

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar

Teori dasar adalah kumpulan prinsip pokok yang membangun kerangka pemikiran dalam sebuah bidang ilmu.

2.2 Sistem Monitoring

Sistem *monitoring* merujuk pada suatu sistem terintegrasi yang mencakup metode, perangkat keras, dan teknologi yang bertujuan untuk mengamati, mengawasi, dan merekam aktivitas, performa, atau kondisi suatu entitas secara sistematis dan berkelanjutan (Vingestin et al., 2023)

Sistem *monitoring* dapat dikelompokkan ke dalam beberapa jenis berdasarkan objek yang menjadi sasaran pemantauan, antara lain pemantauan infrastruktur, aplikasi, jaringan, dan lingkungan. Salah satu jenis yang paling sering diterapkan adalah pemantauan infrastruktur yang memiliki fokus utama pada pengawasan terhadap perangkat keras serta elemen jaringan seperti *server*, *router*, *switch* dan sistem basis data. Infrastruktur ini berperan sebagai komponen utama dalam sistem informasi

modern, sehingga kestabilan dan kinerjanya sangat menentukan kontinuitas layanan teknologi informasi di berbagai bidang (Rio Trilaksono et al., 2023).

Sistem *monitoring* beroperasi dengan cara mengumpulkan data dari berbagai sensor atau agen pemantau, lalu memproses dan menyajikannya dalam bentuk laporan atau *visualisasi* yang mudah *diinterpretasikan*. Pada sistem yang lebih canggih, ditambahkan fitur *notifikasi* otomatis yang akan memberikan peringatan saat suatu parameter melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Dengan begitu, sistem ini tidak hanya bersifat pasif dalam pengamatan, tetapi juga aktif dalam mendukung pengambilan keputusan secara cepat dan tepat (Andi Seppewali et al., 2024).

Kemajuan teknologi seperti *Internet of Things* (IoT), komputasi *Cloud Computing*, dan kecerdasan buatan telah mendorong penerapan sistem monitoring secara lebih luas. Melalui teknologi IoT, sensor dapat dipasang pada lokasi tertentu guna memantau parameter seperti kelembapan tanah, suhu lingkungan, atau kualitas udara. Data yang diperoleh akan dikirim ke server pusat melalui jaringan internet. Integrasi teknologi ini memungkinkan proses pemantauan dilakukan secara jarak jauh dan *real-time*, sehingga meningkatkan efisiensi serta efektivitas dalam kegiatan pengawasan di berbagai sektor, termasuk pertanian, layanan kesehatan, industri, dan sistem keamanan.

2.3 Internet Of Things (Iot)

2.3.1 Pengertian Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan suatu jaringan yang terdiri atas perangkat-perangkat teknologi yang terintegrasi dengan sensor, perangkat lunak, serta komponen pendukung lainnya, yang memungkinkan pertukaran data secara nirkabel melalui koneksi jaringan. Inovasi ini mentransformasi objek-objek konvensional menjadi perangkat yang cerdas, dengan kemampuan untuk secara otomatis mengumpulkan, mengirimkan, dan menganalisis data tanpa memerlukan *intervensi* manusia secara terus menerus (Razaq et al., 2025).

2.3.2 Protokol Jaringan Iot

Dalam ekosistem IoT, protokol komunikasi berfungsi sebagai standar komunikasi yang memastikan keterhubungan dan interoperabilitas antarperangkat secara efektif. Tidak seperti arsitektur jaringan konvensional, protokol pada sistem IoT dirancang dengan mempertimbangkan efisiensi energi, jangkauan komunikasi yang luas, serta kemampuan pertukaran data yang optimal. Hal ini dilakukan guna mengatasi kendala umum pada perangkat IoT, seperti keterbatasan kapasitas komputasi, sumber daya energi yang terbatas, serta tantangan lingkungan operasional yang ekstrem (Sudarmaji et al., 2024).

Klasifikasi protokol Iot berdasarkan jangkauan protokol jaringan :

1. Protokol Jarak Pendek dan Menengah

Dalam komunikasi nirkabel jarak menengah, protokol seperti *Bluetooth Low Energy* (BLE) dan *zigbee* banyak digunakan karena keunggulannya masing-masing. BLE banyak diterapkan pada perangkat wearable dan aplikasi medis karena konsumsi dayanya yang sangat efisien. Sementara itu, *zigbee*, yang mengadopsi arsitektur jaringan *mesh*, lebih ideal untuk penerapan sistem *smart home*, seperti pengendalian pencahayaan dan sistem keamanan. Kedua protokol ini dirancang untuk menjaga keseimbangan antara efisiensi energi yang tinggi dan kestabilan konektivitas dalam komunikasi jarak menengah hingga Panjang (Rifa'i et al., 2025)

2. Protokol berbasis IP

Menurut (Seoane et al., 2021) Dalam ekosistem IoT berbasis *protokol internet* (IP), dua protokol utama yang berperan sebagai penghubung vital antara node IoT dan server pemrosesan data adalah *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) dan *Constrained Application Protocol* (CoAP). MQTT mengimplementasikan arsitektur pertukaran data berbasis model publish-subscribe melalui lapisan *Transmission Control Protocol* (TCP), yang menawarkan solusi komunikasi ringan dengan konsumsi sumber daya minimal.

