

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.)

Tanaman kakao adalah pohon tropis yang berasal dari hutan hujan Amerika Selatan dan kini dibudidayakan di berbagai wilayah tropis dunia, termasuk Indonesia. Tanaman ini tumbuh optimal pada suhu 30-32°C dengan curah hujan tahunan 1.100-3.000 mm. Kakao memiliki bunga yang tumbuh langsung dari batang atau cabang utama, dan buahnya berbentuk lonjong dengan panjang 15-30 cm, berwarna hijau saat muda dan berubah menjadi kuning atau merah saat matang. Setiap buah mengandung 20-50 biji yang, setelah melalui proses fermentasi dan pengeringan, menjadi bahan utama pembuatan cokelat.

Indonesia telah mengembangkan berbagai klon kakao unggul untuk meningkatkan produktivitas, ketahanan terhadap hama dan penyakit, serta kualitas biji. Berikut adalah beberapa klon unggul kakao yang banyak dibudidayakan:

1. MCC 02
2. Klon MCC 02 dikembangkan oleh Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (ICCRI). Klon ini dikenal memiliki produktivitas tinggi dengan potensi hasil mencapai 3.132 kg biji kering per hektar per tahun. Selain itu, MCC 02 memiliki ketahanan terhadap hama penggerek buah kakao (PBK), penyakit VSD (*Vascular Streak Dieback*), dan busuk buah.
3. ICCRI 09
Klon ini telah mendapatkan SK Menteri Pertanian No. 47/Kpts/KB.020/2/2019 sebagai varietas unggul. ICCRI 09 dikenal memiliki produktivitas tinggi dan adaptabilitas yang baik terhadap berbagai kondisi lingkungan. Selain itu, klon ini menunjukkan ketahanan terhadap penyakit VSD.
3. Sulawesi 2
Klon Sulawesi 2 dikembangkan untuk wilayah Sulawesi yang menjadi salah satu sentra kakao di Indonesia. Klon ini dikenal memiliki pertumbuhan yang baik dan adaptif terhadap kondisi lingkungan di Sulawesi.

2.2 Kriteria Persemaian yang Ideal

Untuk mencapai keberhasilan dalam pembibitan kakao, perhatikan kriteria persemaian berikut:

- a. Lokasi: Pilih area yang datar, dekat dengan sumber air, memiliki drainase baik, dan mudah diawasi. Lokasi persemaian yang baik akan mendukung pertumbuhan optimal bibit kakao.

- b. Naungan: Sediakan naungan dengan intensitas cahaya sekitar 20–25% untuk melindungi bibit dari sinar matahari langsung dan hujan deras. Naungan yang tepat akan membantu bibit beradaptasi dengan lingkungan sekitarnya.
- c. Media Tanam: Gunakan campuran tanah, pasir, dan pupuk kandang dengan perbandingan yang sesuai untuk memastikan media tanam subur dan gembur. Media tanam yang baik akan menyediakan nutrisi yang cukup bagi pertumbuhan bibit.
- d. Pemeliharaan: Lakukan penyiraman, pemupukan, dan pengendalian hama serta penyakit secara rutin untuk memastikan pertumbuhan bibit yang optimal. Pemeliharaan yang baik akan menghasilkan bibit kakao yang berkualitas tinggi.

2.3 *Sprinkler*

Sprinkler merupakan suatu teknologi yang digunakan untuk penyiraman tanaman secara otomatis. Di mana faktor penyebaran air menggunakan *sprinkler* dipengaruhi oleh ukuran *sprinkler*, tekanan operasional, jarak antar *sprinkler* yang sesuai (Julia dkk., 2021). *Sprinkler* adalah sistem irigasi yang menyemburkan air ke udara sehingga jatuh ke permukaan tanah menyerupai hujan alami. Metode ini digunakan untuk mendistribusikan air secara merata pada lahan pertanian, taman, atau area lainnya. Pemberian percikan air dilakukan dengan cara mengalirkan air bertekanan melalui lubang kecil (*sprinkler/nozzle*). Tekanan didapat dari pemompaan sumber air. Untuk mendapat aliran yang seragam diperlukan pemilihan ukuran *sprinkler*, tekanan operasional, *spacing* atau jarak antar *sprinkler* yang sesuai (Julia dkk., 2021). Penelitian ini menggunakan *sprinkler flexible micro sprayer* bertekanan sedang (2-5 bar), dengan jangkauan semprotnya sekitar 0,5-1 meter per unit. Berikut adalah *Flexible Micro Sprayer* 8mm x 30cm yang dapat dilihat pada gambar 2. 1.



Gambar 2. 1 *Flexible Micro Sprayer* 8mm x 30cm

2.4 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) adalah suatu sistem yang menghubungkan antara jaringan perangkat fisik dan jaringan internet, yang memungkinkan perangkat fisik dan jaringan internet dapat bertukar data atau berkomunikasi. *Internet of Things (IoT)* memungkinkan objek seperti perangkat elektronik yang dilengkapi dengan sensor dan terhubung ke internet untuk mengumpulkan data secara *real-time*, lalu dikirim melalui jaringan, dan menerima instruksi atau tindakan berdasarkan data yang diterima.

