pribadi

Pada bagian kode yang diberikan, terdapat definisi dan inisialisasi beberapa variabel dan objek yang digunakan dalam implementasi sistem di dalam *greenhouse* menggunakan ESP32. Pertama, kode mendefinisikan pin GPIO untuk sensor DHT11 dengan `DHTPIN` yang diatur ke pin 4, serta menentukan jenis sensor dengan `DHTTYPE` yang ditetapkan sebagai DHT11. Objek `dht` kemudian dibuat untuk berkomunikasi dengan sensor tersebut. Selanjutnya, untuk mengontrol LCD karakter 16x2 yang terhubung melalui I2C, digunakan objek `lcd` dengan alamat I2C 0x27, serta ukuran karakter 16 dan 2 baris. Selain itu, kode ini menginisialisasi objek `oneWire` menggunakan pin bus *OneWire* yang diatur ke pin 2, dan objek `sensors` yang menggunakan objek `oneWire` untuk berkomunikasi dengan sensor suhu DS18B20 menggunakan protokol *OneWire*. Untuk komunikasi nirkabel, digunakan objek `radio` yang terhubung ke modul RF24 dengan pin CE (*Chip Enable*) dan CSN (*Chip Select Not*). Alamat pipe RF24 ditetapkan sebagai 0xE8E8F0F0E1LL untuk pengiriman data nirkabel antara ESP32 di dalam *greenhouse* dengan perangkat lain di luar. Terakhir, pin GPIO untuk sensor kelembapan tanah dan relay 1 channel ditentukan sebagai `soilMoisturePin` dan `relayPin` masing-masing pada pin 32 dan 14. Konfigurasi ini memungkinkan ESP32 untuk mengambil

data dari berbagai sensor serta mengontrol perangkat elektronik secara efisien dalam lingkungan pertumbuhan tanaman di dalam *greenhouse*.

```
23. void setup() {  
24.     Serial.begin(9600);  
25.     dht.begin();  
26.     lcd.begin();  
27.     sensors.begin();  
28.     pinMode(soilMoisturePin, INPUT);  
29.     pinMode(relayPin, OUTPUT);  
30.     radio.begin();  
31.     radio.openWritingPipe(pipeAddress);  
32. }  
33.  
34.  
35.
```

Gambar 4.6 Kode setup untuk ESP32

Sumber: Dokumentasi pribadi

Pada program Arduino yang diimplementasikan dalam ESP32 untuk sistem *greenhouse*, terdapat dua bagian utama yaitu `setup()` dan `loop()`. Pada bagian `setup()`, dilakukan inisialisasi awal untuk mempersiapkan ESP32 agar siap beroperasi. *Serial communication* diaktifkan dengan *baud rate* 9600 untuk memungkinkan *debugging* dan *output* data melalui monitor serial. Selanjutnya, sensor-sensor seperti DHT11 untuk suhu dan kelembapan udara, LCD I2C untuk tampilan visual, sensor suhu DS18B20 dengan protokol *OneWire*, serta modul RF24 untuk komunikasi nirkabel diinisialisasi agar siap digunakan. Pin GPIO juga diatur untuk sensor kelembapan tanah sebagai *input* dan *relay* sebagai *output* untuk mengontrol perangkat elektronik seperti pompa air.

```
36. void loop() {  
37.     float temperature = dht.readTemperature();  
38.     float humidity = dht.readHumidity();  
39.  
40.     sensors.requestTemperatures();  
41.     float soilTemp = sensors.getTempCByIndex(0);  
42.  
43.     int soilMoistureRaw = analogRead(soilMoisturePin);  
44.  
45.     float soilMoisturePercent = map(soilMoistureRaw, 4095, 0, 0, 100);  
46.     soilMoisturePercent = constrain(soilMoisturePercent, 0, 100);  
47.  
48.     Serial.print("Temperature: ");  
49.     Serial.print(temperature);  
50.     Serial.println(" °C");  
51.     Serial.print("Humidity: ");  
52.     Serial.print(humidity);  
53.     Serial.println(" %");  
54.     Serial.print("Soil Temperature: ");  
55.     Serial.print(soilTemp);  
56.     Serial.println(" °C");  
57.     Serial.print("Soil Moisture: ");  
58.     Serial.print(soilMoisturePercent);  
59.     Serial.println(" %");  
60.  
61.     lcd.clear();  
62.     lcd.setCursor(0, 0);  
63.     lcd.print("Temp: ");  
64.     lcd.print(temperature);  
65.     lcd.print("C ");  
66.     lcd.setCursor(0, 1);  
67.     lcd.print("Hum: ");  
68.     lcd.print(humidity);  
69.     lcd.print("%");  
70.  
71.     delay(3000);  
72.  
73.     lcd.clear();  
74.     lcd.setCursor(0, 0);  
75.     lcd.print("SoilTemp: ");  
76.     lcd.print(soilTemp);  
77.     lcd.print("C");  
78.     lcd.setCursor(0, 1);  
79.     lcd.print("Moist: ");  
80.     lcd.print(soilMoisturePercent);  
81.     lcd.print("%");
```

Gambar 4.7 Kode bagian loop
Sumber: Dokumentasi pribadi

Bagian void loop() ini berfungsi untuk mengambil data dari beberapa sensor dan menampilkannya di Serial Monitor serta LCD I2C. Pertama, kode membaca suhu dan kelembaban udara menggunakan sensor DHT11, lalu mengambil suhu tanah dengan memanggil requestTemperatures() pada sensor DS18B20. Selanjutnya, kode membaca nilai kelembaban tanah dari pin analog yang terhubung ke sensor dan mengonversinya ke bentuk persentase menggunakan fungsi map(). Nilai persentase ini kemudian dibatasi antara 0-100% dengan fungsi constrain(). Setelah semua data diperoleh, hasilnya ditampilkan secara real-time di Serial Monitor dan LCD. Pada LCD, baris pertama menampilkan suhu dan kelembaban udara, sementara baris kedua menampilkan suhu dan kelembaban tanah. Kode juga memberikan jeda 3 detik sebelum berpindah antar tampilan untuk memastikan keterbacaan yang jelas.

```

82. if (soilMoisturePercent < 30) {
83.     Serial.println("Relay ON");
84.     digitalWrite(relayPin, LOW);
85. } else {
86.     Serial.println("Relay OFF");
87.     digitalWrite(relayPin, HIGH);
88. }
89.
90. float data[4] = {temperature, humidity, soilTemp,
91.     soilMoisturePercent};
92.
93. if (success) {
94.     Serial.println("Data sent successfully");
95. } else {
96.     Serial.println("Failed to send data");
97. }
98.
99. delay(2000);

```

Gambar 4.8 Kode untuk mengatur relay
Sumber: Dokumentasi pribadi

Kode tersebut merupakan bagian penting dari fungsi loop() dalam program Arduino yang diimplementasikan pada ESP32 untuk mengontrol dan memonitor kondisi lingkungan greenhouse secara otomatis. Bagian pertama dari kode ini menggunakan pernyataan if-else untuk memeriksa nilai kelembapan tanah yang telah dikonversi ke dalam bentuk persentase (soilMoisturePercent). Jika nilai persentase kelembapan tanah di bawah 30%, yang menandakan kondisi tanah kering, program akan menyalakan relay dengan mengatur pin relayPin ke status LOW. Ini memungkinkan perangkat seperti pompa air untuk menyiram tanaman agar kondisi tanah kembali lembap. Namun, jika kelembapan tanah berada pada atau di atas batas 30%, relay akan dimatikan dengan mengubah status pin relay menjadi HIGH untuk menghentikan aliran air. Selanjutnya, data yang terdiri dari suhu udara, kelembapan udara, suhu tanah, dan kelembapan tanah dimasukkan ke dalam array data dengan empat elemen bertipe float. Array ini kemudian dikirim secara nirkabel melalui modul RF24 menggunakan fungsi radio.write(&data, sizeof(data)), memungkinkan data tersebut untuk diterima oleh stasiun monitoring atau sistem analisis jarak jauh. Setelah pengiriman data selesai, program memberikan jeda selama 2 detik dengan menggunakan fungsi delay(2000). Jeda ini memberikan waktu yang cukup untuk memastikan pengiriman data selesai dan mencegah pembacaan sensor yang terlalu cepat. Dengan alur ini, sistem dapat beroperasi secara berkelanjutan dan teratur, memastikan bahwa kondisi lingkungan greenhouse selalu dipantau dan dikelola dengan baik untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal.

