

## **BAB 2 DASAR TEORI**

### **2.1 KAJIAN PUSTAKA**

Pada kajian pustaka berisikan tentang penelitian terkait yang sudah dilaksanakan sebelumnya sebagai bahan rujukan dan perbandingan dari penelitian yang dilakukan oleh penulis. Berikut penelitian yang telah dilakukan.

Penelitian mengenai penerapan sistem kelembapan dan suhu udara pada laboratrium dengan menggunakan metode CoAP dilakukan oleh Eko Sudaryanto, Asep Suryanto dan Susatyo Adhi Pramono [6]. Laboratorium merupakan tempat bagi mahasiswa melakukan praktikum, dimana digunakan peralatan elektronika dalam praktikum yang dilakukan. Pengaturan suhu dan kelembapan udara diperlukan untuk mencegah kerusakan peralatan elektronik. Ruangan harus diatur pada suhu 18–28°C dan kelembapan 40%–60%. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat sistem pemantauan kelembapan dan suhu laboratorium yang menggunakan metode *Constrained Application Protocol* (CoAP). Metode *waterfall*, yang terdiri dari analisis kebutuhan, desain, dan implementasi, digunakan dalam metode penelitian ini. Penelitian ini merancang peralatan berbasis Internet of Things (IoT) dengan sensor DHT11, mikrokontroler NodeMCU ESP-8266 V3, dan protokol CoAP untuk memantau suhu dan kelembapan di laboratorium [6].

Penelitian selanjutnya mengenai penerapan protokol CoAP pada sistem pemantauan kelembapan tanah yang dilakukan oleh Yosef Febri Wiryawan, dkk. [7]. Tujuan penelitian ini adalah menerapkan protokol CoAP, yang merupakan protokol web transfer pada sistem kelembapan tanah. Penelitian ini menggunakan Wemos DI sebagai mikrokontroler dan sensor kelembapan tanah YL-69 untuk mendapatkan data kelembapan tanah. Modul bluetooth HC-05 akan mengirimkannya ke server. Dengan menggunakan protokol CoAP, server dan client dapat bertukar data secara nirkabel. Untuk mengevaluasi kinerja protokol CoAP, digunakan berbagai skenario untuk memeriksa pertukaran data antara server dan client. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mekanisme blockwise protokol CoAP mengurangi ukuran payload yang melebihi 64 byte secara substansial. Selain itu, jarak yang dibutuhkan dalam proses transmisi data akan meningkatkan nilai *delay* [7].

Penelitian mengenai penerapan CoAP pada *Web Service Semantic IoT* dilakukan oleh Made Reznanda Putra, dkk [8]. *Web service Semantic IoT* dapat mengakses data node sensor dengan menggunakan HTTP, tetapi mereka menghadapi masalah dengan node sensor dengan sumber daya terbatas. Solusi masalah ini adalah dengan menambahkan protokol komunikasi CoAP ke web service Semantic IoT. Dengan menambahkan protokol CoAP, web service Semantic IoT dapat menerima data dalam format JSON, file gambar, dan file video [8].

Penelitian dengan merancang prototipe sistem pemantauan kelembapan udara dan suhu untuk tanaman cabai berbasis IoT [9]. Sistem ini dirancang dengan metode R&D (*Research And Development*). Sistem ini menggunakan sensor DHT11 dan mikrokontroler Wemos D1 untuk memantau suhu dan kelembapan udara dengan model *prototype*. Hasil pengukuran suhu dan kelembapan pada tanaman cabai dari sensor DHT11 ditampilkan pada platform Thingspeak. Hasil penelitian menunjukkan suhu ideal untuk pertumbuhan tanaman cabai rawit, yaitu 24,9°C [9].

Penelitian mengenai penerapan jaringan IPv 6 dan CoAP pada sistem monitoring kualitas air dilakukan oleh Arif Fahmi, dkk. [10]. Arsitektur jaringan 6 over Low Power Wireless Personal Area Network (6LoWPAN), yaitu jaringan nirkabel berdaya rendah di mana setiap node memiliki alamat IPv6 sendiri, digunakan untuk menerapkan jaringan IPv6 pada sistem pemantauan kualitas air. Diharapkan bahwa penerapan sensor-node berbasis 6LoWPAN dan CoAP dapat menyelesaikan masalah kebutuhan dalam memantau kualitas air. Untuk mengirimkan pesan data sensor kualitas air, protokol CoAP menggunakan request response message. Sensor-node berfungsi sebagai pengirim pesan respons. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata nilai *delay*, yaitu 13.4 milidetik untuk jarak 5 meter dan 30.8 milidetik untuk jarak 40 meter. Dengan parameter kehilangan paket 100% untuk jarak 5 meter, tingkat keberhasilan paket terkirim adalah 0% [10].