Sensor dan aktuator merupakan konsep dasar *Internet of Things (IoT)*, fungsi dari sensor adalah untuk mendeteksi dan mengumpulkan data seperti tingkat kelembapan tanah, tekanan, dan suhu. Mikrokontroler mengontrol tindakan aktuator berdasarkan instruksi sistem. Berbagai protokol atau aturan komunikasi seperti *wi-fi* dan *bluetooth* yang dapat digunakan untuk menghubungkan perangkat dan sistem pengelolaan data satu sama lain. *Cloud computing* menyimpan dan menganalisa data yang dikirim dari perangkat *Internet of Things (IoT)*.

Karena revolusi teknologi, perangkat nirkabel, dan sistem komunikasi, perangkat *Internet of Things (IoT)* menjadi sangat penting bagi kehidupan sehari-hari. IoT memiliki peran penting dalam pemeliharaan tanaman dengan memanfaatkan sensor dan teknologi komunikasi untuk memantau kondisi lingkungan dan tanah secara *real-time*. Sistem IoT juga memungkinkan untuk melakukan penyiraman secara otomatis (Sadhu dkk., 2022).

2.5 **Kelembapan Tanah**

Kelembapan tanah adalah air yang menempati sebagian atau seluruh pori-pori tanah yang terletak di atas *water table* (permukaan air tanah). Air dalam tanah merupakan sumber vital bagi tanaman, menyediakan kebutuhan untuk proses fotosintesis dan pertumbuhan, serta membantu dalam transportasi nutrisi dari tanah ke akar tanaman. Kelembapan tanah yang optimal juga mendukung pembentukan dan pemeliharaan struktur tanah, mencegah erosi, dan memastikan kepadatan tanah yang sesuai untuk aerasi dan penetrasi akar (Mardika & Kartadie, 2019).

Sensor yang digunakan untuk mengukur kelembapan tanah adalah sensor *capacitive soil moisture*. Sensor ini menggunakan prinsip kapasitansi untuk mengukur kadar air dalam tanah. Prinsip kerjanya didasarkan pada perubahan kapasitansi permukaan elektroda sensor saat air mengisi pori-pori tanah.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Darmawan dkk., 2020), kondisi tanah dikategorikan dalam 5 jenis kondisi berdasarkan tingkat kelembapan atau kadar air yang terkandung dalam tanah, yaitu kondisi sangat kering, kondisi kering, kondisi normal, kondisi basah, dan kondisi sangat basah. Kelembapan tanah yang optimal untuk kakao berkisar antara 60–70%. Penyiraman otomatis dapat diatur untuk aktif ketika kelembapan tanah turun di bawah 60% dan berhenti saat

kelembapan mencapai lebih dari 70%. Pengaturan ini berhasil meningkatkan efisiensi penggunaan air dan menjaga kondisi tanah yang optimal untuk pertumbuhan tanaman (Olayemi dkk., 2022).

2.6 Kelembapan Udara

Kelembapan udara adalah kandungan uap air dalam udara, yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu, tekanan atmosfer, dan sumber uap air seperti lautan dan tanaman. Suhu yang lebih tinggi dapat menahan lebih banyak uap air, sementara tekanan atmosfer yang rendah dan sumber-sumber uap air seperti laut dan vegetasi juga berkontribusi pada tingkat kelembapan udara (Friadi & Junadhi, 2019).

Kelembapan udara dapat diukur dalam beberapa bentuk, termasuk kelembapan absolut, kelembapan relatif, dan kelembapan spesifik. Sensor yang digunakan untuk mengukur kelembapan udara adalah sensor DHT11 yang mengukur kelembapan relatif dengan membandingkan jumlah uap air yang ada dengan kapasitas maksimum udara untuk menahan uap air pada suhu yang sama. Satuan kelembapan udara yang digunakan adalah RH (*Relative Humidity*) atau kelembapan relatif. RH adalah satuan pengukuran yang menunjukkan jumlah uap air di udara pada suhu tertentu dibandingkan dengan jumlah maksimum uap air yang bisa ditahan oleh udara pada suhu tersebut (Sirait, 2023).

Sensor DHT11 umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem pemantauan lingkungan dan alat ukur cuaca. Kakao memerlukan kelembapan udara optimal sekitar 80% RH. Jika kelembapan udara turun di bawah 70% RH, terutama saat suhu tinggi, penyiraman otomatis dapat membantu menjaga kondisi mikroklimat yang sesuai bagi pertumbuhan kakao (Ramdhani & Dani, 2016).

2.7 Suhu

Suhu diartikan sebagai ukuran panas atau dinginnya udara di suatu tempat pada waktu tertentu. Dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti radiasi matahari, sirkulasi udara, waktu hari, dan kondisi geografis, suhu dapat bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lainnya dan dari waktu ke waktu. Suhu lebih banyak dipengaruhi oleh banyak atau sedikitnya panas matahari yang diterima oleh bumi (Jesiani dkk., 2019).

