

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

2.1 Internet Of Things

Internet of Things (IoT) merupakan paradigma teknologi yang memungkinkan berbagai objek fisik seperti perangkat elektronik, sensor, kendaraan, dan mesin industri untuk saling terhubung dan bertukar data melalui jaringan internet maupun jaringan nirkabel lainnya. Setiap perangkat yang terhubung pada ekosistem IoT dilengkapi dengan identitas unik, kemampuan pemrosesan, serta teknologi komunikasi yang memungkinkan pertukaran informasi secara otomatis tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung. IoT memanfaatkan integrasi teknologi sensor, aktuator, dan protokol komunikasi seperti Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, hingga LoRa untuk membangun sistem yang cerdas dan saling terkoneksi (Raja, 2023).

Secara arsitektur, IoT terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu *perception layer*, *network layer*, dan *application layer*. *Perception layer* bertugas mendeteksi dan mengumpulkan informasi dari lingkungan menggunakan sensor. *Network layer* mengirimkan data yang telah dikumpulkan melalui berbagai protokol komunikasi, sedangkan *application layer* bertanggung jawab mengolah data menjadi informasi yang bermanfaat untuk pengguna. Dengan kemampuan tersebut, IoT telah diimplementasikan secara luas di berbagai bidang seperti *smart home*, *smart city*, *smart agriculture*, kesehatan, industri, dan transportasi (Singh, 2021).

Dalam konteks pertanian modern, IoT menjadi salah satu teknologi kunci dalam mendukung *precision agriculture* atau pertanian presisi. Melalui integrasi sensor dan jaringan komunikasi jarak jauh, petani dapat memantau kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, tingkat pH tanah, dan kualitas udara secara real-time. Hal ini mempermudah pengambilan keputusan berbasis data, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, dan mengoptimalkan hasil panen. Teknologi seperti LoRa, yang memiliki jangkauan luas dan konsumsi daya rendah, menjadi salah satu solusi komunikasi yang banyak digunakan dalam sistem IoT di bidang pertanian, khususnya pada area yang minim infrastruktur internet (Raja, 2023).

2.2 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah mikrokomputer pada satu chip (*single-chip microcomputer*) yang telah mengintegrasikan komponen-komponen penting seperti CPU (*Central Processing Unit*), memori (RAM dan ROM/Flash), serta antarmuka input/output (I/O) dalam satu perangkat tunggal. Struktur ini menciptakan perangkat yang ringkas, hemat energi, dan efisien secara biaya dimana mikrokontroler sering diaplikasikan dalam sistem tertanam (*embedded systems*) seperti alat elektronik konsumen, otomasi industri, serta perangkat IoT (*Internet of Things*) (Aisyah, 2022).

Arsitektur mikrokontroler biasanya mencakup komponen seperti ADC (Analog-to-Digital Converter), serial communication (UART, SPI, I²C), timer, PWM, dan interface lainnya yang memungkinkan perangkat ini melakukan interaksi langsung dengan dunia fisik secara real-time. Berbeda dengan mikroprosesor umum, mikrokontroler tidak memerlukan komponen eksternal

tambahan untuk memulai fungsi dasar, menjadikannya unggul dalam aplikasi dengan batasan sumber daya dan kebutuhan efisiensi seperti pengendalian sensor atau aktuator.

Dalam implementasi *Internet of Things* (IoT), mikrokontroler memegang peran penting sebagai otak sistem pemantauan dan kendali. Ia mampu mengelola dan memproses data dari sensor, menjalankan logika kontrol, serta mengirimkan informasi melalui jaringan seperti LoRa atau Wi-Fi. Dalam penelitian identifikasi pemilihan mikrokontroler untuk IoT, disebutkan bahwa mikrokontroler berfungsi sebagai pusat kendali yang mengatur sensor, aktuator, dan komunikasi data dalam sistem IoT—menunjukkan peran krusialnya dalam berbagai aplikasi sistem cerdas (Fadli, 2021).