4.2.2 Kode Program untuk NodeMcu ESP8266 pada Rumah

Sebelum memulai program pada NodeMCU ESP8266, langkah pertama adalah menginstal *driver* yang diperlukan untuk mikrokontroler tersebut. *Driver* ini penting agar NodeMCU dapat terhubung dan berfungsi dengan komputer atau laptop yang digunakan untuk mengembangkan program. Setelah menginstal *driver*, langkah berikutnya adalah menginstal *library-library* yang akan digunakan dalam pengembangan program. Setelah *library* terinstal, langkah selanjutnya adalah menulis program Arduino untuk memanggil dan menggunakan *library-library* yang telah diinstal. Dalam program tersebut, deklarasi perangkat keras (*hardware*) yang akan digunakan juga dilakukan untuk mempersiapkan pengaturan dan penggunaan sensor serta modul lainnya sesuai dengan kebutuhan aplikasi yang diinginkan. Langkah-langkah ini penting untuk memastikan bahwa NodeMCU ESP8266 siap untuk digunakan dalam pengembangan proyek IoT atau aplikasi lainnya secara efektif dan efisien. Untuk kode programnya dapat dilihat pada gambar 4.9 di bawah ini.

```
1. #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6ScJAoC AW"
2. #define BLYNK_TEMPLATE_NAME "RIFAN PROJECTE"
3. #define BLYNK_AUTH_TOKEN "c2prxI5Itob-eoLruOYlGT1lv-P2TYpt"
4.
5. #include <ESP8266WiFi.h>
6. #include <BlynkSimpleEsp8266.h>
7. #include <SPI.h>
8. #include <RF24.h>
9.
10. #define WIFI_SSID "KITE"
11. #define WIFI_PASS "cilocilosiji"
12.
13. RF24 radio(2, 15); // CE, CSN
14.
15. const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL;
16.
17. float receivedData[4];
18.
19. void setup() {
20.   Serial.begin(9600);
21.   Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, WIFI_SSID, WIFI_PASS);
22.   radio.begin();
23.   radio.openReadingPipe(1, pipe);
24.   radio.startListening();
25. }
26.
27. void loop() {
28.   if (radio.available()) {
29.     radio.read(&receivedData, sizeof(receivedData));
30.     Serial.print("Received data: ");
31.     for (int i = 0; i < 4; i++) {
32.       Serial.print(receivedData[i]);
33.       Serial.print(" ");
34.     }
35.     Serial.println();
36.
37.     Blynk.virtualWrite(V1, receivedData[0]); // suhu udara
38.     Blynk.virtualWrite(V2, receivedData[1]); // kelembapan udara
39.     Blynk.virtualWrite(V3, receivedData[2]); // suhu tanah
40.     Blynk.virtualWrite(V4, receivedData[3]); // kelembapan tanah
41.   }
42.
43.   Blynk.run();
44. }
```

Gambar 4.9 Kode NodeMCU ESP8266 yang berfungsi sebagai penerima data dari ESP32
Sumber: Dokumentasi pribadi

Kode ini merupakan implementasi pada NodeMCU ESP8266 yang berfungsi sebagai penerima data dari ESP32 melalui modul nRF24L01, dan mengirimkan data tersebut ke platform *Blynk* untuk monitoring secara realtime. Pertama-tama, terdapat pengaturan awal yang meliputi konfigurasi koneksi *WiFi* menggunakan SSID dan *password* yang telah ditentukan. Kemudian, *library* *BlynkSimpleEsp8266* digunakan untuk menghubungkan NodeMCU ke server *Blynk* dengan menggunakan token otentikasi *Blynk* yang telah disediakan. Selanjutnya, modul RF24 diinisialisasi dengan menentukan pin CE dan CSN (*Chip Enable* dan *Chip Select Not*). Pengaturan ini sesuai dengan koneksi *hardware* yang digunakan untuk komunikasi nirkabel antara ESP8266 dan ESP32. Dalam fungsi `setup()`, *Serial communication* diaktifkan untuk *debugging* dengan baud rate 9600. Selain itu, koneksi *Blynk* diinisialisasi dengan menggunakan token otentikasi, SSID, dan password *WiFi* yang telah ditentukan sebelumnya. Modul RF24 juga diatur untuk membuka pipa pembacaan data dengan alamat `pipe` yang telah ditentukan. Dalam fungsi `loop()`, terdapat kondisi `if (radio.available())` yang mengecek apakah ada data yang tersedia untuk dibaca dari modul RF24. Jika ada data yang tersedia, data tersebut dibaca dan disimpan dalam array `receivedData`. Data yang diterima kemudian dicetak ke Serial Monitor untuk *debugging*, dan setiap nilai data suhu udara, kelembapan udara, suhu tanah, dan kelembapan tanah disampaikan ke *Blynk* menggunakan fungsi `Blynk.virtualWrite()`. Setiap nilai data dikirim ke widget *Blynk* yang sesuai (V1 untuk suhu udara, V2 untuk kelembapan udara, V3 untuk suhu tanah, dan V4 untuk kelembapan tanah), sehingga pengguna dapat memantau kondisi lingkungan *greenhouse* secara *realtime* melalui aplikasi *Blynk*. Selain membaca dan mengirim data, fungsi `Blynk.run()` digunakan untuk memproses semua perintah *Blynk* yang diterima dan menjaga koneksi dengan server *Blynk* tetap aktif. Ini memastikan bahwa NodeMCU terus berkomunikasi dengan *Blynk* dan mengirimkan data secara konsisten sesuai dengan interval waktu yang ditentukan. Secara keseluruhan, codingan ini menggabungkan fungsi dari modul RF24 untuk komunikasi nirkabel antara dua mikrokontroler (ESP32 dan ESP8266) dengan platform *Blynk* untuk *monitoring* dan kontrol IoT secara *realtime*.

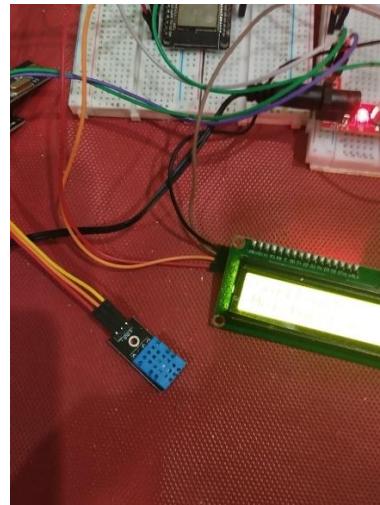
4.3 Pengujian Sistem

Pengujian sistem untuk kedua mikrokontroler, yaitu ESP32 di dalam *greenhouse* dan NodeMCU ESP8266 di luar rumah pengguna, dilakukan untuk memastikan kinerja dan integrasi yang optimal dalam proyek implementasi IoT pada lingkungan pertanian. Tujuan dari pengujian sistem ini adalah untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik,

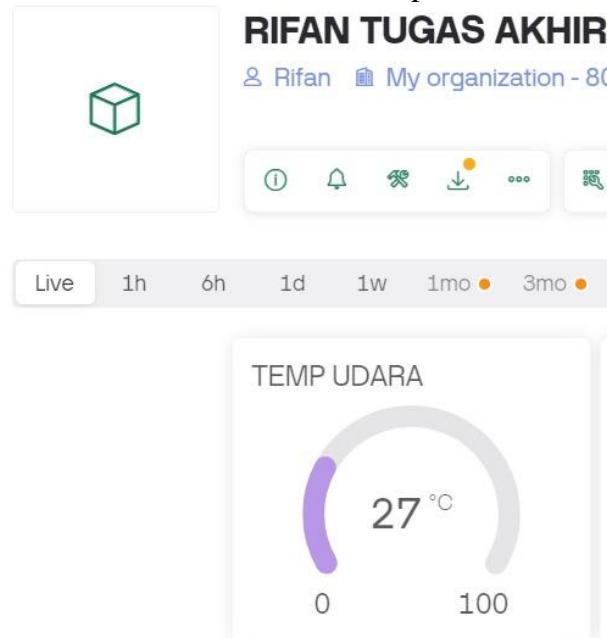
menampilkan hasil pembacaan dari sensor-sensor yang terhubung, dan menentukan kelayakan implementasi sistem tersebut.

4.3.1 Pengujian Sensor DHT11

Pengujian sensor DHT11 dilakukan untuk memastikan bahwa sensor ini dapat secara akurat dan konsisten membaca suhu dan kelembapan udara di dalam *greenhouse*. Proses pengujian melibatkan beberapa tahapan, yang meliputi kalibrasi awal dan instalasi, pengujian fungsi dasar, pengujian responsivitas, pengujian akurasi, dan pengujian jangka panjang. Pada tahap kalibrasi awal dan instalasi, sensor DHT11 dipastikan terpasang dengan benar pada ESP32, dan kode pada ESP32 dikonfigurasi untuk membaca data dari sensor DHT11 dan menampilkan hasilnya pada serial monitor serta LCD I2C. Selanjutnya, pengujian fungsi dasar dilakukan dengan menyalakan ESP32 dan memantau data suhu serta kelembapan yang ditampilkan di serial monitor dan LCD I2C untuk memastikan bahwa sensor berfungsi dengan baik. Pengujian responsivitas dilakukan dengan mengubah kondisi suhu dan kelembapan di sekitar sensor, seperti membawa sumber panas atau udara lembap dekat sensor, dan mengamati perubahan data yang ditampilkan. Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan pembacaan suhu dan kelembapan dari sensor DHT11 dengan alat ukur standar yang sudah terkalibrasi, mencatat perbedaan antara pembacaan sensor DHT11 dan alat ukur standar untuk memastikan akurasi sensor. Pengujian jangka panjang dilakukan dengan membiarkan sensor DHT11 beroperasi selama beberapa jam atau hari untuk memantau konsistensi pembacaan data dan mengamati apakah ada perubahan signifikan atau fluktuasi yang tidak normal pada pembacaan suhu dan kelembapan. Langkah-langkah pengujian meliputi setup awal dengan menyambungkan sensor DHT11 ke ESP32 sesuai dengan pin yang telah ditentukan dalam kode, memastikan kode pada ESP32 telah diunggah dengan benar dan berfungsi untuk membaca data dari sensor DHT11, serta *monitoring* data dengan mengaktifkan serial monitor pada Arduino IDE untuk melihat data *real-time* yang dibaca oleh sensor DHT11 dan memastikan LCD I2C juga menampilkan data yang sama untuk memverifikasi bahwa sensor terhubung dan berfungsi dengan baik. Selain itu, simulasi kondisi lingkungan dilakukan dengan menempatkan sensor di lingkungan dengan suhu dan kelembapan yang berbeda dan mencatat hasil pembacaan pada kondisi normal, kondisi panas, dan kondisi lembap. Pengujian juga mencakup perbandingan dengan alat ukur standar menggunakan alat ukur suhu dan kelembapan standar untuk membandingkan hasil pembacaan, mencatat setiap perbedaan, dan menghitung rata-rata kesalahan untuk menentukan akurasi sensor.