Selanjutnya Muhammad Wingga Woggiasworo, dkk melakukan penelitian mengenai perancangan prototipe kendali jarak jauh yang mengontrol lampu rumah [11]. Pembuatan prototipe aplikasi IoT untuk mengontrol lampu rumah dari jarak jauh dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 + ESP8266 dan

modul *Ethernet Shield* dan *library microcoap*. Aplikasi ini dapat diakses melalui *browser Chromium* dengan extension *Copper Cu* sebagai tampilan client [11].

## **2.2 DASAR TEORI**

### **2.2.1 Tanaman Cabai Merah (*Capsicum Annum L.*)**

Famili Solanaceae mencakup tanaman hortikultura Cabai merah (*Capsicum annum L.*). Cabai merah tidak hanya kaya nutrisi tetapi juga mempunyai nilai ekonomis tinggi. Cabai merah sangat dibutuhkan masyarakat untuk bahan masakan karena kandungan gizinya yang kaya, termasuk vitamin A, vitamin C, lemak, karbohidrat, kalsium, dan protein. Beberapa manfaat cabai untuk kesehatan antara lain :

1. Menyehatkan jantung
2. Dapat memperlancar sirkulasi darah
3. Berperan sebagai antikanker
4. Dapat meningkatkan fungsi saluran cerna
5. Meredakan masalah flu
6. Melancarkan pernapasan

Tanaman cabai sangat diminati petani Indonesia untuk ditanam [12]. Karena kebutuhan cabai merah yang tinggi di Indonesia, tanaman cabai merah memiliki dampak ekonomi yang besar. Di Indonesia, cabe merah sangat populer karena rasanya yang pedas dan kaya nutrisi. Cuaca berdampak pada tingkat kelembapan tanah dan suhu, adalah salah satu komponen yang paling rendah dalam produksi cabai. Tanaman cabai merah memiliki kebutuhan air yang cukup tinggi, memerlukan kondisi tanah dengan suhu dan kelembapan yang optimal untuk mendukung penyerapan nutrisi dan pertumbuhannya. Suhu merupakan elemen penting dalam regulasi berbagai proses fisiologis tanaman, termasuk fotosintesis, transpirasi, dan respirasi. Suhu optimal diperlukan untuk meningkatkan laju pertumbuhan, pembungaan, dan pematangan pada tanaman cabai merah, suhu optimal untuk membudidayakan cabai adalah 24°C dengan kelembapan tanah sekitar 60% - 80%. [13].



**Gambar 2.1 Tanaman Cabai Merah [13]**

Gambar 2.1 adalah tanaman cabai merah yang masih berada diperkebunan.

Untuk menanam cabai dengan sukses, diperlukan kondisi tertentu, di antaranya [14] :

1. Tanah untuk menanam cabai harus gembur dan memiliki pH (derajat keasaman) antara 6,5 dan 6,8.
2. Air dibutuhkan oleh tanaman cabai untuk mendukung pertumbuhannya karena bertindak sebagai pelarut unsur hara, membawa unsur hara ke organ tanaman, mengisi cairan tanaman cabai, dan membantu fotosintesis dan respirasi.
3. Jika ingin menanam cabai, iklim dengan angin sepoi-sepoi adalah yang terbaik. Curah hujan yang tinggi menyebabkan kelebihan air. Tanaman cabai membutuhkan 10-12 jam sinar matahari per hari, dan suhu ideal untuk pertumbuhannya adalah 24°C–28°C.

### **2.2.2 Kelembapan Tanah**

Kelembapan tanah adalah air di permukaan tanah tak jenuh yang berasal dari pencairan salju, curah hujan, atau daya tarik kapiler tanah [15]. Kelembapan tanah juga merujuk pada jumlah air yang sangat dinamis yang tersimpan di antara pori-pori tanah karena penguapan permukaan tanah. Kelembapan tanah merupakan air yang mengisi pori-pori tanah di atas water table (air tanah yang terperangkap di atas permukaan air tanah) [16].