Protokol ini memerlukan implementasi tambahan seperti *Transport Layer Security* (TLS) untuk memastikan keamanan transmisi data. Di sisi lain, CoAP yang beroperasi pada *User Datagram Protocol* (UDP) menyediakan pendekatan berbasis *Representational State Transfer* (REST) yang lebih efisien dibandingkan *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) konvensional, dengan fitur keamanan terintegrasi melalui *Datagram Transport Layer Security* (DTLS) yang secara khusus dioptimalkan untuk perangkat IoT dengan kapasitas terbatas (Seoane et al., 2021).

Sistem keamanan IoT secara keseluruhan mengandalkan berbagai protokol khusus yang dirancang untuk melindungi integritas dan kerahasiaan data dalam jaringan perangkat terhubung, yang dapat diklasifikasikan berdasarkan karakteristik dan fungsionalitasnya masing-masing. Kerangka keamanan yang menerapkan prinsip *never trust, always verify* untuk semua perangkat dan pengguna.

2.3.3 Cloud Komputing Iot

Komputasi awan memiliki peran krusial dalam mendukung ekosistem IoT melalui penyediaan infrastruktur komputasi berkapasitas tinggi untuk kebutuhan pemrosesan dan penyimpanan data. Menurut penelitian (Dina Nur Amelia, 2024), *Platform cloud* menjalankan tiga fungsi utama konsolidasi penyimpanan data terdistribusi dari berbagai node IoT, pemrosesan informasi secara *real-time* dengan

memanfaatkan teknik analitik berbasis kecerdasan buatan, serta pengendalian perangkat secara *remote* (Effendi et al., 2024).

Dalam konteks pertanian presisi, komputasi awan memungkinkan pemantauan kondisi tanaman secara waktu nyata melalui analisis data kontinu dari sensor lapangan (Pringsewu et al., 2021). Pada rumah cerdas *platform cloud* berfungsi sebagai *repository* terpusat untuk penyimpanan rekaman sistem keamanan sekaligus melakukan analisis perilaku penghuni menggunakan teknik pemrosesan data canggih (Rifa'i et al., 2025). Di sektor industri, implementasi *cloud computing* mendukung pelaksanaan pemeliharaan prediktif dengan mengolah data telemetri dari berbagai sensor mesin secara *real-time*.

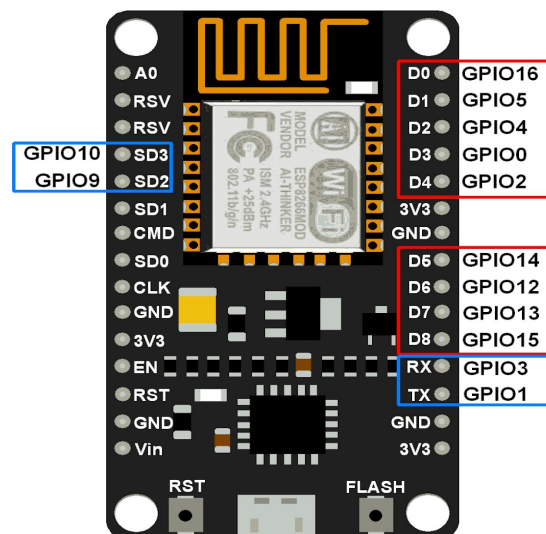
2.4 Mikrokontroler

Menurut penelitian (Gude et al., 2024) *mikrokontroler* merupakan sistem komputasi berskala mini yang terintegrasi dalam sebuah sirkuit terpadu (*IC*) tunggal, memadukan tiga komponen utama yaitu unit pemrosesan pusat (*CPU*), media penyimpanan, dan antarmuka input-output (*I/O*). varian mikrokontroler modern seperti *ESP8266*, *ESP32*, dan *STM32* telah menjadi komponen kritis dalam sistem IoT karena tiga kapabilitas utamanya kemampuan komputasi untuk pengolahan data sensor, pengaturan aktuator secara presisi, serta konektivitas nirkabel melalui berbagai

protokol komunikasi termasuk *WiFi*, *Bluetooth*, dan *LoRa* (Gude et al., 2024; Nalendra et al., 2020b).

2.4.1 Mikrokontroler NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 merupakan sebuah modul pengembangan sistem tertanam yang mengintegrasikan mikrokontroler dengan kemampuan konektivitas *Wi-Fi* modul ini memiliki perbedaan arsitektur fundamental dengan platform Arduino Uno, khususnya dalam hal konfigurasi pin yang menggunakan sistem *General Purpose Input Output* (GPIO) untuk seluruh pin antarmukanya (Pringsewu et al., 2021) .



Gambar 2. 1 Node MCU ESP8266 (sumber:Tutorokeguru.com)

Modul *NodeMCU ESP8266* dilengkapi dengan sejumlah pin digital yang terdistribusi dari D0 hingga D8, dengan masing-masing pin memiliki fungsi yang

spesifik. Pin D0 (GPIO16) umumnya diaplikasikan untuk fungsi wake-up dari mode deep sleep, sedangkan pin D1 (GPIO5) dapat berfungsi sebagai jalur *clock* pada komunikasi. Adapun pin D2 (GPIO4) sering dimanfaatkan untuk jalur data (Nalendra et al., 2020a).