Sensor yang digunakan untuk mengukur suhu adalah sensor DS18B20. Sensor DS18B20 adalah sensor suhu digital yang sangat populer dan digunakan secara luas untuk mengukur suhu dengan tingkat akurasi yang tinggi. Sensor ini beroperasi berdasarkan prinsip resistansi suhu, di mana perubahan suhu menghasilkan perubahan resistansi pada sensor. Tanaman kakao tumbuh optimal pada suhu sekitar 22–30°C. Penyiraman otomatis dapat dipertimbangkan jika suhu

melebihi 30°C, karena suhu tinggi meningkatkan laju transpirasi tanaman. (Jumingin dkk., 2022).

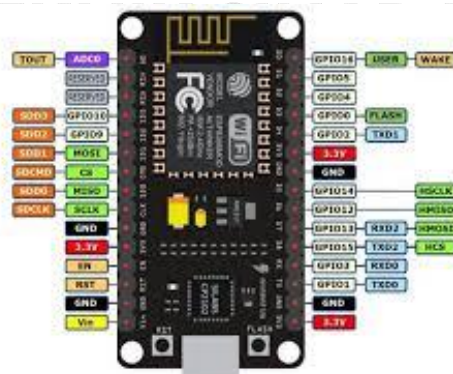
2.8 NodeMCU ESP8266

NodeMCU adalah sebuah platform pengembangan yang berbasis mikrokontroler yang memungkinkan pengembangan perangkat *Internet of Things* (IoT) dengan mudah. NodeMCU menggunakan *software* Arduino IDE untuk melakukan modifikasi ataupun perintah dengan menggunakan bahasa C (Sujada dkk., 2023). Berikut adalah NodeMCU V3 ESP8266 yang dapat dilihat pada gambar 2. 2.



Gambar 2. 2 NodeMCU V3 ESP8266 (Rifaat & Sephiani, 2024)

NodeMCU menggunakan ESP8266 yang memiliki kemampuan *wi-fi* terintegrasi, yang membuatnya ideal untuk proyek-proyek *Internet of Things* (IoT) yang memerlukan konektivitas *wireless* dan memungkinkan pengendalian sensor, aktuator, dan perangkat lainnya melalui *wi-fi*. Berikut ini adalah konfigurasi pin NodeMCU yang dapat dilihat pada gambar 2. 3.



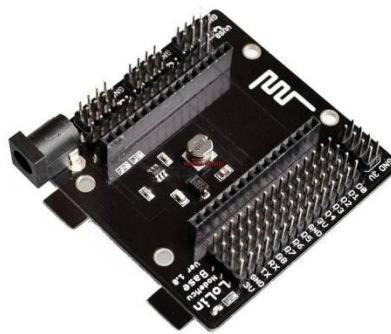
Gambar 2. 3 Konfigurasi Pin NodeMCU (Rifaat & Sephiani, 2024)

NodeMCU harus diprogram terlebih dahulu agar dapat bekerja sesuai dengan cara kerja sistem yang kita inginkan. Pemrogramannya menggunakan *software* Arduino IDE dengan menyesuaikan tipe atau jenis *board* yang digunakan.

Driver NodeMCU perlu diinstal terlebih dahulu agar NodeMCU dapat terdeteksi pada *software* Arduino IDE.

2.9 Board NodeMCU

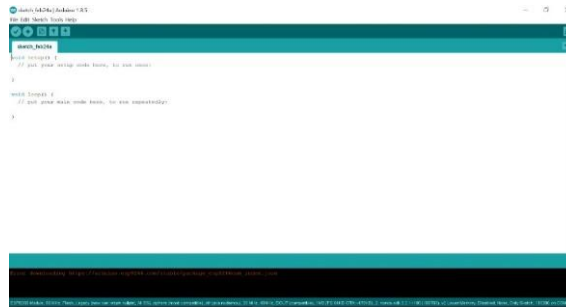
Board NodeMCU adalah komponen yang digunakan untuk memudahkan koneksi NodeMCU ke komponen-komponen lainnya, seperti sensor, *relay*, LCD dan lain-lain. Berikut adalah *board* NodeMCU yang dapat dilihat pada gambar 2. 4.



Gambar 2. 4 *Board* NodeMCU (Rifaat & Sephiani, 2024)

2.10 Arduino IDE

Software Arduino IDE adalah perangkat lunak yang bersifat *open-source* yang digunakan untuk menulis dan menyusun program untuk modul Arduino. *Software* ini dilengkapi dengan fitur *sintaks highlighting*, *autocompletion*, dan identifikasi otomatis sehingga dapat membantu pengguna menulis kode dengan lebih mudah dan akurat. Arduino IDE adalah aplikasi komputer yang digunakan untuk menulis, mengedit, dan mengunggah kode program ke mikrokontroler. Dengan menggunakan Arduino IDE, pengguna dapat membuat program yang berisi serangkaian instruksi atau perintah yang akan dieksekusi oleh mikrokontroler untuk menjalankan berbagai aplikasi dan proyek elektronik (Samsugi dkk., 2024). Berikut adalah *software* Arduino IDE yang dapat dilihat pada gambar 2. 5.