Kelembapan adalah kandungan uap air di udara atau suatu medium. Kelembapan dapat diukur sebagai kelembapan relatif atau absolut. Kelembapan relatif menyatakan persentase kadar uap air yang ada dibandingkan dengan jumlah maksimal yang dapat ditampung oleh udara pada suhu tertentu. Kelembapan absolut, di sisi lain, adalah jumlah sebenarnya dari uap air dalam suatu volume tertentu. Kelembapan memengaruhi kenyamanan manusia, proses pembentukan awan, dan pertumbuhan tanaman. Kelembapan tinggi dapat membuat suhu terasa lebih panas, dan perubahan kelembapan relatif dapat memengaruhi proses evaporasi dan kondensasi dalam siklus air di alam [17].

Kadar air yang dibutuhkan tanaman terkait erat dengan kelembapan tanah. Pengaruh kelembapan tanah pada tanaman hampir sama dengan suhu karena tumbuhan pada dasarnya sangat membutuhkan air. Nilai kelembapan berkorelasi negatif dengan suhu dan sebaliknya. Namun, jika terlalu lembab, pergerakan udara di dalam tanah akan terhambat, menghalangi akar tanaman untuk mendapatkan oksigen, yang pada gilirannya menyebabkan kematian [17].

### **2.2.3 Suhu**

Suhu juga disebut sebagai ukuran atau derajat panas dinginya suatu benda atau sistem; suhu diukur dengan thermometer dan menunjukkan besarnya energi kinetik translasi rata-rata molekul dalam sistem gas. Benda yang dingin memiliki suhu yang rendah, sementara benda yang panas memiliki suhu yang tinggi [18].

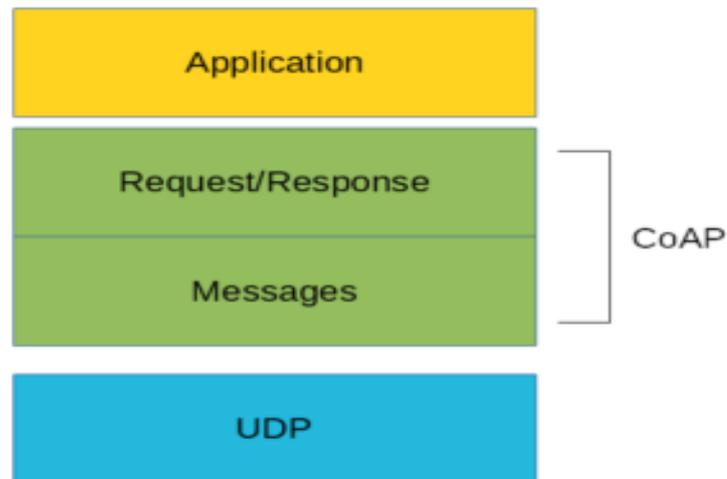
Suhu merupakan parameter yang mengukur tingkat panas atau dinginya suatu medium. Pengukuran suhu umumnya dilakukan dalam derajat Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) atau Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ) menggunakan termometer atau alat pengukur lainnya. Suhu memainkan peran penting dalam proses fisik dan kimia di Bumi, mempengaruhi laju reaksi kimia, volume zat, dan jenis iklim di suatu wilayah. Radiasi matahari, sirkulasi atmosfer, dan keberadaan lautan merupakan faktor utama yang mengatur suhu di Bumi. Perubahan suhu harian dan musiman terkait erat dengan faktor-faktor seperti rotasi Bumi, kemiringan sumbunya, dan orbit mengelilingi Matahari [18].

Atom benda bergerak, baik getaran maupun perpindahan. Energi atom suatu benda menentukan suhunya. Suhu suatu benda atau sistem diukur dalam derajat

panas dan dinginnya. Tempat yang dingin memiliki suhu yang rendah, sementara tempat yang panas memiliki suhu yang tinggi [18]

#### 2.2.4 Constrained Application Protocol (CoAP)

CoAP adalah protokol web transfer untuk node dan jaringan yang memiliki keterbatasan di *Internet of Things*. CoAP memungkinkan perangkat terbatas dan sederhana (*constrain devices*) bergabung dengan *Internet of Things* bahkan melalui jaringan terbatas yang memiliki bandwidth dan ketersediaan rendah. [8].