Dalam hal kemampuan analog, modul ini hanya menyediakan satu pin input analog yaitu A0 yang terintegrasi dengan konverter analog ke digital beresolusi 10-bit. Untuk kebutuhan komunikasi serial, tersedia pin RX (GPIO3) dan TX (GPIO1) yang mendukung keperluan pemrograman maupun untuk berkomunikasi dengan perangkat eksternal (Nalendra et al., 2020a).

Pin digital *NodeMCU* yang ditandai kotak merah pada gambar 2.1 menunjukkan kemampuan dasar sebagai *input/output*. Sebaliknya, pin serial ditandai dengan warna biru untuk membedakan fungsinya dalam transmisi data, sebagaimana dijelaskan dalam penelitian. Konfigurasi semacam ini memberikan fleksibilitas tinggi dalam pengembangan proyek IoT, mencakup berbagai aplikasi mulai dari akuisisi data sensor hingga pengendalian perangkat aktuator. Pemahaman mendalam mengenai pemetaan GPIO dan karakteristik masing-masing pin menjadi aspek kritis untuk meminimalisasi kesalahan dalam implementasi desain rangkaian.

2.5 Sensor tanah

Menurut penelitian (Sudarmaji et al., 2024) Dalam sistem pertanian presisi berbasis IoT, sensor tanah berperan sebagai komponen vital yang secara khusus dikembangkan untuk memonitor berbagai parameter fisika-kimia tanah. perangkat ini mampu mengukur beberapa variabel kunci meliputi kandungan air tanah, konsentrasi unsur hara, suhu substrat, tingkat keasaman. Data yang dihasilkan secara *real-time* ini memungkinkan petani melakukan pengambilan keputusan yang akurat terkait manajemen irigasi, aplikasi pupuk, dan perlakuan budidaya tanaman (Gude et al., 2024). ada 2 jenis sensor yang umum digunakan petani yaitu :

1. Sensor pH tanah

Sensor *potensial of Hydrogen* (pH) tanah merupakan perangkat pengukur yang berfungsi untuk menentukan tingkat keasaman atau alkalinitas tanah melalui deteksi konsentrasi *Ion Hidrogen* (H^+) dalam larutan tanah (Oktivasari et al., 2024). alat ini memiliki peran krusial dalam memonitor dan mempertahankan nilai pH larutan nutrisi pada rentang optimal 5,5-6,5. Rentang tersebut diidentifikasi sebagai kondisi ideal untuk memaksimalkan ketersediaan dan penyerapan unsur hara esensial oleh tanaman.

2. Sensor kelembapan tanah

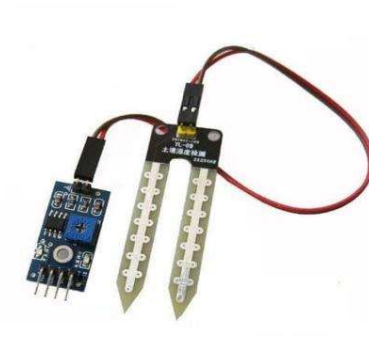
Sensor kelembaban tanah merupakan suatu perangkat elektronik yang beroperasi berdasarkan prinsip pengukuran perubahan sifat kelistrikan medium tanah, alat ini bekerja dengan mendeteksi variasi nilai konduktivitas listrik atau

kapasitansi yang terjadi antara elektroda-elektrodanya (Budiani et al., 2024).

Fungsi utama perangkat ini adalah menyediakan data kuantitatif mengenai status kelembaban tanah secara *real-time*.

2.5.1 Sensor Kelembaban Tanah Soil Moisture Sensor YL-69

Sensor kelembaban tanah model YL-69 didesain untuk mengukur kandungan air dalam tanah secara langsung dan terus-menerus. perangkat ini mampu merespons perubahan kelembaban dalam waktu sangat singkat, yaitu di bawah satu detik (Mahfud et al., 2023). Tingkat pembaruan datanya sangat cepat, berkisar antara 10 sampai 100 kali per detik, disesuaikan dengan kemampuan *Analog to Digital Converter* (ADC) pada *board mikrokontroler* yang terhubung, termasuk *Arduino*, *ESP8266*, maupun *STM32*.



Gambar 2. 2 Sensor Soil Moisture Sensor YL-69 (sumber :Tokopedia.com)

Nilai output analog yang dihasilkan pada sensor berkisar antara 0-1023 (pada mikrokontroler), dengan interpretasi sebagai berikut:

1. Kondisi Basah (Nilai Analog: 0-399)

Untuk kondisi basah nilai *analog* yang ada pada sensor berkisar 0-400 kadar air yang ada pada tanah diatas 70%.

2. Kondisi Normal Ideal (Nilai Analog: 400-700)

Untuk kondisi normal nilai *analog* yang ada pada sensor berkisar 400-700 kadar air yang ada pada tanah sekitar 50%-70%.