Gambar 2. 5 Software Arduino IDE (Samsugi dkk., 2024)

Software ini dilengkapi dengan *serial monitor*, yaitu sistem yang memungkinkan pengguna untuk melihat data yang dikirim dan diterima melalui *port* serial mikrokontroler. Serta menyertakan *compiler* yang mengubah kode sumber dengan bahasa pemrograman C/C++ menjadi bahasa mesin yang dapat dipahami oleh mikrokontroler.

2.11 Blynk

Blynk adalah aplikasi untuk mengontrol mikrokontroler menggunakan jaringan internet atau koneksi *wi-fi*. *Blynk* merupakan sebuah platform yang memungkinkan pengguna untuk mengendalikan dan memantau proyek *hardware* seperti sensor dan relay dari iOS dan perangkat Android (Ade & Yudi, 2021). Berikut adalah aplikasi *Blynk* yang dapat dilihat pada gambar 2. 6.



Gambar 2. 6 Aplikasi *Blynk* (Ade & Yudi, 2021)

2.12 Sensor Kelembapan Tanah (*Capacitive Soil Moisture*)

Ada beberapa jenis sensor kelembapan tanah yang umum digunakan, yaitu sensor jenis kapasitif dan resistif. Sensor jenis kapasitif berfungsi untuk mengukur kelembapan tanah dengan menggunakan perubahan kapasitansi dielektrik untuk mengetahui tingkat kelembapan tanah, kapasitansi di tanah akan meningkat jika tanah basah. Sedangkan sensor jenis resistif menggunakan resistansi elektrik tanah untuk menunjukkan kelembapan, resistansi meningkat pada tanah yang kering dan resistansi menurun pada tanah yang basah (Samsugi dkk., 2024). Berikut adalah sensor kelembapan tanah yang dapat dilihat pada gambar 2. 7.



Gambar 2. 7 Sensor Kelembapan Tanah (*Capacitive Soil Moisture*) (Rifaat & Sephiani, 2024)

Sensor kelembapan tanah adalah perangkat elektronik yang digunakan dalam berbagai aplikasi pertanian dan pemeliharaan tanaman untuk memantau tingkat kelembapan tanah secara akurat. Sensor ini terdiri dua *probe* untuk melewati arus melalui tanah, kemudian membaca resistansinya untuk mendapatkan nilai tingkat kelembapan (Nalendra & Mujiono, 2020).

Fungsi sensor ini untuk mendeteksi tingkat kadar air di dalam tanah. Sensor kelembapan tanah ini berjenis *capacitive soil moisture*, sensor analog ini digunakan untuk mengukur kelembapan tanah dan terbuat dari bahan anti karat. Sensor ini menggunakan prinsip induksi kapasitif untuk mendeteksi kelembapan tanah. Adapun jangkauan deteksi dari sensor ini yaitu 0-100% dan kedalaman deteksi optimal 3-5 cm dari permukaan tanah. Menurut Olayemi dkk. (2022), didapati bahwa pertumbuhan optimal (tinggi dan biomassa terbaik) terjadi pada kondisi kelembapan tanah di 60–70%, sedangkan pada 40 % terlihat pertumbuhan yang tertekan dan stres akibat kekurangan air.

2.13 Sensor Cuaca

Sensor cuaca adalah suatu perangkat elektronik untuk *monitoring* dan mengukur tingkat kondisi lingkungan sekitar. Sensor cuaca digunakan dalam pengembangan sistem penyiram tanaman otomatis untuk mengukur variabel cuaca seperti suhu dan kelembapan udara. Sifat fisiologis pada tumbuhan yang dipengaruhi oleh suhu, yaitu mempengaruhi kerja enzim (Putra & Faiza, 2022).

Sensor cuaca yang digunakan pada sistem penyiram tanaman otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) ini adalah sensor DS18B20 untuk mengukur suhu lingkungan dan sensor DHT11 untuk mengukur kelembapan udara di sekitar tanaman. Variabel yang diperoleh dari sensor tersebut dapat membantu dalam pengambilan keputusan untuk mengatur pola penyiraman tanaman berdasarkan kondisi cuaca, sehingga dapat mengoptimalkan kesehatan tanaman.

2.13.1 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 adalah sensor digital yang dikembangkan khusus untuk pengukuran suhu. Sensor DS18B20 menggunakan koneksi kabel tunggal, artinya sensor dapat bertukar data dengan mikrokontroler atau perangkat lain hanya dengan menggunakan satu jalur kabel (Uddin dkk., 2020). Berikut adalah sensor DS18B20 yang dapat dilihat pada gambar 2. 8.