Gambar 4.10 Pengujian DHT11
Sumber: Dokumentasi pribadi



Gambar 4.11 Tampilan suhu udara
Sumber: Dokumentasi pribadi

4.3.2 Pengujian Sensor FC-28 SOILMOISTURE

Pengujian sensor kelembapan tanah FC-28 dilakukan untuk memastikan bahwa sensor ini dapat membaca tingkat kelembapan tanah secara akurat dan konsisten, yang penting untuk mengatur sistem irigasi otomatis di *greenhouse*. Proses pengujian mencakup beberapa tahapan penting, mulai dari kalibrasi awal dan instalasi, pengujian fungsi dasar, pengujian responsivitas, pengujian akurasi, hingga pengujian jangka panjang.

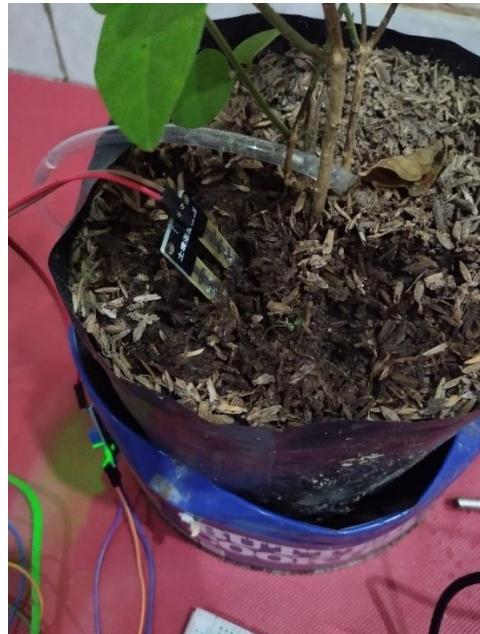
Pada tahap kalibrasi awal dan instalasi, sensor FC-28 dipasang ke ESP32 dengan menghubungkan pin sensor ke pin *input* yang sesuai (pin 32) pada ESP32, serta memastikan

bahwa kode program pada ESP32 telah diatur untuk membaca data analog dari sensor ini. Setelah sensor terpasang dengan benar, pengujian fungsi dasar dilakukan dengan mengaktifkan ESP32 dan memantau data kelembapan tanah yang ditampilkan di serial monitor serta LCD I2C untuk memastikan bahwa sensor berfungsi dan memberikan pembacaan data.

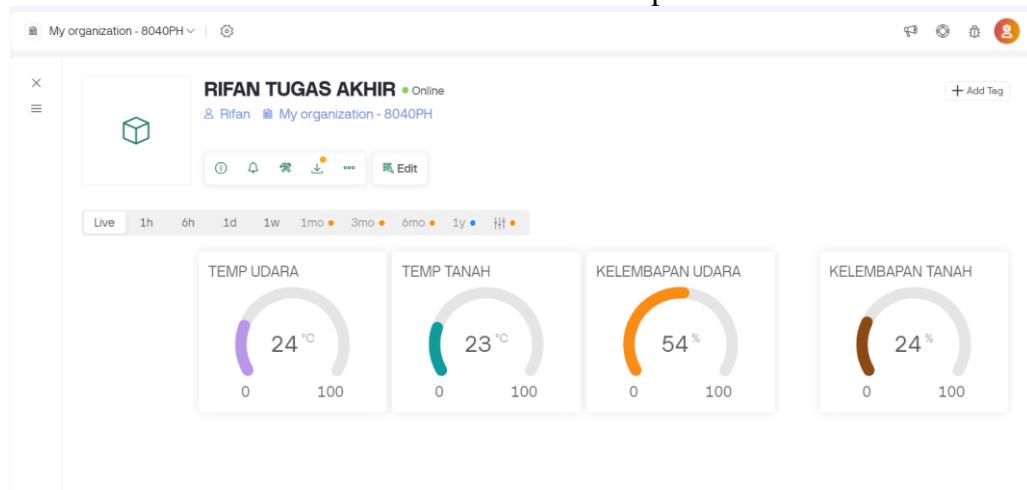
Pengujian responsivitas melibatkan perubahan kondisi kelembapan tanah di sekitar sensor. Misalnya, tanah di sekitar sensor dibuat kering, kemudian secara bertahap ditambahkan air untuk meningkatkan kelembapan. Setiap perubahan tingkat kelembapan harus dicatat dan pembacaan sensor di serial monitor serta LCD I2C harus diperhatikan untuk melihat seberapa cepat dan akurat sensor merespons perubahan ini.

Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor FC-28 dengan alat ukur kelembapan tanah standar atau dengan metode manual (seperti menggunakan alat tensiometer tanah) untuk memastikan bahwa pembacaan sensor sesuai dengan kondisi sebenarnya. Perbedaan antara pembacaan sensor FC-28 dan alat ukur standar akan dicatat untuk mengevaluasi akurasi sensor. Selanjutnya, pengujian jangka panjang dilakukan dengan membiarkan sensor beroperasi selama beberapa hari di kondisi greenhouse yang normal. Pembacaan data akan dicatat secara berkala untuk memantau konsistensi dan stabilitas sensor dalam jangka waktu yang lebih lama. Hal ini penting untuk memastikan bahwa sensor dapat diandalkan untuk penggunaan sehari-hari di greenhouse tanpa perlu sering dikalibrasi ulang atau diganti. Langkah-langkah pengujian meliputi setup awal dengan memastikan sensor FC-28 terhubung ke ESP32 dan kode program siap untuk membaca data dari sensor. Monitoring data dilakukan dengan mengaktifkan serial monitor pada Arduino IDE serta melihat tampilan data di LCD I2C untuk memastikan bahwa pembacaan kelembapan tanah ditampilkan dengan benar. Selain itu, simulasi kondisi tanah dilakukan dengan mengubah kelembapan tanah secara bertahap dan mencatat respons sensor. Perbandingan dengan alat ukur standar juga dilakukan untuk mengevaluasi akurasi sensor. Bagian penting dari pengujian ini juga mencakup integrasi dengan aplikasi *Blynk*. Setelah memastikan bahwa sensor berfungsi dengan baik pada tingkat perangkat keras, langkah selanjutnya adalah memantau dan mengontrol data sensor secara real-time melalui *Blynk*. Data kelembapan tanah yang diterima dari sensor FC-28 akan dikirim ke NodeMCU ESP8266 melalui modul RF24. NodeMCU ESP8266, yang terhubung ke jaringan WiFi, akan mengirimkan data ini ke server *Blynk*. Aplikasi *Blynk* yang telah diatur sebelumnya akan menerima data ini dan menampilkannya dalam bentuk yang mudah dipahami oleh pengguna.

Pengujian integrasi *Blynk* dilakukan dengan memastikan bahwa data kelembapan tanah yang ditampilkan di aplikasi *Blynk* sesuai dengan data yang ditampilkan di serial monitor dan LCD I2C. Pengujian ini mencakup langkah-langkah verifikasi dimana data sensor yang diterima di aplikasi *Blynk* akan dibandingkan dengan pembacaan langsung dari sensor untuk memastikan konsistensi dan akurasi. Selain itu, pengguna dapat mengatur notifikasi di aplikasi *Blynk* untuk menerima peringatan jika tingkat kelembapan tanah mencapai batas tertentu, sehingga dapat mengambil tindakan yang diperlukan, seperti mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air melalui *relay* yang dikendalikan oleh ESP32.



Gambar 4.12 Pengujian FC-28 *soilmoisture*
Sumber: Dokumentasi pribadi



Gambar 4.13 Tampilan Blynk
Sumber: Dokumentasi pribadi

No	Kelembapan Tanah	Status
1	80%	Terlalu basah
2	45%	Normal
3	20%	Kering

Tabel 4.1 Hasil pengujian dari tanaman

4.3.3 Pengujian Sensor DS18B20

Pengujian sensor suhu tanah DS18B20 dilakukan untuk memastikan bahwa sensor ini mampu membaca suhu tanah secara akurat dan konsisten, yang penting untuk memantau kondisi lingkungan di greenhouse dan memastikan tanaman tumbuh dalam kondisi optimal. Pengujian ini melibatkan beberapa tahapan penting, mulai dari kalibrasi awal dan instalasi, pengujian fungsi dasar, pengujian responsivitas, pengujian akurasi, hingga pengujian jangka panjang.