3. Kondisi Kering (Nilai Analog: 701-1023)

Untuk kondisi kering nilai *analog* yang ada pada sensor berkisar 700-1023 kadar air yang ada pada tanah sekitar dibawah 50 %.

2.6 Platform Blynk

Blynk merupakan sebuah platform komputasi awan yang dirancang khusus untuk mendukung pengembangan sistem IoT (Gude et al., 2024). platform ini menyediakan antarmuka pengguna yang intuitif untuk memonitor dan mengontrol perangkat IoT secara waktu nyata melalui perangkat seluler.

2.6.1 Widget Blynk

Widget dalam aplikasi *Blynk* merupakan elemen antarmuka pengguna berbasis visual yang dirancang untuk memfasilitasi interaksi antara pengguna dengan sistem

IoT. komponen ini menyederhanakan proses monitoring dan kontrol perangkat IoT melalui tampilan yang intuitif (Arsella & Fadhli, 2023).

Widget Gauge dalam platform *Blynk* berfungsi sebagai tampilan visual berbentuk meteran analog yang menampilkan data numerik secara grafis, komponen ini secara efektif memvisualisasikan berbagai parameter seperti intensitas cahaya atau kecepatan putaran motor, sehingga memudahkan interpretasi data oleh pengguna.

Widget gauge pada platform *blynk* dikonfigurasi dengan dua parameter utama yang menentukan rentang pengukurannya, yaitu nilai minimum dan maksimum. nilai minimum yang biasanya ditetapkan pada angka 0 berfungsi sebagai batas bawah skala pengukuran, merepresentasikan kondisi terendah seperti tanah yang sangat kering dalam pengukuran kelembaban.

Sementara itu, nilai maksimum misalnya 100 berperan sebagai batas atas yang menunjukkan kondisi tertinggi seperti tanah jenuh air. Konfigurasi ini memungkinkan visualisasi data sensor yang akurat dan mudah dipahami, dimana nilai aktual akan ditampilkan secara proporsional antara kedua batas tersebut. Dalam implementasinya, pemilihan rentang nilai yang tepat sangat penting untuk memastikan pembacaan yang optimal sesuai dengan karakteristik sensor dan aplikasi yang digunakan



Gambar 2. 3 Widget Gauge (sumber: Blynk.com)

SuperChart adalah salah satu komponen *widget* dalam aplikasi *blynk* yang digunakan untuk menampilkan data dari sensor dalam bentuk grafik digital, baik secara historis maupun *real-time*. Komponen ini sangat bermanfaat pada sistem pemantauan berbasis IoT, karena memungkinkan pengguna memantau perubahan nilai sensor seiring waktu melalui tampilan grafik garis, batang, maupun area.



Gambar 2. 4 Widget Superchart (sumber:Blynk.com)

Dalam penerapannya, *SuperChart* dapat disesuaikan untuk menampilkan data dari satu atau beberapa pin virtual secara bersamaan. Pengguna dapat menentukan jenis grafik yang diinginkan, seperti grafik garis (*line chart*), batang (*bar chart*), atau area (*area chart*), serta memilih rentang waktu tampilan seperti 1 jam, 6 jam, 1 hari, hingga 1 minggu.

Untuk mengintegrasikan *SuperChart* dengan data sensor, pengguna harus menghubungkan widget ini ke Pin Virtual yang telah diprogram pada mikrokontroler. Nilai yang dikirimkan ke pin virtual tersebut akan direkam dan divisualisasikan dalam bentuk grafik sesuai interval waktu yang dipilih. Data grafik ini dapat disimpan di *cloud* dan diakses kembali dalam jangka waktu tertentu, bergantung pada jenis akun *blynk* yang digunakan.

Oleh karena itu *superchart* tidak hanya menyajikan data secara waktu nyata, tetapi juga merekam data historis yang dapat digunakan untuk menganalisis tren dan mendukung pengambilan keputusan berbasis waktu. Sebagai contoh pengguna dapat mengidentifikasi pola penyiraman tanaman cabai berdasarkan perubahan kadar kelembapan tanah dari waktu ke waktu.

Widget value display adalah salah satu komponen antarmuka pada aplikasi *blynk* yang berfungsi untuk menampilkan data secara langsung dari mikrokontroler dalam bentuk teks atau angka. Widget ini bekerja dengan membaca nilai dari Virtual Pin yang telah dikonfigurasi dan menampilkannya dalam format real-time di aplikasi, baik berupa nilai numerik maupun string.



Gambar 2. 5 Value Display (sumber:Blynk.com)

Penggunaan *widget value display* memungkinkan pengguna untuk mengetahui status atau informasi penting secara instan, seperti suhu, kelembapan, atau pesan kondisi tertentu. *Widget* ini juga mendukung berbagai jenis format data seperti *integer*, *float*, dan *string* sehingga fleksibel digunakan untuk berbagai kebutuhan tampilan informasi.