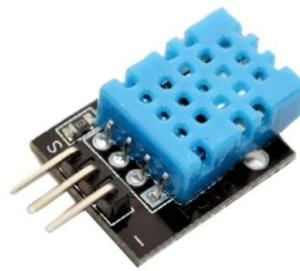
Gambar 2. 8 Sensor DS18B20 (Rifaat & Sephiani, 2024)

Sensor ini dapat memberikan pengukuran suhu yang sangat akurat. Secara *datasheet* memiliki rentang pengoperasian mulai dari $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$, di dalamnya terdapat *Analog to Digital Converter* (ADC) dengan resolusi 9 sampai 12 bit sehingga mempunyai kemampuan membaca perubahan suhu sampai dengan $0,5^{\circ}\text{C}$. Sehingga sensor ini memungkinkan untuk digunakan di berbagai lingkungan, seperti pada suhu rendah di freezer hingga suhu yang tinggi di industri (Madjid & Suprianto, 2019). Sensor DS18B20 terdiri dari 3 pin atau kaki yang disambungkan dengan tegangan untuk 2 kaki (VCC dan GND) dan satu pin untuk

jalur data. Sensor ini memiliki jangkauan deteksi suhu -55°C hingga 125°C dengan akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

2.13.2 Sensor Kelembapan Udara (*Humidity*) DHT11

Sensor kelembapan DHT11 merupakan sensor digital yang mengukur suhu dan kelembapan udara. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip bahwa ketahanan material di dalam sensor berubah ketika terkena kelembapan. Sensor kelembapan DHT11 ini memiliki rentang pengukuran kelembapan dari 20% hingga 90% dan akurasi sekitar 5%. Sensor ini memiliki rentang pengukuran suhu 0°C hingga 50°C dan akurasi sekitar 2°C (Putri dkk., 2019). Sensor suhu DHT11 terdiri dari 4 kaki atau pin, tapi hanya 3 pin saja yang digunakan. Sensor ini memiliki jangkauan deteksi kelembapan udara 20–90% RH, jangkauan deteksi suhu 0°C hingga 50°C dengan akurasi $\pm 2\%$ RH untuk kelembapan, $\pm 1^{\circ}\text{C}$ untuk suhu. Berikut adalah sensor DHT11 yang dapat dilihat pada gambar 2. 9.



Gambar 2. 9 Sensor DHT11 (Rifaat & Sephiani, 2024)

2.14 LCD Display 16x2

Liquid Crystal Display (LCD) adalah sebuah perangkat yang dirancang untuk menampilkan visual berupa tampilan huruf, angka dan karakter lainnya serta dapat menampilkan berbagai macam tulisan maupun pesan-pesan pendek lainnya. LCD ini dapat menampilkan karakter alfabet (A-Z), angka (0-9) dan berbagai simbol-simbol khusus lainnya (Rahmanto dkk., 2020). Berikut adalah LCD *display* 16x2 yang dapat dilihat pada gambar 2. 10.



Gambar 2. 10 LCD Display 16x2 (Rifaat & Sephiani, 2024)

LCD 16x2 artinya terdapat 16 kolom dan 2 baris untuk menampilkan visual. LCD memiliki delapan pin data yaitu D0-D7, jika yang digunakan hanya empat pin, maka disebut mode 4-pin dan jika delapan pin yang digunakan, maka disebut mode 8-pin. LCD dapat dihubungkan ke mikrokontroler melalui beberapa pin koneksi, koneksi biasanya mencakup kabel data dan beberapa kabel kontrol untuk mengontrol fungsi tampilan seperti kontras, pengiriman data, dan mengeluarkan perintah tampilan.

2.15 Relay Module

Relay adalah suatu perangkat yang beroperasi dengan prinsip elektromagnetik dan menggunakan energi listrik untuk menggerakkan kontaktor dari keadaan hidup (*on*) ke keadaan mati (*off*) dan sebaliknya. Pemindahan keadaan *on* dan *off* ini terjadi karena adanya efek induksi magnet yang dihasilkan oleh kumparan induksi listrik (Nalendra & Mujiono, 2020). Berikut adalah *relay module* yang dapat dilihat pada gambar 2. 11.



Gambar 2. 11 Relay Module (Rifaat & Sephiani, 2024)

Perbedaan paling mendasar antara *relay* dan sakelar adalah peralihan dari posisi hidup dan posisi mati, *relay* menstransmisikan secara otomatis dengan arus, tetapi sakelar bersifat manual.

Relay berfungsi sebagai saklar elektronik untuk menyambung dan memutus koneksi. *Relay* modul 1 channel berisi 1 buah *relay* yang dapat langsung dihubungkan dengan peralatan atau perangkat elektronik seperti pompa air.