2.2.1 ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler *system-on-chip* (SoC) berdaya rendah yang dikembangkan oleh Espressif Systems, dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi, sehingga sangat cocok untuk aplikasi *Internet of Things* (IoT). Mikrokontroler ini menggunakan prosesor Xtensa® dual-core 32-bit LX6 dengan kecepatan hingga 240 MHz, serta mendukung berbagai antarmuka seperti GPIO, ADC, DAC, UART, SPI, I²C, dan PWM. Dukungan fitur keamanan seperti *secure boot* dan enkripsi flash membuat ESP32 dapat digunakan pada aplikasi yang memerlukan proteksi data dan keandalan tinggi (Bansal, 2023).

Dalam penerapan praktis, ESP32 banyak digunakan pada sistem pemantauan dan kendali jarak jauh, misalnya pada *smart agriculture* untuk memantau suhu dan kelembapan tanah, atau pada sistem monitoring energi secara

real-time. Konsumsi daya yang rendah, performa tinggi, serta kemampuan konektivitas nirkabel jarak jauh menjadikan ESP32 sebagai pilihan utama bagi pengembang perangkat IoT yang memerlukan solusi murah namun andal (Guevara, 2024)



Gambar 2. 1 ESP 32

Sumber: Guevara, 2024

2.2.2 LoRa

LoRa (*Long Range*) adalah teknologi modulasi nirkabel berbasis *chirp spread spectrum* (CSS) yang dikembangkan oleh *Semtech Corporation*. LoRa dirancang untuk mengirimkan data dalam jarak jauh dengan konsumsi daya yang sangat rendah, sehingga ideal untuk aplikasi *Internet of Things* (IoT) yang memerlukan komunikasi antar perangkat dengan daya baterai terbatas. LoRa beroperasi pada frekuensi sub-GHz seperti 433 MHz, 868 MHz (Eropa), atau 915 MHz (Amerika), dengan jangkauan komunikasi yang dapat mencapai 2–15 km tergantung kondisi lingkungan dan daya pancar (Ullah, 2021).

Dalam implementasinya, LoRa biasanya digunakan bersama protokol LoRaWAN yang mengatur komunikasi antara perangkat (node) dan gateway, sehingga memungkinkan integrasi dengan jaringan internet. Keunggulan LoRa dibanding teknologi nirkabel lainnya adalah jangkauan yang luas, ketahanan terhadap interferensi, serta kemampuan untuk bekerja di lingkungan dengan kepadatan perangkat tinggi. Teknologi ini banyak digunakan dalam sektor pertanian cerdas, pemantauan lingkungan, dan sistem kota pintar (*smart city*) untuk mengirimkan data sensor seperti suhu, kelembapan, dan kualitas udara secara efisien (Ali, 2022).



Gambar 2. 2 Lora

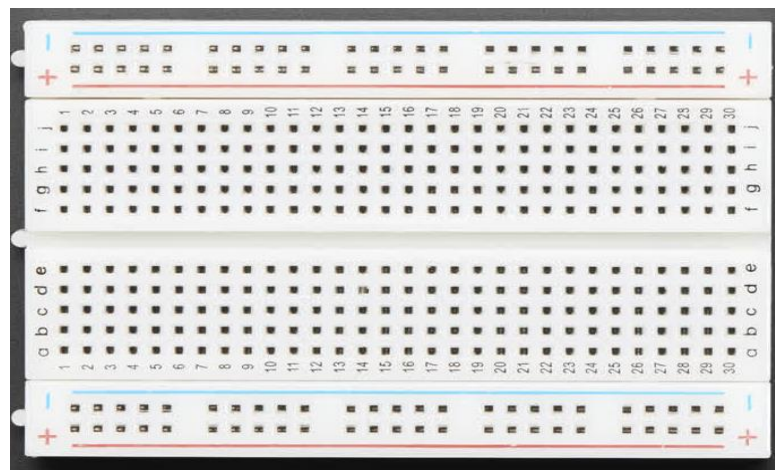
Sumber: Ali, 2022

2.2.3 Breadboard

Breadboard adalah papan prototipe elektronik yang digunakan untuk merangkai dan menguji rangkaian sementara tanpa harus melakukan penyolderan. Breadboard memiliki lubang-lubang kecil yang tersusun dalam baris dan kolom, di mana lubang-lubang tersebut saling terhubung secara horizontal atau vertikal di