Pada tahap kalibrasi awal dan instalasi, sensor DS18B20 dipasang ke ESP32 dengan menghubungkan pin sensor ke pin input yang sesuai pin 2 pada ESP32, serta memastikan bahwa kode program pada ESP32 telah diatur untuk membaca data dari sensor ini menggunakan pustaka *OneWire* dan *DallasTemperature*. Setelah sensor terpasang dengan benar, pengujian fungsi dasar dilakukan dengan mengaktifkan ESP32 dan memantau data suhu tanah yang ditampilkan di serial monitor serta LCD I2C untuk memastikan bahwa sensor berfungsi dan memberikan pembacaan data.

Pengujian responsivitas melibatkan perubahan suhu tanah di sekitar sensor. Misalnya, sensor ditempatkan di tanah dengan suhu yang diketahui, kemudian secara bertahap suhu tanah diubah (misalnya dengan menambahkan air hangat atau dingin) untuk melihat bagaimana sensor merespons perubahan suhu. Setiap perubahan suhu harus dicatat dan pembacaan sensor di serial monitor serta LCD I2C harus diperhatikan untuk melihat seberapa cepat dan akurat sensor merespons perubahan ini.

Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor DS18B20 dengan alat ukur suhu tanah standar atau dengan termometer digital yang akurat untuk memastikan bahwa pembacaan sensor sesuai dengan kondisi sebenarnya. Perbedaan antara pembacaan sensor DS18B20 dan alat ukur standar akan dicatat untuk mengevaluasi akurasi sensor.

Selanjutnya, pengujian jangka panjang dilakukan dengan membiarkan sensor beroperasi selama beberapa hari di kondisi *greenhouse* yang normal. Pembacaan data akan dicatat secara berkala untuk memantau konsistensi dan stabilitas sensor dalam jangka waktu yang lebih lama. Hal ini penting untuk memastikan bahwa sensor dapat diandalkan untuk penggunaan sehari-hari di *greenhouse* tanpa perlu sering dikalibrasi ulang atau diganti.

Langkah-langkah pengujian meliputi setup awal dengan memastikan sensor DS18B20 terhubung ke ESP32 dan kode program siap untuk membaca data dari sensor. *Monitoring* data dilakukan dengan mengaktifkan serial monitor pada Arduino IDE serta melihat tampilan data di LCD I2C untuk memastikan bahwa pembacaan suhu tanah ditampilkan dengan benar. Selain itu, simulasi perubahan suhu tanah dilakukan dengan mengubah kondisi suhu di sekitar sensor secara bertahap dan mencatat respons sensor. Perbandingan dengan alat ukur standar juga dilakukan untuk mengevaluasi akurasi sensor.

Bagian penting dari pengujian ini juga mencakup integrasi dengan aplikasi *Blynk*. Setelah memastikan bahwa sensor berfungsi dengan baik pada tingkat perangkat keras, langkah selanjutnya adalah memantau dan mengontrol data sensor secara *real-time* melalui *Blynk*. Data suhu tanah yang diterima dari sensor DS18B20 akan dikirim ke NodeMCU ESP8266 melalui modul RF24. NodeMCU ESP8266, yang terhubung ke jaringan *WiFi*, akan mengirimkan data ini ke server *Blynk*. Aplikasi *Blynk* yang telah diatur sebelumnya akan menerima data ini dan menampilkannya dalam bentuk yang mudah dipahami oleh pengguna. Pengujian integrasi *Blynk* dilakukan dengan memastikan bahwa data suhu tanah yang ditampilkan di aplikasi *Blynk* sesuai dengan data yang ditampilkan di serial monitor dan LCD I2C. Pengujian ini mencakup langkah-langkah verifikasi dimana data sensor yang diterima di aplikasi *Blynk* akan dibandingkan dengan pembacaan langsung dari sensor untuk memastikan konsistensi dan akurasi. Selain itu, pengguna dapat mengatur notifikasi di aplikasi *Blynk* untuk menerima peringatan jika suhu tanah mencapai batas tertentu, sehingga dapat mengambil tindakan yang diperlukan.

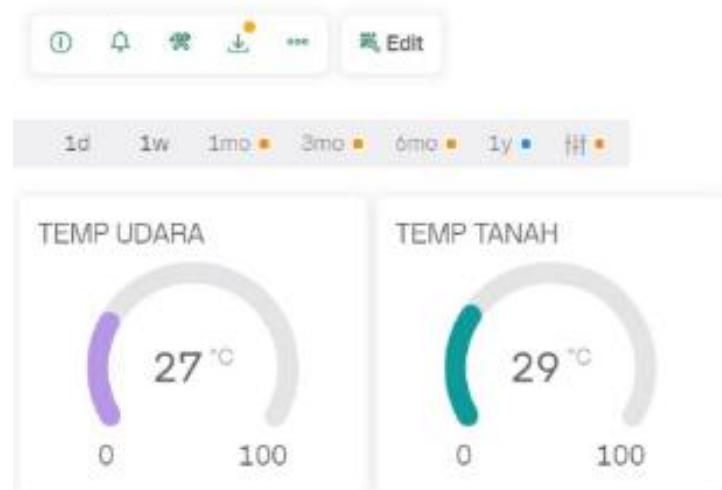


Gambar 4.14 Pengujian sensor DS18B20

Sumber: Dokumentasi pribadi

RIFAN TUGAS AKHIR • Online

Rifan My organization - 8040PH



Gambar 4.15 Tampilan Suhu tanah

Sumber: Dokumentasi pribadi

4.3.4 Pengujian Modul nRF24L01

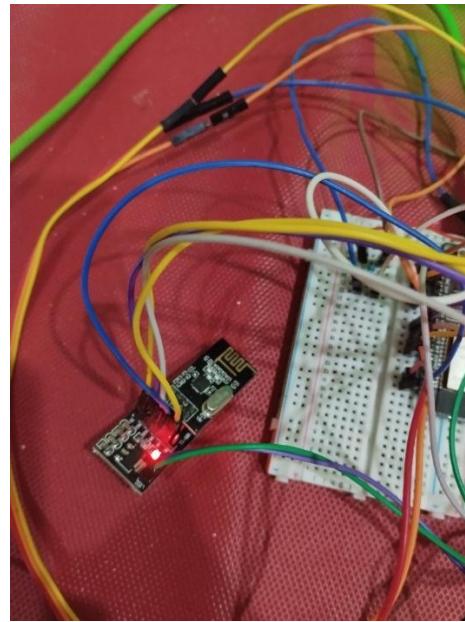
Pengujian modul nRF24L01 dilakukan untuk memastikan bahwa modul ini mampu mengirim dan menerima data secara nirkabel antara dua mikrokontroler, yaitu ESP32 yang berada di dalam *greenhouse* dan NodeMCU ESP8266 yang berada di rumah pengguna. Pengujian ini mencakup beberapa tahap, mulai dari instalasi awal, pengujian jarak, pengujian keandalan komunikasi, hingga integrasi dengan aplikasi *Blynk*.

Tahap pertama adalah instalasi awal modul nRF24L01 pada kedua mikrokontroler. Pada ESP32, modul ini dihubungkan dengan pin 15 untuk CE dan pin 5 untuk CSN, sedangkan pada NodeMCU ESP8266, modul dihubungkan dengan pin 2 untuk CE dan pin 15 untuk CSN. Kode program diatur untuk menginisialisasi modul dan membuka saluran komunikasi (pipe) dengan alamat unik yang sama pada kedua mikrokontroler, yaitu 0xE8E8F0F0E1LL.

Pengujian jarak dilakukan untuk menentukan seberapa jauh modul nRF24L01 dapat mengirim dan menerima data tanpa kehilangan sinyal. Mikrokontroler ESP32 dengan modul nRF24L01 ditempatkan di *greenhouse*, sementara NodeMCU ESP8266 ditempatkan di berbagai jarak dari *greenhouse*, mulai dari beberapa meter hingga jarak maksimal yang diizinkan oleh modul. Selama pengujian ini, data suhu, kelembapan udara, suhu tanah, dan kelembapan tanah yang dikirim oleh ESP32 dipantau untuk memastikan bahwa data diterima secara konsisten oleh NodeMCU ESP8266. Jika data mulai hilang atau terdistorsi, jarak pengujian dicatat sebagai batas efektif dari modul nRF24L01.

Pengujian keandalan komunikasi dilakukan dengan mengirim data sensor secara terus-menerus dalam interval tertentu, setiap 2 detik selama periode waktu yang lama. Tujuannya adalah untuk memeriksa apakah ada gangguan atau kehilangan data selama transmisi jangka panjang. Serial monitor pada kedua mikrokontroler digunakan untuk mencatat setiap paket data yang dikirim dan diterima, serta memverifikasi bahwa data yang dikirim sesuai dengan data yang diterima. Setiap kesalahan atau kehilangan data dicatat untuk analisis lebih lanjut.