2.6.2 Token Blynk

Token *blynk* merupakan sebuah kode unik dalam bentuk rangkaian karakter yang berperan sebagai kunci autentikasi guna menghubungkan perangkat IoT, seperti *NodeMCU*, *ESP32*, atau *Arduino* dengan aplikasi *blynk* maupun layanan *blynk cloud*. *Token* ini berfungsi untuk memastikan bahwa hanya perangkat dengan *token* yang sah yang dapat melakukan pengiriman atau penerimaan data dari dashboard *blynk*.

Token berfungsi untuk mengenkripsi komunikasi antara perangkat dan layanan cloud, sehingga menjaga keamanan data dari akses tidak sah oleh pihak ketiga. Apabila token diketahui oleh orang lain, pengguna dapat segera menggantinya tanpa perlu melakukan perubahan pada perangkat keras. Setiap proyek diberikan *token* yang berbeda, sehingga memungkinkan pengguna mengelola beberapa perangkat secara

terpisah dalam satu akun *blynk*. Sebagai contoh, token untuk sistem pemantauan kebun akan berbeda dengan *token* untuk sistem rumah pintar, meskipun keduanya berada dalam satu akun yang sama. Token juga memudahkan proses koneksi perangkat baru ke *blynk*, cukup dengan menyalin string token ke dalam kode *firmware* tanpa perlu pengaturan jaringan yang rumit.

2.7 Komponen Tambahan Dan Koneksi Wifi

2.7.1 Kabel Jumper

Kabel *jumper* adalah komponen konektor yang berfungsi sebagai penghubung antar komponen elektronik dalam proses perancangan *prototype* perangkat. Kabel ini dapat digunakan bersama mikrokontroler seperti *NodeMCU*, *Raspberry Pi* melalui *breadboard* untuk mendukung pengembangan sistem. Dalam penggunaannya, kabel jumper dihubungkan ke pin GPIO pada papan mikrokontroler sesuai dengan kebutuhan konfigurasi.

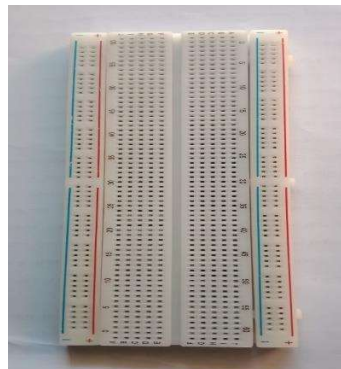


Gambar 2. 6 NodeMCU ESP8266 (sumber : arduinoindonesia.id)

Sesuai dengan kebutuhan teknis, kabel jumper hadir dalam beberapa jenis konektor, seperti *male-to-female*, *male-to-male*, dan *female-to-female*. Secara fisik, kabel ini biasanya memiliki panjang antara 10 hingga 20 sentimeter dan dibuat dari kawat serabut yang dilengkapi dengan pelindung berbentuk silinder.

2.7.2 Papan Breadbord

Papan *breadboard* adalah media uji coba elektronik yang memungkinkan perakitan sirkuit sementara tanpa perlu penyolderan. Alat ini mempermudah proses pengujian dan pengembangan rangkaian sebelum dipasang secara permanen. Fungsinya didasarkan pada sistem jalur konduktif internal yang menghubungkan titik-titik tertentu untuk menciptakan interkoneksi sementara .



Gambar 2. 7 Papan Breadbord (sumber: data penelitian,2025)

Prinsip kerja utama breadboard didasarkan pada adanya jalur strip logam yang tersembunyi di balik deretan lubang plastik, di mana setiap strip secara elektrik menghubungkan beberapa lubang sesuai pola tertentu. Ketika komponen elektronik atau kabel jumper dimasukkan ke dalam lubang-lubang tersebut, kaki komponen akan bersentuhan dengan strip logam berpegas di dalamnya, sehingga tercipta koneksi listrik tanpa perlu proses penyolderan. Bagian tengah breadboard dilengkapi dengan celah isolasi yang berfungsi untuk memisahkan kedua sisi kaki pada *Integrated Circuit* (IC), sehingga setiap pin IC dapat dihubungkan secara terpisah.

2.7.3 Power Supply

Power supply merupakan sumber energi yang berperan dalam menyuplai listrik ke suatu sistem atau rangkaian elektronik. Listrik yang diberikan harus sesuai dengan spesifikasi tegangan dan arus yang dibutuhkan oleh komponen yang digunakan, seperti sensor, *mikrokontroler*, maupun modul komunikasi.

Salah satu jenis power supply portabel yang umum digunakan pada sistem sederhana berbasis IoT adalah *power bank*. *Power bank* dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya listrik power bank menyimpan serta menyalurkan arus listrik searah *Direct Current* (DC), yaitu jenis arus listrik yang mengalir dalam satu arah dan lazim digunakan pada perangkat elektronik digital. Oleh karena itu, *power bank* menjadi pilihan yang tepat sebagai alternatif sumber daya listrik untuk perangkat seperti *NodeMCU*, sensor kelembapan tanah, atau sistem pemantauan yang terhubung dengan *platform blynk*.