bagian dalamnya. Komponen seperti resistor, sensor, IC, dan kabel jumper dapat dipasang dengan mudah, sehingga breadboard sangat cocok digunakan dalam tahap perancangan awal atau eksperimen sistem elektronik, terutama dalam pengembangan sistem berbasis mikrokontroler seperti Arduino, ESP32, dan NodeMCU.

Dalam proyek otomasi pertanian berbasis IoT seperti sistem pemupukan otomatis, breadboard berperan penting dalam merakit dan menguji koneksi antara mikrokontroler, servo motor, dan modul LoRa sebelum disusun secara permanen. Penggunaan breadboard sangat membantu dalam proses debugging, karena komponen dapat dilepas dan diganti dengan cepat tanpa merusak rangkaian. Breadboard menjadi alat bantu praktis yang sangat direkomendasikan untuk mahasiswa dan peneliti dalam membangun prototipe sistem elektronika secara efisien, fleksibel, dan hemat biaya (Prasetyo, 2022).



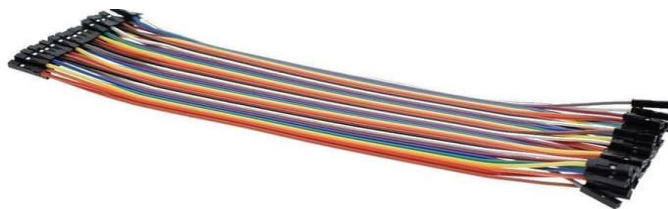
Gambar 2. 3 Breadboard

Sumber: Muchlas 2021

2.2.4 Kabel Jumper

Kabel jumper adalah kabel pendek yang digunakan untuk menghubungkan berbagai komponen elektronik pada papan percobaan seperti breadboard, mikrokontroler (misalnya NodeMCU, ESP32, Arduino), sensor, dan aktuator. Kabel ini tersedia dalam tiga jenis utama, yaitu *male-to-male*, *male-to-female*, dan *female-to-female*, tergantung pada jenis konektor di masing-masing ujungnya. Kabel jumper sangat penting dalam proses perancangan rangkaian elektronik karena memudahkan koneksi sementara tanpa perlu menyolder, sehingga komponen dapat diatur ulang dengan cepat saat melakukan pengujian atau eksperimen.

Dalam proyek otomasi berbasis IoT, seperti sistem pemupukan otomatis tanaman cabai, kabel jumper digunakan untuk menghubungkan pin-pin pada NodeMCU dengan komponen lain seperti servo motor, modul LoRa, atau power supply. Penggunaan kabel jumper mempercepat proses perakitan dan modifikasi rangkaian, serta meminimalkan kesalahan penyambungan. Kabel jumper menjadi komponen penting dalam fase prototyping karena sifatnya yang fleksibel, ekonomis, dan cocok untuk kebutuhan pembelajaran serta pengembangan sistem berbasis mikrokontroler (Nurhasanah 2023).