Selanjutnya, integrasi dengan aplikasi *Blynk* diuji untuk memastikan bahwa data yang diterima oleh NodeMCU ESP8266 dapat dikirim ke aplikasi *Blynk* dan ditampilkan secara real-time. NodeMCU ESP8266 dikonfigurasi untuk menerima data dari modul nRF24L01 dan mengirimkan data tersebut ke server *Blynk* melalui koneksi WiFi. Pengujian ini memastikan bahwa pengguna dapat memantau kondisi lingkungan di *greenhouse* melalui aplikasi *Blynk* tanpa adanya gangguan atau penundaan.



Gambar 4.16 Pengujian nRF24L01
Sumber: Dokumentasi pribadi

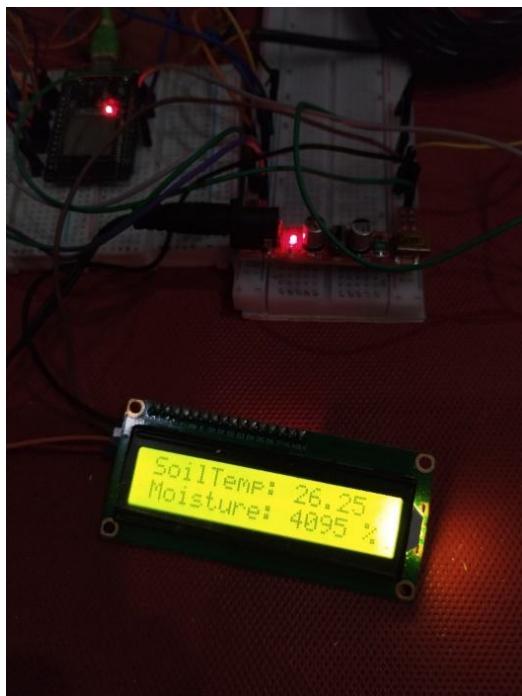
4.3.5 Pengujian LCD 16X2 I2C

Pengujian LCD I2C dilakukan untuk memastikan bahwa layar LCD dapat menampilkan data sensor yang dikumpulkan oleh ESP32 dengan jelas dan akurat. LCD I2C digunakan dalam proyek ini untuk memberikan umpan balik visual langsung tentang kondisi lingkungan di greenhouse, seperti suhu udara, kelembapan udara, suhu tanah, dan kelembapan tanah. Tahap pertama adalah menghubungkan LCD I2C ke ESP32. Koneksi dilakukan dengan menghubungkan pin SDA LCD ke pin SDA ESP32 (D21) dan pin SCL LCD ke pin SCL ESP32 (D22). Selain itu, pin VCC dan GND dari LCD dihubungkan ke pin 3.3V dan GND pada ESP32 untuk menyediakan daya. Setelah semua koneksi fisik dilakukan, kode program diatur untuk menginisialisasi LCD I2C dengan alamat yang sesuai ukuran layar (16x2 karakter).

Tahap kedua adalah menguji inisialisasi dan penampilan awal pada LCD. Setelah memuat program ke ESP32, LCD diharapkan untuk menampilkan pesan awal atau data default untuk memastikan bahwa koneksi dan inisialisasi berhasil. Jika LCD menampilkan pesan atau karakter yang diharapkan, ini menandakan bahwa inisialisasi berhasil dan LCD siap digunakan untuk menampilkan data sensor. Jika tidak, koneksi dan alamat I2C diperiksa dan disesuaikan jika diperlukan. Tahap ketiga adalah menampilkan data sensor secara real-time. Program diatur untuk membaca data dari sensor DHT11 (suhu dan kelembapan udara), sensor DS18B20 (suhu tanah), dan sensor kelembapan tanah (FC-28). Data yang diperoleh dari sensor-sensor ini kemudian dikirim ke LCD I2C untuk ditampilkan. Pengujian dilakukan dengan mengamati

apakah nilai yang ditampilkan pada LCD sesuai dengan nilai yang dibaca dari sensor dan ditampilkan pada Serial Monitor. Setiap anomali atau kesalahan dalam penampilan data dicatat untuk analisis lebih lanjut.

Pengujian keandalan dilakukan dengan membiarkan sistem berjalan selama periode waktu yang lama. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa LCD dapat terus menampilkan data secara konsisten tanpa adanya gangguan atau kehilangan data. Selama pengujian ini, data sensor terus-menerus dibaca dan diperbarui pada LCD setiap beberapa detik. Layar LCD diamati untuk memastikan bahwa semua data ditampilkan dengan benar dan tidak ada karakter yang hilang atau rusak. Setiap kesalahan atau gangguan dicatat dan dianalisis untuk menemukan penyebab dan solusi yang mungkin. Pengujian integrasi dengan sistem keseluruhan dilakukan untuk memastikan bahwa LCD berfungsi dengan baik bersama komponen lain. Dalam hal ini, LCD harus menampilkan data secara real-time sementara data yang sama dikirim melalui modul nRF24L01 ke NodeMCU ESP8266 dan kemudian ke aplikasi *Blynk*. Pengujian ini memastikan bahwa semua komponen dalam sistem dapat bekerja bersama tanpa saling mengganggu. Data yang ditampilkan pada LCD dibandingkan dengan data yang ditampilkan pada aplikasi *Blynk* untuk memastikan konsistensi dan akurasi.



Gambar 4.17 Pengujian LCD 16X2 I2C
Sumber: Dokumentasi pribadi

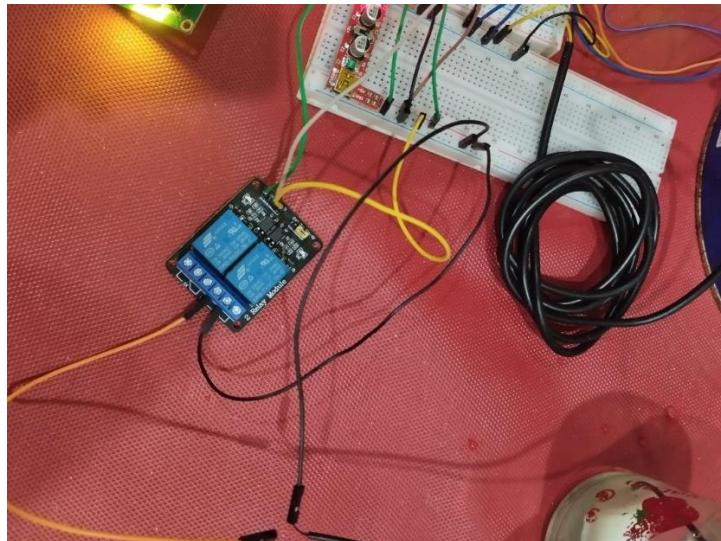
4.3.6 Pengujian *Relay*

Pengujian *relay* dilakukan untuk memastikan bahwa perangkat *relay* dapat mengontrol perangkat lain, seperti pompa air atau sistem pemanas, sesuai dengan kondisi lingkungan yang diukur oleh sensor kelembapan tanah. Pertama, *relay* dihubungkan ke ESP32 dengan menghubungkan pin kontrol *relay* ke pin digital pin 14. Selanjutnya, program di ESP32 dikonfigurasi untuk mengontrol *relay* berdasarkan nilai bacaan dari sensor kelembapan tanah FC-28.

Tahap pengujian pertama adalah verifikasi koneksi fisik. Pastikan bahwa *relay* terhubung dengan benar ke ESP32 dan *relay* dapat diaktifkan dan dinonaktifkan dengan mengubah keadaan logika pada pin kontrol yang telah ditentukan. Setelah verifikasi fisik, tahap kedua adalah pengujian fungsionalitas *relay*. Program di ESP32 diprogram untuk membaca nilai kelembapan tanah dari sensor FC-28. Jika nilai kelembapan tanah di bawah ambang batas yang ditetapkan 30%. *Relay* diaktifkan dengan menurunkan keadaan logika pada pin kontrolnya. Sebaliknya, jika nilai kelembapan tanah di atas ambang batas, *relay* dinonaktifkan dengan mengangkat keadaan logika pada pin kontrolnya.

Selama pengujian, kondisi *relay* diobservasi secara visual, misalnya dengan memperhatikan LED indikator pada *relay* atau dengan menggunakan perangkat yang terhubung ke *relay* pompa untuk memastikan bahwa *relay* berfungsi sesuai dengan perintah yang diberikan oleh program. Setiap kali kondisi *relay* berubah (dari aktif ke tidak aktif atau sebaliknya), itu dicatat untuk verifikasi bahwa *relay* merespons dengan benar terhadap kondisi lingkungan yang diukur oleh sensor kelembapan tanah.

Pengujian reliabilitas *relay* juga dilakukan dengan membiarkan sistem berjalan dalam jangka waktu yang lama, memonitoring apakah *relay* dapat terus berfungsi dengan baik tanpa adanya kegagalan atau penurunan performa. Data pengujian ini dicatat untuk mengevaluasi keandalan *relay* dalam jangka panjang dan untuk menentukan apakah ada perawatan atau penggantian yang diperlukan dalam jangka waktu tertentu.