2.7.4 Arduino Ide

Arduino Integrated Development Environment (IDE) merupakan lingkungan pengembangan perangkat lunak bersifat *open-source* yang digunakan dalam proses pemrograman dan pengunggahan kode ke *mikrokontroler* berbasis *arduino*. Memudahkan integrasi dengan sensor, aktuator, dan komponen tambahan lainnya. Dengan antarmuka yang intuitif dan sederhana, *Arduino IDE* banyak dimanfaatkan baik oleh pemula maupun oleh praktisi dalam pengembangan sistem berbasis *mikrokontroler* dan IoT (Suseno et al., 2025).

2.7.5 Koneksi Wifi

WiFi adalah teknologi jaringan nirkabel yang menggunakan gelombang radio untuk menghubungkan perangkat elektronik seperti ponsel pintar, komputer, dan perangkat cerdas lainnya ke jaringan internet atau jaringan lokal (LAN). Berbeda dengan jaringan kabel, *WiFi* tidak memerlukan media fisik dalam proses transmisi data. Teknologi ini memiliki sejumlah keunggulan yang menjadikannya pilihan utama dalam akses internet. Pertama, *WiFi* memberikan fleksibilitas mobilitas karena tidak bergantung pada kabel, sehingga pengguna dapat terhubung ke internet dari berbagai lokasi selama masih berada dalam jangkauan sinyal. Kedua, proses instalasinya tergolong mudah dan praktis.

2.8 Tanaman Cabai

Cabai termasuk salah satu komoditas hortikultura yang memiliki peranan penting di Indonesia. Tanaman ini berasal dari *famili Solanaceae* dan banyak dibudidayakan karena memiliki nilai jual yang tinggi serta permintaan pasar yang relatif konsisten (Utami et al., 2025). Selain itu, cabai juga menjadi bahan dasar utama dalam berbagai masakan khas nusantara, sehingga menjadikannya sebagai komoditas bernilai ekonomi tinggi (Nalendra et al., 2020a).

2.8.1 Jenis Cabai Yang Ada Di Indonesia

Di Indonesia, dua jenis cabai yang paling umum dijumpai adalah cabai merah (*Capsicum annuum*) dan cabai rawit (*Capsicum frutescens*). Kedua jenis cabai ini memiliki ciri khas tersendiri, baik dari segi bentuk, tingkat kepedasan, maupun penggunaannya dalam bidang kuliner dan industri.

Cabai merah merupakan komoditas hortikultura yang memiliki peranan signifikan di Indonesia. Tanaman ini banyak dimanfaatkan sebagai bumbu masakan karena mampu memberikan rasa pedas dan warna yang mencolok pada hidangan. Selain itu, cabai merah juga mengandung berbagai nutrisi, seperti vitamin A, vitamin C, serta senyawa *capsaicin* yang bertanggung jawab atas rasa pedas dan berpotensi berfungsi sebagai antioksidan alami.

Cabai merah dapat tumbuh dengan baik di wilayah yang memiliki ketinggian antara 200 hingga 800 meter di atas permukaan laut (mdpl), dengan suhu udara ideal

antara 24 hingga 28°C serta tingkat kelembapan tanah yang stabil. Tanaman ini cukup peka terhadap perubahan kondisi lingkungan, terutama terhadap kekeringan dan kelembapan tanah yang berlebihan atau terlalu rendah (Utami et al., 2025).

Cabai rawit merupakan salah satu varietas cabai yang banyak dibudidayakan di Indonesia dan memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi. Jenis cabai ini terkenal dengan tingkat kepedasan yang lebih tinggi dibandingkan cabai merah. Cabai rawit sering dimanfaatkan dalam pembuatan sambal maupun masakan tradisional karena memiliki aroma yang khas serta memberikan sensasi pedas yang kuat (SURYANINGRAT et al., 2022).

Cabai rawit mampu tumbuh di berbagai jenis lahan, baik di daerah dataran rendah maupun tinggi, dengan ketinggian ideal antara 100 hingga 700 meter di atas permukaan laut. Untuk mencapai pertumbuhan dan hasil panen yang maksimal, tanaman ini memerlukan pencahayaan matahari yang memadai, suhu udara antara 25 hingga 30°C, serta tingkat kelembapan tanah yang terjaga (Budiani et al., 2024).

2.9 Kelembapan Tanah Tanaman Cabai

Kelembapan tanah merupakan faktor lingkungan yang berperan penting dalam mendukung pertumbuhan dan hasil produksi tanaman cabai. Istilah ini mengacu pada kadar air yang tersimpan di dalam pori-pori tanah dan dapat diserap oleh akar tanaman

untuk menunjang berbagai proses fisiologis, seperti fotosintesis, penyerapan serta distribusi nutrisi, dan perkembangan sel (SURYANINGRAT et al., 2022).

Menjaga kelembapan tanah secara optimal memiliki banyak keuntungan, Berikut beberapa keuntungan utamanya:

1. Mendukung Pertumbuhan Tanaman yang Optimal

Kelembapan tanah yang cukup membantu akar menyerap air dan nutrisi secara efisien, sehingga proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman berjalan dengan baik.

2. Mencegah Stres Tanaman

Tanaman yang kekurangan atau kelebihan air dapat mengalami stres, ditandai dengan layu, pertumbuhan lambat, hingga gagal panen. Menjaga kelembapan tanah mencegah kondisi ini.