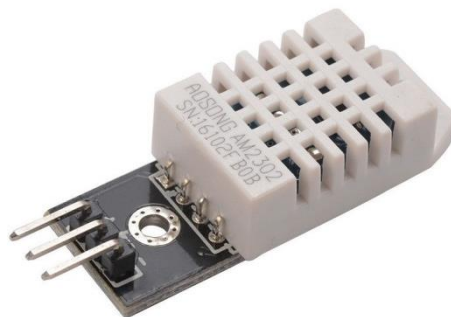


Gambar 2. 4 Kabel Jumper
Sumber: Nilam Kusumawati 2021

2.2.5 Sensor DHT22

Sensor DHT22 (AM2302) adalah sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan relatif secara bersamaan dengan akurasi yang cukup baik. Sensor ini memanfaatkan elemen kelembapan kapasitif dan termistor untuk mendeteksi perubahan suhu dan kelembapan, lalu mengubah hasilnya menjadi sinyal digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler seperti ESP32 atau Arduino melalui komunikasi satu kabel. Sensor DHT22 yang digunakan pada sistem monitoring rumah kaca menunjukkan nilai RMSE sebesar 1,48 °C untuk suhu dan 3,18 % untuk kelembapan, dengan koefisien korelasi masing-masing 0,81 dan 0,85, yang menandakan performa cukup stabil untuk aplikasi pertanian berbasis IoT (Wardani, 2023).

Selain itu membandingkan kinerja DHT22 dengan sensor lainnya, dan menemukan bahwa DHT22 memiliki *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,402 °C pada pengujian dalam ruangan, namun tingkat kesalahan meningkat pada pengukuran luar ruangan karena pengaruh faktor lingkungan yang dinamis. Hal ini menunjukkan pentingnya penempatan dan perlindungan sensor agar hasil pengukuran tetap akurat (Raden, 2021).



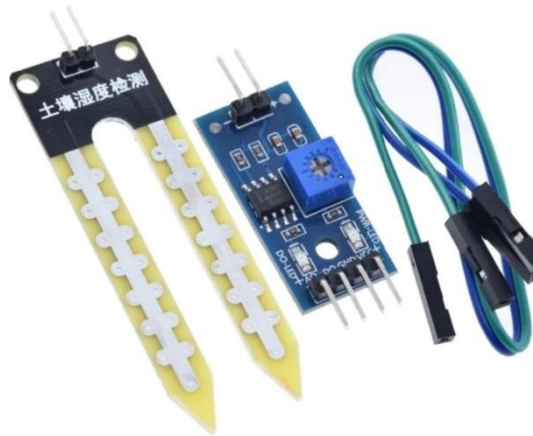
Gambar 2. 5 Sensor DHT22

Sumber: Raden, 2021

2.2.5 Sensor Kelembapan Tanah

Sensor kelembapan tanah adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur kadar air di dalam tanah, biasanya dinyatakan dalam bentuk *volumetric water content* (VWC). Prinsip kerja sensor ini dapat dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu sensor resistif dan sensor kapasitif. Sensor resistif bekerja dengan mengukur perubahan hambatan listrik pada elektroda akibat adanya air, sedangkan sensor kapasitif mengukur perubahan nilai kapasitansi yang dipengaruhi oleh konstanta dielektrik tanah. Sensor kapasitif lebih banyak digunakan dalam sistem *Internet of Things* (IoT) untuk pertanian karena memiliki daya tahan lebih baik terhadap korosi dan memberikan data yang lebih stabil (Chowdhury, 2022).

Sensor kelembapan tanah kapasitif dapat memberikan hasil yang akurat untuk pemantauan pertanian jika dilakukan kalibrasi yang tepat. Hasil uji menunjukkan nilai kesalahan pengukuran (RMSE) sebesar 1,87 % VWC untuk sensor kapasitif murah yang dikombinasikan dengan ADS1115 ADC eksternal, mendekati performa sensor kelas industri seperti 5TM yang memiliki RMSE sekitar 0,95 % VWC. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan sensor kelembapan tanah kapasitif sangat potensial untuk sistem monitoring rumah kaca berbasis LoRa dan IoT dengan biaya rendah (Chowdhury, 2022).