Ada 2 jenis koneksi pada *relay*:

1. *Normally Open* (NO)
2. *Normally Closed* (NC)

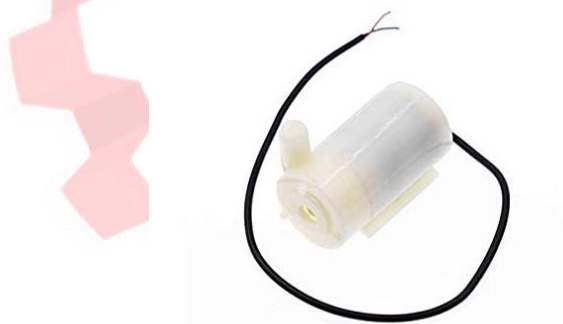
Jika tersambung pada koneksi *Normally Open* (NO) maka ketika *relay OFF* koneksi terputus, ketika *relay ON* koneksi terhubung. Jika tersambung pada koneksi

Normally Closed (NC) maka ketika *relay OFF* koneksi terhubung, ketika *relay ON* koneksi terputus.

2.16 Pompa Air Mini DC *Submersible*

Ada beberapa jenis pompa air yang bisa digunakan untuk membuat proyek sistem penyiram tanaman, yaitu pompa air mini DC *submersible*, pompa air diafragma 12V, pompa *submersible* 12V atau 24V, dan pompa *centrifugal* 220V.

Pompa air mini DC *submersible* adalah pompa listrik yang digunakan dengan cara dicelupkan ke dalam air. Jenis pompa ini termasuk dalam kategori pompa sentrifugal. Pompa ini memiliki kapasitas aliran air sekitar 200-500 ml per menit dengan tegangan operasi 3-6V. Pompa ini digunakan pada skala lahan kecil hingga sedang dengan ukuran lahan 1-5 meter persegi, seperti taman kecil, balkon, atau sistem hidroponik skala sedang (Ratna, 2019). Berikut adalah pompa air mini DC *submersible* yang dapat dilihat pada gambar 2. 12.



Gambar 2. 12 Pompa Air Mini DC *Submersible* (Rifaat & Sephiani, 2024)

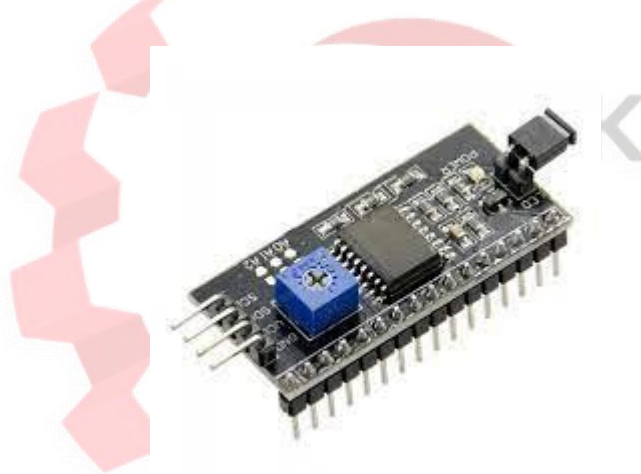
Pompa air yang digunakan pada sistem penyiram tanaman secara otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) ini adalah pompa air mini DC *submersible*. Pompa air mini DC merupakan sebuah alat elektronik yang digunakan untuk memompa atau memindahkan air dari suatu tempat ke tempat lainnya melalui media perpipaan untuk menyiram tanaman. Pompa ini biasanya menggunakan motor arus searah (DC) yang dapat dikontrol oleh mikrokontroler seperti Arduino. Pompa air ini juga dapat menggunakan relay untuk mengendalikan pompa menggunakan NodeMCU atau mikrokontroler *wi-fi* lainnya (Putri dkk., 2019).

Komponen ini menggunakan motor DC *Brushless* sehingga suaranya tidak besar dan memiliki umur yang lebih panjang, yang berfungsi untuk memompa air dari tempat penampungan air ke tanaman. Pompa air ini bekerja dengan tegangan

DC 3V-5V, *waterproof*, sehingga aman digunakan pada saat pompa air ini berada di dalam air.

2.17 I2C LCD

I2C LCD merupakan *board* konverter koneksi LCD (paralel dengan pin data D0 – D7) menjadi I2C yang hanya perlu 2 pin saja (SCL dan SDA). Papan sirkuit I2C kompatibel dengan berbagai LCD seperti 16x2 atau 20x4. Terdapat 16 pin *male* di bagian atas, yang nantinya akan dikoneksi dengan LCD, I2C LCD dimasukkan ke LCD yang sama sama memiliki 16 pin. Di bagian samping kiri ada 4 pin koneksi yang nantinya dihubungkan ke mikrokontroler NodeMCU. Berikut adalah I2C LCD yang dapat dilihat pada gambar 2. 13.