3. Mengoptimalkan Penyerapan Nutrisi

Nutrisi yang tersedia dalam tanah lebih mudah larut dan diserap akar ketika kelembapan berada pada tingkat ideal, sehingga kebutuhan gizi tanaman terpenuhi.

4. Meningkatkan Hasil dan Kualitas Panen

Kelembapan tanah yang stabil berkontribusi pada pembentukan buah cabai yang lebih banyak, sehat, dan seragam ukurannya, sehingga meningkatkan nilai jual.

5. Mengurangi Risiko Penyakit Akar

Dengan kelembapan tanah yang tidak berlebihan, pertumbuhan jamur dan bakteri patogen penyebab busuk akar atau penyakit layu bisa diminimalkan.

Tanaman cabai rawit memerlukan tingkat kelembapan tanah yang stabil, yakni tidak terlalu kering maupun terlalu lembap kelembapan tanah yang optimal bagi pertumbuhan cabai rawit berada antara 50% hingga 70%, tergantung pada jenis tanah serta kondisi lingkungan sekitar (Utami et al., 2025). Kelembapan yang berada di bawah batas tersebut dapat menyebabkan stres air pada tanaman, yang berdampak pada penurunan hasil panen, sementara tingkat kelembapan yang berlebihan dapat memicu gangguan seperti penyakit akar dan pembusukan batang (Nalendra et al., 2020b).

Tabel 2. 1 Tabel kondisi kelembapan tanah (Sumber: Utami et al., 2025)

No	Persentase Kandungan Air	Keterangan
1	< 50%	Tanah Kering
3	50% - 70%	Kondisi tanah ideal
4	>70%	Kondisi tanah basah

1. Kelembapan kurang dari 50% dikategorikan sebagai kering, di mana kondisi tanah sudah terlalu kekurangan air. Pada kondisi ini, tanaman berisiko mengalami stres air yang dapat menghambat pertumbuhan dan menurunkan produktivitas disarankan untuk segera melakukan penyiraman untuk mengembalikan kelembapan tanah.

2. Kelembapan 50%–70% merupakan kondisi ideal atau normal. Pada kisaran ini, kandungan air dalam tanah berada dalam tingkat optimal untuk pertumbuhan tanaman cabai rawit, termasuk dalam hal penyerapan nutrisi dan proses *fisiologis* lainnya.
3. Kelembapan > 70% dikategorikan sebagai terlalu lembap, yang dapat menyebabkan tanah menjadi jenuh air. Kondisi ini meningkatkan risiko munculnya penyakit akar seperti busuk akar dan gangguan akibat jamur *patogen*.

2.10 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah penelitian terdahulu yang menjadi referensi dalam penelitian ini :

1. Penelitian dengan judul “Nutrition, pH, Temperature, and Humidity Monitoring Hydroponics System based on Android” dilakukan oleh (Oktivasari et al., 2024) bertujuan merancang dan mengembangkan sistem monitoring hidroponik otomatis menggunakan *Fuzzy Logic* untuk mengatur suhu, kelembapan, kadar nutrisi , dan keseimbangan pH. Sistem ini memanfaatkan sensor berbasis mikrokontroler untuk memantau kondisi lingkungan secara *real-time*, dilengkapi antarmuka Android berbasis IoT untuk pemantauan dan kontrol jarak jauh. Metodenya melibatkan penerapan *Fuzzy Logic* untuk memproses data sensor dan mengaktifkan aktuator seperti kipas, pompa nutrisi guna menciptakan kondisi pertumbuhan optimal. Hasil pengujian menunjukkan

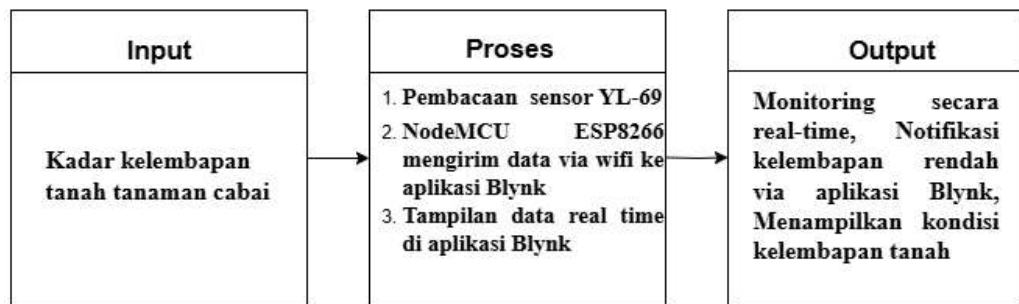
akurasi tinggi 96,5% untuk TDS, 98,19% untuk pH, dan presisi 100% pada kontrol suhu/kelembapan berbasis *Fuzzy Logic* membuktikan efektivitas sistem untuk pertanian hidroponik pintar .