Gambar 2. 6 Sensor Soil Moisture

Sumber: Chowdhury, 2022

2.2.6 LCD

LCD adalah modul tampilan elektronik yang memanfaatkan kristal cair untuk menampilkan informasi dalam bentuk teks, angka, atau simbol. Modul LCD yang umum digunakan dalam sistem berbasis mikrokontroler adalah jenis LCD 16x2, yang mampu menampilkan 16 karakter dalam dua baris. Cara kerjanya didasarkan pada pengaturan orientasi molekul kristal cair oleh medan listrik, sehingga cahaya yang melewatinya dapat diatur untuk membentuk karakter atau gambar. Modul ini terhubung ke mikrokontroler melalui pin data dan kontrol, yang mengatur perintah dan data tampilan (Abdul, 2022).

Selain itu, LCD memiliki keunggulan dalam efisiensi daya, biaya rendah, serta kemudahan integrasi dengan berbagai sistem IoT. Dalam penerapan di bidang monitoring lingkungan dan pertanian, LCD digunakan sebagai antarmuka pengguna lokal untuk menampilkan data sensor secara real-time tanpa memerlukan koneksi internet. Menunjukkan bahwa LCD 16x2 dapat digunakan

secara efektif untuk menampilkan data dari sensor suhu dan kelembapan seperti DHT22 dalam sistem monitoring berbasis SMS dan IoT (Prayogi, 2022).



Gambar 2. 7 LCD

Sumber: Prayogi, 2022

2.5 Monitoring

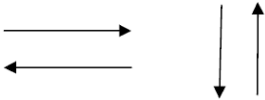
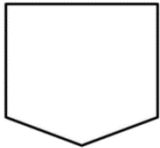
Pemantauan (*monitoring*) merupakan proses pengamatan dan pencatatan secara berkelanjutan terhadap kondisi atau parameter tertentu untuk mengetahui perkembangan, mendeteksi perubahan, dan mengambil tindakan korektif bila diperlukan. Dalam sistem berbasis *Internet of Things* (IoT), terutama pada pertanian cerdas, pemantauan memungkinkan pengumpulan data seperti kelembapan tanah, suhu, atau kualitas lingkungan secara real-time dan otomatis (Yeni, 2023).

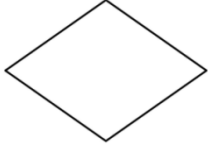
2.6 Flowcart

Flowchart adalah penggambaran secara grafik dari langkah-langkah dan urutan prosedur dari suatu program. *Flowchart* menolong analyst dan programmer untuk memecahkan masalah kedalam segmen-segmen yang lebih

kecil dan menolong dalam menganalisis alternatif-alternatif lain dalam pengoperasian. Flowchart biasanya mempermudah penyelesaian suatu masalah khususnya masalah yang perlu dipelajari dan dievaluasi lebih lanjut. Flowchart adalah bentuk gambar/diagram yang mempunyai aliran satu atau dua arah secara sekuensial. *Flowchart* digunakan untuk merepresentasikan maupun mendesain program. Oleh karena itu flowchart harus bisa merepresentasikan komponen-komponen dalam bahasa pemrograman (Asih Sutanti, 2021). Flowchart memiliki beberapa simbol, yang termuat dalam tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Simbol-simbol *Flowchart*

No	Simbol	Deskripsi
1	Flow line 	Garis yang menghubungkan antar simbol-simbol lainnya pada <i>flowchart</i> dan menunjukkan arah alir <i>flowchart</i> tertentu
2	Off Page Connector 	Simbol untuk menyatakan sambungan dari suatu proses keproses lainnya dalam halaman/lembar yang berbeda
3	Terminal 	Menandakan awal atau akhir dan suatu flowchart
4	Input-Output 	Simbol untuk menyatakan proses input dan output tanpa tergantung dengan jenis peralatannya

5	Process 	Simbol untuk proses perhitungan atau proses pengolahan data
6	Predefined Process (Sub Program) 	Permulaan sub program atau proses menjalankan sub program
7	Decision 	Perbandingan pernyataan, penyelesaian data yang memberikan pilihan untuk langkah selanjutnya