Gambar 4.18 Relay 1 channel

Sumber: Dokumentasi pribadi

4.4 Analisis Tanaman yang Menggunakan Perangkat *Internet of Things* (IoT) dengan yang Tidak Menggunakan Perangkat *Internet of Things* (IoT)

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan efektivitas dan efisiensi pengelolaan tanaman cabai menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) dengan metode pengelolaan tradisional tanpa IoT. Untuk keperluan ini, dua tanaman cabai dipilih dan dikelompokkan menjadi dua kelompok: satu kelompok menggunakan sistem IoT dan kelompok lainnya menggunakan metode pengelolaan manual. Tanaman cabai dalam kelompok pertama akan dipantau dan dikelola menggunakan sistem IoT yang terdiri dari berbagai sensor dan perangkat mikrokontroler. Sistem ini mencakup sensor suhu udara dan kelembapan udara (DHT11) yang dipasang untuk mengukur suhu dan kelembapan udara di sekitar tanaman cabai secara real-time. Data ini akan dikirim ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses. Sensor suhu tanah (DS18B20) digunakan untuk memonitor suhu tanah, memastikan tanah tetap pada suhu optimal untuk pertumbuhan tanaman cabai. Sensor kelembapan tanah (FC-28) mengukur tingkat kelembapan tanah secara berkelanjutan. Data kelembapan tanah akan digunakan untuk mengontrol sistem irigasi otomatis melalui relay. Modul RF24 digunakan untuk komunikasi nirkabel antara ESP32 di greenhouse dan NodeMCU ESP8266 di rumah pemilik. Data sensor yang terkumpul akan dikirimkan ke NodeMCU yang terhubung ke internet. Menggunakan aplikasi Blynk, pemilik tanaman dapat memonitor data sensor dari jarak jauh. Aplikasi ini menampilkan data suhu, kelembapan udara, suhu tanah, dan kelembapan tanah dalam bentuk grafik dan widget lainnya. Selain itu, aplikasi juga memungkinkan kontrol manual dan otomatis

untuk sistem irigasi. LCD I2C digunakan untuk menampilkan data sensor secara lokal di greenhouse sehingga pengawasan dapat dilakukan langsung di tempat.

Tanaman cabai dalam kelompok kedua akan dikelola menggunakan metode pengelolaan manual. Ini mencakup pengukuran manual suhu dan kelembapan udara menggunakan alat pengukur manual seperti termometer dan hygrometer. Suhu dan kelembapan tanah juga akan diukur menggunakan alat manual sesuai kebutuhan. Tanaman cabai akan dipantau secara rutin oleh pemilik untuk mengidentifikasi kebutuhan penyiraman dan kondisi lainnya berdasarkan pengamatan visual dan pengalaman. Penyiraman dilakukan berdasarkan jadwal atau kebutuhan yang teridentifikasi melalui pengamatan manual. Tidak ada sistem otomatis untuk mengontrol irigasi.

Prosedur pengujian meliputi persiapan awal di mana kedua tanaman cabai ditanam dalam kondisi yang sama dengan media tanam yang identik dan ditempatkan dalam area yang terkontrol. Selama periode pengujian, data dari sensor-sensor pada tanaman yang menggunakan sistem IoT akan dikumpulkan dan disimpan. Untuk tanaman cabai tanpa IoT, data akan dicatat secara manual oleh pengelola setiap hari. Kondisi pertumbuhan kedua kelompok tanaman cabai akan dipantau secara rutin. Aspek-aspek yang diamati termasuk suhu tanah, kelembapan tanah, kelembapan udara, suhu udara, dan kondisi umum tanaman cabai.



Gambar 4.19 Kondisi awal tanaman cabai

Sumber: Dokumentasi pribadi

Sebelum memulai penelitian, kedua kelompok tanaman cabai, baik yang menggunakan perangkat IoT maupun tanpa IoT, berada dalam kondisi yang seragam dan optimal. Tinggi rata-

rata tanaman adalah 16 cm, dengan masing-masing tanaman memiliki 8 daun yang tampak sehat dan berwarna hijau cerah. Tanaman belum menunjukkan tanda-tanda pembentukan bunga atau buah, karena masih berada pada tahap awal pertumbuhan vegetatif. Kondisi lingkungan seperti kelembapan tanah, pencahayaan, dan suhu dijaga agar ideal dan seragam untuk memastikan bahwa tidak ada faktor eksternal yang memengaruhi hasil penelitian secara signifikan. Penelitian dimulai dengan fokus pada pengaruh perangkat IoT terhadap perkembangan tanaman selama periode pengamatan.

a. Hari Pertama

Pada hari pertama, kedua kelompok tanaman cabai, baik yang menggunakan perangkat IoT maupun tanpa IoT, memulai pengujian dengan kondisi awal yang sama. Tinggi tanaman pada kedua kelompok adalah 16 cm, dengan masing-masing memiliki 8 daun yang sehat dan hijau cerah. Daun-daun tersebut tampak segar, tanpa adanya tanda-tanda kekurangan nutrisi atau kerusakan. Belum ada pembentukan bunga, apalagi buah, karena tanaman baru memulai fase pertumbuhannya. Kondisi lingkungan dibuat seragam untuk kedua kelompok, termasuk pencahayaan, kelembapan, dan nutrisi. Hari ini menjadi titik awal pengamatan perkembangan lebih lanjut.



Gambar 4.20 Grafik tinggi tanaman hari pertama



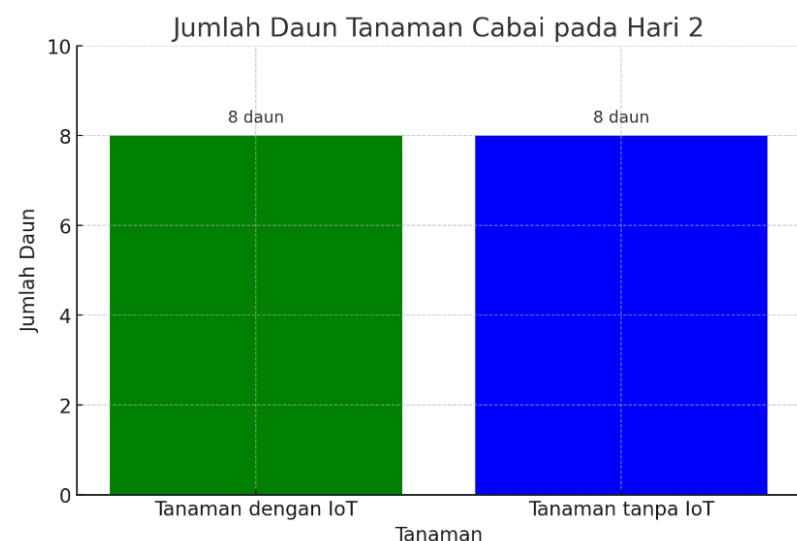
Gambar 4.21 Grafik jumlah daun hari pertama

b. Hari Kedua

Pada hari kedua, tanaman cabai dengan perangkat IoT menunjukkan perkembangan pada struktur vegetatifnya. Tingginya tetap 16 cm, dengan daun-daun yang tetap hijau segar dan sehat. Tunas-tunas kecil mulai muncul di cabang tanaman, meskipun belum cukup besar untuk dianggap sebagai perkembangan signifikan. Jumlah daun tidak bertambah, tetapi daun yang ada tampak lebih lebar dan lebat. Sebaliknya, tanaman cabai tanpa IoT juga tetap memiliki tinggi 16 cm dengan 8 daun. Namun, beberapa daun mulai menunjukkan warna hijau yang memudar di bagian tepi, terutama daun-daun yang lebih tua. Tunas belum tampak pada tanaman ini, dan kondisi daun menunjukkan tanda-tanda awal stres ringan akibat lingkungan yang kurang terkontrol.



Gambar 4.22 Grafik tinggi tanaman hari kedua



Gambar 4.23 Grafik jumlah daun hari kedua

c. Hari Ketiga

Pada hari ketiga, tanaman cabai IoT menunjukkan perkembangan yang lebih terlihat. Tingginya tetap 16 cm, tetapi jumlah daun bertambah menjadi 10. Daun baru berwarna hijau cerah dan tampak sehat, menambah lebatnya struktur tanaman. Tunas-tunas bunga mulai terlihat kecil di beberapa cabang, menandakan bahwa tanaman mulai memasuki tahap awal perkembangan reproduktif. Sementara itu, tanaman cabai tanpa IoT tetap memiliki tinggi 16 cm, tetapi jumlah daun tidak bertambah, tetap 8. Warna daun semakin memudar menjadi hijau kekuningan di beberapa bagian, terutama di daun-daun tua. Tunas bunga belum terlihat pada kelompok ini, dan tanaman tampak lebih lambat dalam perkembangannya dibandingkan kelompok IoT.