2. Penelitian dengan judul dengan judul "Implementasi Sensor Pengukur Kelembapan Tanah Dan Penyiraman Otomatis Serta Monitoring Pada Kebun Tanaman Cabai Rawit" dilakukan oleh (Andi Seppewali et al., 2024) Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) guna meningkatkan efisiensi perawatan tanaman cabai rawit. Sistem ini dirancang untuk memastikan kecukupan air pada tanaman melalui pengukuran kelembapan tanah secara *real-time* menggunakan sensor *Soil Moisture* dan *monitoring* tanah dilakukan dengan menggunakan telegram.
3. Penelitian dengan judul "Sistem Notifikasi Kualitas Udara Dalam Ruangan Produksi Berbasis Internet of Things" dilakukan oleh (Budiani et al., 2024) Penelitian ini bertujuan memberikan *notifikasi* mengenai kualitas udara yang sudah melampaui standart yang diberikan, penelitian ini menggunakan *NodeMCU ESP8266* sebagai *mikrokontroler*.
4. Penelitian dengan dengan judul "Monitoring dan Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Cabai Berbasis Internet of Things" dilakukan oleh (Budiani et al., 2024) Penelitian ini bertujuan melakukan monitoring dan penyiraman otomatis tanaman cabai menggunakan telegram, penelitian ini menggunakan *nodeMCU ESP8266* sebagai *mikrokontroler*.

5. Penelitian dengan dengan judul “Rancang Bangun Sistem Pengontrol dan Monitoring pH Air Hidroponik Berbasis Aplikasi Blynk” oleh (Gude et al., 2024) Penelitian ini secara khusus mengembangkan sistem kontrol dan monitoring pH air *hidroponik* yang terintegrasi penuh dengan aplikasi *blynk* sebagai *platform* utama. Sistem ini memanfaatkan kemampuan *blynk* dalam menyajikan antarmuka pengguna yang intuitif untuk memantau kadar pH secara *real-time* melalui smartphone.
6. Penelitian berjudul “Perancangan IoT (Internet of Things) pada Sistem Irigasi Tanaman Cabai” oleh (Nalendra et al., 2020b) , metode pengembangan sistem Internet of Things yang digunakan adalah prototyping. Pendekatan ini dipilih agar kebutuhan pengguna dapat dikenali secara lebih cepat dan hasil pengembangan sistem dapat segera dianalisis dan diuji. Perangkat IoT yang digunakan meliputi *NodeMCU ESP8266*, sensor kelembapan tanah, serta aplikasi berbasis *mobile* sebagai perangkat lunak pengontrol sistem.
7. Penelitian berjudul " Optimasi Pertumbuhan Jamur Tiram Melalui Monitoring Suhu dan Kelembaban Menggunakan Teknologi IoT" oleh (Arsella & Fadhli, 2023) Penggunaan IoT untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas budidaya jamur tiram melalui pengawasan suhu dan kelembaban. Melalui perangkat ini upaya pengendalian lingkungan pertumbuhan jamur tiram dapat dioptimalkan dengan mengintegrasikan sensor suhu dan kelembapan, *mikrokontroler*, dan aplikasi *blynk*.

2.11 Kerangka Berfikir

Berdasarkan teori yang sudah di dijabarkan maka kerangka pemikiran dalam penelitian ini :



Gambar 2. 8 Kerangka Pemikiran (sumber: data penelitian,2025)

Flowchart pada gambar 2.10 menjelaskan alur pengembangan mulai dari :

1. Input: Kerangka pemikiran dalam sistem ini dimulai dari proses pengambilan data berupa kadar kelembapan tanah pada tanaman cabai sebagai input utama. Kadar kelembapan tersebut menjadi parameter penting yang mencerminkan kondisi media tanam, apakah dalam keadaan kering, normal, atau terlalu basah. Data ini diperoleh menggunakan sensor kelembapan tanah yang tertanam di dekat akar tanaman. Sensor ini akan membaca kadar air dalam tanah berdasarkan tingkat resistansi, yang kemudian dikonversi menjadi nilai digital.

Nilai tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam sistem monitoring dan pengendalian otomatis, seperti mengirim notifikasi ke pengguna atau mengaktifkan sistem penyiraman jika nilai kelembapan berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan. Dengan menjadikan kadar kelembapan sebagai input utama, sistem dapat bekerja secara efisien dan responsif terhadap kebutuhan air tanaman cabai, sehingga pertumbuhan tanaman dapat lebih optimal dan risiko kekeringan.

2. Proses: dimulai ketika sensor kelembapan tanah membaca kadar air yang terdapat pada media tanam secara berkala. Nilai hasil pembacaan sensor kemudian dikirim secara nirkabel melalui koneksi *WiFi* ke aplikasi *blynk*. Setelah data diterima, aplikasi *blynk* akan menampilkan informasi kelembapan tanah secara *real-time* di *smartphone* pengguna.
3. Output: Output dari sistem ini berupa tampilan nilai kelembapan tanah secara *real-time* melalui aplikasi *blynk*. Apabila kadar kelembapan terdeteksi berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan yaitu kurang dari 50% , sistem akan mengirimkan notifikasi peringatan tanah terlalu kering kepada pengguna melalui aplikasi. Kondisi kelembapan tanah ditampilkan pada aplikasi *blynk* jika dibawah 50% akan di tampilkan kering, 50% sampai 70 % akan ditampilkankan normal, kondisi diatas 70% akan ditampilkan basa