Gambar 2. 13 I2C LCD (Rifaat & Sephiani, 2024)

POLITEKNIK SINAR MAS
BERAU COAL

2.18 Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya adalah sumber lampau dari hasil penelitian yang nantinya diusahakan oleh peneliti untuk membandingkan penelitian yang akan dilaksanakan. Penelitian sebelumnya digunakan sebagai acuan untuk melakukan penelitian dalam ruang lingkup yang sama. Dalam hal ini dapat menjadi dasar dan pembandingan dari penelitian yang akan dilakukan. Adapun referensi dari penelitian terdahulu dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Daftar Penelitian Sebelumnya

No.	Judul Penelitian	Peneliti	Tahun	Metode	Hasil Penelitian
1	Pengembangan Sistem Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT) Menggunakan Sensor DHT11, DS18B20 dan Kelembapan Tanah	1. Andi Bajiel Rifaat 2. Fany Sephiani	2024	Implementasi <i>Internet of Things</i> (IoT) menggunakan metode eksperimen	Berdasarkan hasil pengujian alat penyiram tanaman otomatis, dapat disimpulkan bahwa sistem otomatis berbasis IoT berhasil meningkatkan efisiensi penggunaan air pada tanah humus dan aluvial. Sensor kelembapan tanah mengatur penyiraman hanya saat kelembapan di bawah 50% dan berhenti di atas 65%, mengurangi pemborosan air secara signifikan. Sistem menggunakan sensor kelembapan tanah, kelembapan udara (DHT11), dan suhu (DS18B20) yang memberikan hasil akurat dan

No.	Judul Penelitian	Peneliti	Tahun	Metode	Hasil Penelitian
					konsisten. Pengujian menunjukkan kelembapan tanah berkisar 23%-80% (humus) dan 15%-85% (aluvial), suhu 25°C-26°C, dan kelembapan udara 70%-73% RH. Suhu dan kelembapan udara memengaruhi laju pengeringan tanah: suhu tinggi mempercepat penguapan, sedangkan kelembapan udara tinggi memperlambatnya (Rifaat & Sephiani, 2024).
2	Optimalisasi Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembapan Berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT) Menggunakan NodeMCU ESP8266 dan <i>Blynk</i> pada <i>Cocoa Drier</i> di Berau Cocoa	Amelia Cindy Wensinadia Sam	2024	Implementasi <i>Internet of Things</i> (IoT) menggunakan metode <i>Design and Creation</i>	Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian alat disimpulkan bahwa sistem pemantauan suhu dan kelembapan berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266 dan <i>Blynk</i> melibatkan tahapan konsep, perancangan perangkat keras dan lunak, serta evaluasi. Perangkat lunak mencakup pembuatan

No.	Judul Penelitian	Peneliti	Tahun	Metode	Hasil Penelitian
					<i>template</i> pada <i>Blynk</i> dan pemrograman NodeMCU menggunakan Arduino IDE. Implementasi sistem IoT pada area <i>Cocoa Drier</i> meningkatkan efisiensi, termasuk pengurangan kebutuhan karyawan hingga 50%, penghematan waktu pengecekan suhu dan kelembapan sebesar 96,7%, dan peningkatan frekuensi pengecekan hingga 87,5%, mendukung efisiensi kerja secara signifikan.
3	Model IoT Perancangan Alat Penyiraman Tanaman Otomatis pada Instalasi <i>Greenhouse</i>	1. Dina Nur Amelia 2. Krisnayana Gumelar Rahman 3. Afiqo Ilman Dinan Tandra 4. Yusuf Amrozi	2024	Implementasi <i>Internet of Things</i> (IoT) menggunakan model <i>waterfall</i>	Sistem IoT dibuat guna mendeteksi kelembapan tanah dan suhu yang dapat <i>monitoring</i> dari jarak jauh yang dimana membutuhkan perlengkapan seperti, mikrokontroler, modul ESP8266, sensor kelembapan tanah, sensor suhu, relay, dan

No.	Judul Penelitian	Peneliti	Tahun	Metode	Hasil Penelitian
					pompa air. Kategori penyiraman dibedakan menjadi 3 <i>interval</i> yaitu, kurang dari 20% (kering), 21%-50% (lembab), dan lebih dari 50% (basah) yang menjadi dasar operasi pada pompa air. Penelitian ini diharapkan dapat membantu pekerjaan para petani atau pengusaha tanaman lainnya dalam meminimalisasi penggunaan air, efisiensi waktu, dan meningkatkan kualitas serta kuantitas hasil produksi tanaman yang ada pada <i>greenhouse</i>.
4	Sistem Penyiraman Otomatis pada Bibit Tanaman Kopi Berbasis IoT	1. Ahmad Ivani 2. Sunardi 3. Achmad Baijuri	2024	Implementasi <i>Internet of Things</i> (IoT) menggunakan metode <i>prototype</i>	Dengan adanya program sistem penyiraman otomatis pada bibit tanaman kopi di PT. Perkebunan Nusantara XII Kebun Malangsari adalah mudahnya menyiram bibit tanaman yang tanpa harus