Gambar 4.24 Grafik tinggi tanaman hari ketiga



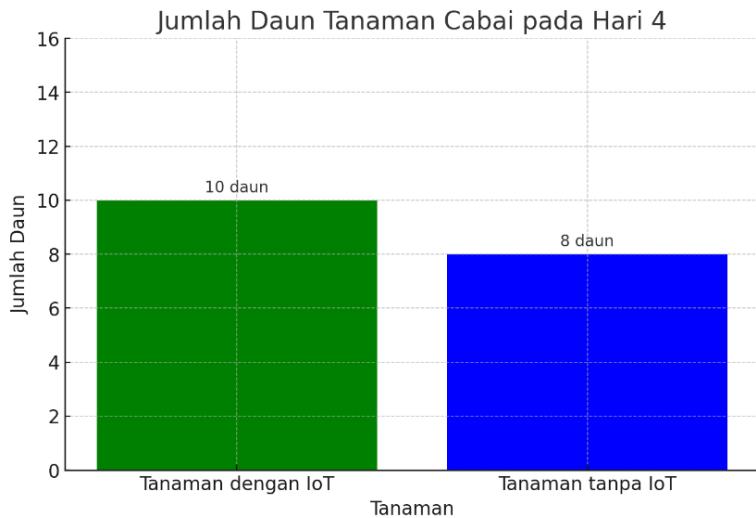
Gambar 4.25 Grafik jumlah daun hari ketiga

d. Hari Keempat

Pada hari keempat, tanaman cabai IoT mengalami peningkatan tinggi menjadi 18 cm. Jumlah daun tetap 10, tetapi daun-daun tersebut terlihat semakin lebat dan sehat. Tunas bunga yang mulai terbentuk menjadi lebih jelas dan berkembang, tetapi belum ada pembungaan yang nyata. Tanaman ini berada dalam kondisi optimal untuk terus tumbuh. Tanaman cabai tanpa IoT juga menunjukkan peningkatan tinggi menjadi 17 cm. Namun, jumlah daun tetap 8, dengan beberapa daun menunjukkan warna kuning di bagian tepinya. Tunas bunga belum tampak pada tanaman ini, dan secara keseluruhan pertumbuhan tanaman ini terlihat lebih lambat dibandingkan tanaman IoT.



Gambar 4.26 Grafik tinggi tanaman hari keempat



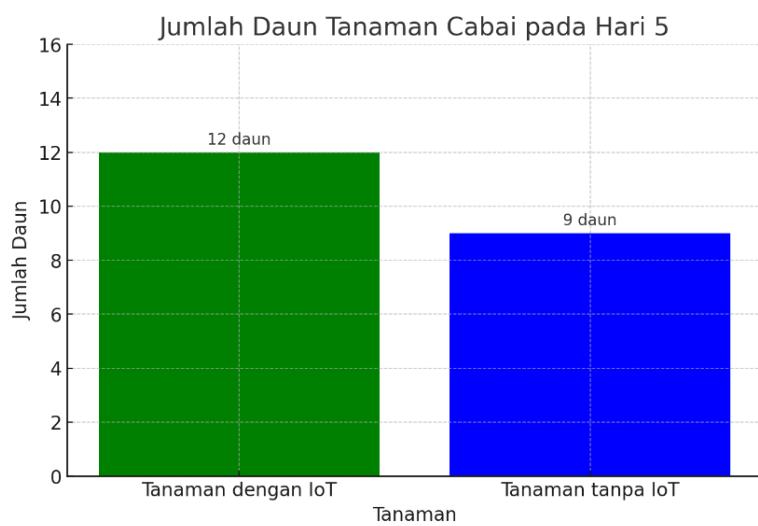
Gambar 4.27 Grafik jumlah daun hari keempat

e. Hari Kelima

Pada hari kelima, tanaman cabai IoT mempertahankan pertumbuhannya yang stabil. Tingginya tetap 18 cm, dan jumlah daun bertambah menjadi 12. Daun-daun baru ini tampak hijau segar, menambah kerapatan pada struktur tanaman. Tunas bunga terus berkembang, tetapi belum cukup besar untuk berkembang menjadi bunga. Tanaman ini menunjukkan keseimbangan yang baik dalam pertumbuhan vegetatifnya. Di sisi lain, tanaman cabai tanpa IoT tetap memiliki tinggi 17 cm, dengan jumlah daun bertambah menjadi 9. Namun, warna kuning pada beberapa daun tua semakin terlihat, terutama di bagian bawah tanaman. Tunas bunga masih belum tampak pada tanaman ini, menunjukkan pertumbuhan yang lebih lambat dibandingkan kelompok IoT.



Gambar 4.28 Grafik tinggi tanaman hari kelima



Gambar 4.29 Grafik jumlah daun hari kelima

f. Hari Keenam

Pada hari keenam, tanaman cabai IoT mencatat pertumbuhan tinggi menjadi 20 cm. Jumlah daun tetap 12, dengan semuanya berwarna hijau cerah tanpa tanda-tanda stres. Tunas bunga terlihat lebih jelas dan berkembang lebih besar, tetapi belum ada tanda-tanda pembungaan. Tanaman tetap berada dalam kondisi optimal dengan lingkungan yang terkontrol melalui perangkat IoT. Tanaman cabai tanpa IoT tetap memiliki tinggi 17 cm, dengan jumlah daun bertambah menjadi 10. Namun, daun-daun tua menunjukkan warna kuning yang lebih dominan, dan sebagian mulai melengkung ke bawah. Tunas bunga mulai tampak kecil, tetapi perkembangannya jauh lebih lambat dibandingkan tanaman IoT.



Gambar 4.30 Grafik tinggi tanaman hari keenam



Gambar 4.31 Grafik jumlah daun hari keenam

g. Hari Ketuju

Pada hari ketujuh, tanaman cabai IoT menunjukkan pertumbuhan yang sehat dan optimal. Tingginya tetap 20 cm, dengan jumlah daun bertambah menjadi 14. Daun-daun baru tampak segar, hijau cerah, dan lebat. Tunas bunga berkembang lebih besar, tetapi belum ada bunga yang mekar. Tanaman ini menunjukkan perkembangan yang seimbang dan stabil. Sebaliknya, tanaman cabai tanpa IoT tetap memiliki tinggi 17 cm dengan jumlah daun bertambah menjadi 11. Warna kuning pada daun bagian bawah semakin terlihat, menunjukkan adanya tekanan lingkungan. Tunas bunga terlihat kecil dan masih dalam tahap awal perkembangannya. Tanaman ini menunjukkan pertumbuhan yang lebih lambat dan kurang optimal dibandingkan kelompok IoT.



Gambar 4.32 Grafik tinggi tanaman hari ketuju



Gambar 4.33 Grafik jumlah daun hari ketuju

Selama tujuh hari penelitian, penggunaan perangkat IoT pada tanaman cabai menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman tanpa IoT. Sistem IoT yang terdiri dari ESP32, NodeMcu ESP8266, Modul nRF24L01, Sensor DHT11, Sensor FC-28 Soil Moisture, Sensor DS18B20, Relay 1 channel, dan Power Supply dirancang untuk memantau dan mengelola kebutuhan tanaman secara otomatis. Penyiraman dilakukan berdasarkan data kelembapan tanah yang diukur oleh Sensor FC-28, memastikan tanaman mendapatkan air sesuai kebutuhan. Sensor suhu dan kelembapan, seperti DHT11 dan DS18B20, menjaga stabilitas lingkungan tanaman, sementara data yang dikirim melalui Modul nRF24L01 memungkinkan pengambilan keputusan presisi. Dengan sistem ini, tanaman cabai IoT mencapai tinggi 20 cm dengan 14 daun hijau cerah, tanpa tanda stres seperti daun menguning atau melengkung. Tunas bunga juga mulai terbentuk dengan ukuran yang lebih besar. Sebaliknya, tanaman tanpa IoT tumbuh lebih lambat dengan tinggi hanya 17 cm dan maksimal 11 daun, di mana sebagian besar mulai menguning pada hari-hari terakhir. Penyiraman manual yang kurang presisi menyebabkan tanaman lebih rentan terhadap kekurangan atau kelebihan air, sehingga mengalami stres lingkungan. Perkembangan tunas bunga pada kelompok tanpa IoT juga lebih lambat dan ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan kelompok IoT. Penelitian ini membuktikan bahwa perangkat IoT dapat menciptakan lingkungan yang optimal untuk tanaman, meningkatkan efisiensi perawatan, dan mendukung pertumbuhan vegetatif dan reproduktif secara lebih baik dibandingkan pengelolaan manual.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian selama tiga hari terhadap tanaman yang menggunakan sistem IoT dan tanaman yang tidak menggunakan sistem IoT, dapat disimpulkan bahwa implementasi teknologi ini memberikan dampak positif yang signifikan pada pengelolaan lingkungan pertanian. Tanaman yang dilengkapi dengan sistem IoT, yang mencakup *monitoring* suhu udara menggunakan sensor DHT11, suhu tanah dengan sensor DS18B20, serta kelembapan tanah dengan sensor FC28, menunjukkan kondisi lingkungan yang lebih stabil dan terkontrol. Pada hari pertama, tanaman yang dilengkapi IoT menunjukkan suhu udara sebesar 23°C dengan kelembapan tanah sebesar 57%, sedangkan tanaman tanpa IoT mencatat suhu udara 25°C dan kelembapan tanah sebesar 78%. Hal ini mengindikasikan bahwa sensor-sensor yang terhubung ke sistem IoT mampu memberikan data yang akurat dan mendetail tentang kondisi lingkungan tumbuhan, yang memungkinkan pengguna untuk mengambil tindakan responsif dalam menjaga kondisi optimal. Pada hari kedua, tanaman yang dilengkapi IoT menunjukkan suhu tanah sebesar 29°C dengan kelembapan tanah tetap stabil di 58%, sementara tanaman tanpa IoT memiliki suhu tanah 30°C dan kelembapan tanah sebesar 78%. Suhu udara pada tanaman dengan IoT adalah 27°C, sedangkan tanaman tanpa IoT mencatat 31°C. Perbedaan ini menunjukkan bahwa integrasi IoT memungkinkan pengelola untuk secara efektif mengontrol suhu dan kelembapan, menghasilkan lingkungan yang lebih kondusif untuk pertumbuhan tanaman. Pada hari ketiga, tanaman dengan IoT mencatat suhu tanah 22°C dan kelembapan tanah 54%, sementara tanaman tanpa IoT memiliki suhu tanah 24°C dan kelembapan tanah 62%. Suhu udara pada tanaman dengan IoT adalah 26°C, sedangkan tanaman tanpa IoT mencatat 27°C. Data ini menunjukkan konsistensi dalam pemantauan kondisi lingkungan yang diberikan oleh sistem IoT, yang membantu para pengelola untuk mengoptimalkan strategi perawatan tanaman secara efisien. Dengan demikian, sistem IoT terbukti memberikan keuntungan signifikan dalam mengelola lingkungan pertanian dengan cara yang lebih cerdas dan terintegrasi. Untuk mengembangkan implementasi ini lebih lanjut, penting untuk terus melakukan pemantauan dan evaluasi terhadap performa sensor-sensor yang digunakan. Perbaikan teknis dan penyesuaian mungkin diperlukan untuk memastikan akurasi data yang dihasilkan. Selain itu, pelatihan yang memadai bagi pengguna teknologi IoT akan membantu dalam memaksimalkan potensi sistem untuk meningkatkan produktivitas pertanian secara keseluruhan.

5.2 Saran

Berikut adalah beberapa saran untuk pengembangan sistem IoT dalam lingkungan pertanian berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan:

- a) Memperluas jumlah dan jenis sensor yang terhubung ke sistem IoT untuk memantau faktor lingkungan tambahan seperti intensitas cahaya, pH tanah, dan nutrisi tanaman. Hal ini akan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif terhadap kondisi tumbuhan.
- b) Menggunakan data historis yang terkumpul untuk mengembangkan model prediktif atau analisis data yang mendalam. Ini dapat membantu dalam mengidentifikasi pola, tren, dan potensi masalah sebelum mereka berkembang menjadi masalah yang lebih besar.

Selain memantau kondisi lingkungan, integrasikan sensor-sensor yang dapat memonitor kesehatan tanaman secara langsung seperti sensor nutrisi atau penyakit tanaman. Hal ini dapat membantu dalam mendeteksi penyakit atau kekurangan nutrisi lebih awal, sehingga tindakan preventif dapat segera dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Akmal Md Rahim, N. Hairul Hazril Nik Fadzil, M. Farid Shamsul Kahar, T. Tengku Nadzlin Tengku Ibrahim, J. Kejuruteraan Elektrik, and P. Pengajian Diploma, “Pertanian Pintar menggunakan IoT,” Multidisciplinary Applied Research and Innovation, vol. 3, no. 1, pp. 422–428, 2022, doi: 10.30880/mari.2022.03.01.049.
- Afidah, D., Rochim, A., & Widianto, E. (2014). Perancangan Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) untuk Memantau Suhu dan Kelembaban Menggunakan NRF24L01+. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 2(4), 267-276. DOI: 10.14710/jtsiskom.2.4.2014.267-276.
- Alfariski, M., Dhandi, M., & Kiswantono, A. (2022). Automatic Transfer Switch (ATS) Using Arduino Uno, IoT-Based Relay and Monitoring. *JTECS : Jurnal Sistem Telekomunikasi Elektronika Sistem Kontrol Power Sistem Dan Komputer*, 2(1), 1-8. *Completed Research*: <https://doi.org/10.32503/jtecs.v2i1.2238>.
- Barokah, Muhammad, Kusyanti, Ari, & Fauzi, M. (2019). Implementasi Algoritme Grain-128 Pada Wireless Sensor Network Dengan Media Pengiriman Data NRF24L01. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(9), 9194-9202. *Retrieved from*: <http://j-ptiik.ub.ac.id>.
- Candra, J. E., & Maulana, A. (2019). Penerapan Soil Moisture Sensor Untuk Desain System Penyiram Tanaman Otomatis. *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Sosial Dan Teknologi (SNISTEK)*, 2, 109–114. *Retrieved from*: <https://ejournal.upbatam.ac.id/index.php/prosiding/article/view/1516>.
- Daru, A., Adhiwibowo, W., & Hirzan, A. (2021). Model Pemantau Kelembaban Dan Irrigasi Sawah Otomatis Berbasiskan Internet of Things. *Komputika : Jurnal Sistem Komputer* 10(2), 119–27. *Completed Research*: <https://ojs.unikom.ac.id/index.php/komputika>.
- Gunadi, I., & Rachmawati, D. (2022). Review Penggunaan Sensor pada Aplikasi IOT. Wahana Matematika dan Sains: Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya, 16(3), 48-60. *Retrieved from*: <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JPM/article/view/51037>.
- Hendrawati, Trisniani, & Algifary, Kevin. (2022). Pengembangan Sistem Kontrol dan Monitoring pada Irigasi Tanaman Cabe Berbasis Node Nirkabel dan Internet of Things (IoT) menggunakan Metode Fuzzy Logic. *Seminar Nasional Teknologi Dan Riset Terapan) Politeknik Sukabumi*, 300-303. *Completed Research*: <https://semnastera.polteksmi.ac.id/index.php/semnastera/article/view/537>.

- Kholilah, U., et al. (2021). Rancang Bangun Sistem Irigasi Sprinkle Berbasis IOT pada Tanaman Hortikultura. *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, 2(2), 28-36, Retrieved from: <http://jos.unsoed.ac.id/index.php/jaber/index>.
- Kresna A, Iqsyahiro. (2022). Perancangan Sistem Irigasi Berbasis IoT Pada Sawah Padi Di Kecamatan Wangon, Kabupaten Banyumas. *LEDGER : Journal Informatic and Information Technology*, 1(3):1–9. doi: 10.20895/ledger.v1i3.736.
- Nasron, Salamah, I., & Rahman, W. (2019). Penerapan *WebBase* Sebagai Kontroller dan NodeMCU1.0 (Esp-8266) Sebagai Media Komunikasi Pada Kendali Robot Kiper Sepak Bola Beroda. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII*. ITATS. Retrieved from: <https://ejurnal.itats.ac.id/sntekpan/article/view/554>.
- Prasetyo, Angga, Yusuf, Arief, & Litanida, Y. (2019). Otomasi Irigasi Janggelan Berbasis IOT. *Multitek Indonesia: Jurnal Ilmiah*, 13(2), 104-109. Retrieved from: <http://journal.umpo.ac.id/index.php/multitek>.
- Pratama, A., Ichsan, M., & Kusyanti, A. (2019). Implementasi Algoritme AES Pada Pengiriman Data Sensor DHT11 Menggunakan Protokol Komunikasi HTTP. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(4), 3781-3789. Retrieved from: <http://j-ptiik.ub.ac.id>.
- Setiadi, David & Muhaemin, M. (2018). Penerapan IoT pada Sistem Monitoring Irigasi (Smart Irigasi). *Jurnal Infotronik*, 3(2), 95-102. Retrieved from: <https://doi.org/10.32897/infotronik.2018.3.2.108>.
- Sukanteri, Ni Putu, et al. (2019). Agrisacionomics Teknologi Pertanian Terpadu Berbasis Filosofi Tri Hita Karana dalam Usaha Tani menuju Pertanian Organik (*Integrated Agriculture Technology Based on Tri Hita Karana Philoshopy toward Organic Agriculture*). *Jurnal Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian*, 3(2), 98-106. Retrieved from: <http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/agrisacionomics>.
- Suryatini, F., Maimunah, & Fauzandi, F. (2018). Sistem Akuisisi Data Suhu dan Kelembaban Tanah pada Irigasi Tetes Otomatis Berbasis IOT. Seminar Nasional Sains dan Teknologi. 1-6. Retrieved from: jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek.
- Rasid, M & Marzuki. (2017). Analysis Using Temperature Sensor DS18B20 Hydroponic Plants Smart In Vertical Agriculture. *The 4th International Conference on Engineering and Technology Development (ICETD 2017)*, Retrieved from: <http://artikel.ulb.ac.id/index.php/icetd/article/view/1001>.

- Taufik, A. (2022). Sejarah dan Pemanfaatan IOT di Era Industri. *Jurnal Portaldatal*, 2(4), 1-8, *Retrieved from:* <http://portaldatal.org/index.php/portaldatal/article/view/114>.
- Wijaya, A., & Rivai, M. (2018). Monitoring Dan Kontrol Sistem Irigasi Berbasis IoT Menggunakan Banana Pi. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), 288-292. *Retrieved from:* <https://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/31113>.

LAMPIRAN