No.	Judul Penelitian	Peneliti	Tahun	Metode	Hasil Penelitian
					banyak mengeluarkan tenaga dan bibit tanaman kopi bisa tumbuh dengan baik karena adanya penyiraman otomatis yang menyiram pada bibit tanaman kopi secara teratur.
5	Sistem <i>Monitoring</i> Penyiraman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan <i>Soil Moisture</i> pada Tanaman Melon	1. Fathurrohman 2. Tio Prasetya 3. Lin 4. Mulyawan	2024	Implementasi <i>Internet of Things</i> (IoT) menggunakan model <i>waterfall</i>	Berdasarkan penelitian ini, sistem <i>monitoring</i> penyiraman otomatis yang menggunakan kelembapan tanah dirancang untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi oleh para petani dalam bercocok tanam. Sistem ini memberikan penghematan pada penggunaan air dan meningkatkan efisiensi ketersediaan air irigasi dalam pertanian. Penggunaan sensor <i>soil moisture</i> , DHT11, dan pH air dapat meningkatkan keberhasilan panen dengan memberikan

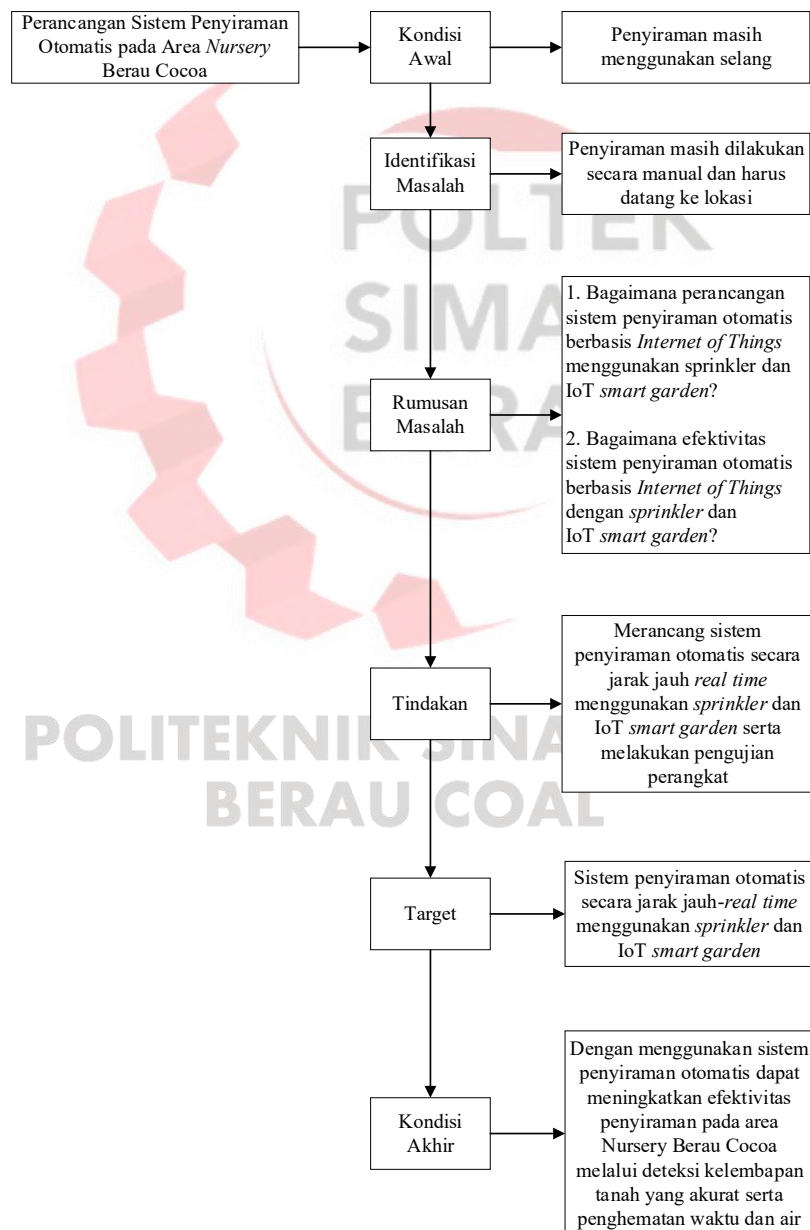
No.	Judul Penelitian	Peneliti	Tahun	Metode	Hasil Penelitian
					informasi yang akurat mengenai kelembapan tanah yang tersedia.



**POLITEKNIK SINAR MAS
BERAU COAL**

2.19 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir adalah dasar pemahaman yang akan mempengaruhi orang lain. Oleh karena itu, kerangka berpikir adalah dasar yang akan digunakan untuk menulis dan melakukan penelitian. Selanjutnya, dasar pikiran ini berfungsi sebagai alat bagi penulis atau peneliti untuk mempengaruhi pemahaman orang lain. Ini membuat tulisan dan penelitian dianggap menarik, rasional, dan layak untuk diikuti. Berikut adalah kerangka berpikir dalam penelitian yang dilakukan peneliti pada gambar 2. 14.



Gambar 2. 14 Kerangka Berpikir