**Gambar 2.2 Stuktur Layer CoAP [19]**

Gambar 2.2 adalah protocol CoAP dengan struktur layer yang menggunakan dua pendekatan layer. *Layer* pertama adalah layer yang digunakan untuk koneksi UDP dan ineteraksi asinkronnya, dan *layer* kedua adalah layer yang membangun metode dan kode respons untuk interaski *request / response*. Fitur utama protokol CoAP adalah [19]:

1. Protokol web yang digunakan dalam *machine-to-machine* (M2M) dengan persyaratan terbatas
2. Pertukaran pesan asinkron
3. Overhead rendah dan sangat mudah diurai
4. Dukungan URI dan tipe konten
5. Kemampuan proxy dan caching

CoAP digunakan secara default untuk mengirimkan pesan lewat UDP, dan tiap pesan CoAP terdapat bagian data yang berasal satu diagram UDP. Format biner

sederhana dari pesan CoAP terdiri dari header berukuran tetap 4 byte, opsi berukuran variable, dan payload [6].

Pertukaran data antara client dan server pada CoAP memakai empat jenis pesan [6] yaitu :

1. *Confirmable* (CON) merupakan pesan yang berisi permintaan (*request*) dan membutuhkan persetujuan (*Acknowledgment*)
2. *Non-Confirmable* (NON) merupakan pesan yang penggunaannya dilakukan secara teratur tanpa membutuhkan persetujuan.
3. *Acknowledgment* (ACK) merupakan pesan yang berisikan tanggapan.
4. *Reset* (RST) digunakan dalam keadaan pesan CON tidak bisa diterima dengan benar atau konteksnya hilang.

CoAP dibuat untuk menggantikan HTTP sebagai protokol pada lapisan aplikasi Internet of Things (IoT). Dengan beberapa fitur yang mirip dengan HTTP, CoAP memberikan model interaksi berupa request ataupun response antara aplikasi dan *end points*. Berbeda dengan HTTP yang beroperasi pada TCP, CoAP beroperasi pada UDP agar terhindar dari masalah *congestion control* yang kompleks. CoAP bekerja dengan arsitektur *Transfer Representational State (REST)*, yang memberikan akses ke URI dan metode seperti *GET*, *POST*, *PUT*, dan *DELETE* [20]. Untuk format pesan *Constrained Application Protocol (CoAP)* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Format Pesan CoAP**

0		1					2					3									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
Ver		T		TKL			Code					Message ID									
Token ( if any, TKL bytes)...																					
Options (if any)...																					
Payload (if any)...																					

Tabel 2.1 adalah format pesan *Constrained Application Protocol (CoAP)*, dimana bidang di header didefinisikan sebagai berikut :

1. Versi (Ver) adalah bilangan bulat 2 bit yang tidak ditandatangani yang menunjukkan versinya.
2. Tipe (T) adalah bilangan bulat 2 bit yang tidak ditandatangani yang menunjukkan jenis pesan. 0 dapat dikonfirmasi dan 1 tidak dapat dikonfirmasi.
3. Panjang Token (TKL) adalah bilangan bulat 4 bit yang tidak ditandatangani.
4. Code adalah kode respon dengan bilangan bulat 8 bit yang tidak ditandatangani.
5. Message ID adalah bilangan bulat 16 bit yang tidak ditandatangani dalam urutan byte jaringan. Biasanya mendeteksi duplikasi pesan dan mencocokkan jenis pesan pengakuan/reset ke pesan bertipe dikonfirmasi/non-dikonfirmasi.

CoAP merupakan protokol yang dioptimalkan untuk perangkat IoT dengan sumber daya terbatas, seperti sensor, aktuator, dan perangkat kecil lainnya. Berikut adalah beberapa karakteristik utama dari format pesan CoAP:

1. Ringan (*Lightweight*), CoAP dirancang untuk meminimalkan *overhead* pada lapisan protokol, sehingga memungkinkan penggunaan sumber daya yang efisien. Hal ini mencakup pengurangan ukuran *header* dan penggunaan metode transfer yang efisien.
2. Mendukung Metode RESTful: CoAP meminjam konsep metode RESTful (*Representational State Transfer*) yang umum digunakan dalam pengembangan web. Ini mempermudah integrasi dengan aplikasi web dan memungkinkan penggunaan pola komunikasi yang sudah dikenal.
3. Dukungan untuk Observasi (*Observation*), CoAP mendukung konsep observasi, yang memungkinkan perangkat untuk mengamati perubahan status atau data dari perangkat lain tanpa harus mengirim permintaan terus-menerus.
4. Dukungan untuk Transfer Blok (*Blockwise Transfer*), Untuk mentransfer data yang lebih besar daripada yang dapat diakomodasi dalam satu pesan, CoAP mendukung transfer blok yang memungkinkan pemecahan data menjadi blok-blok kecil untuk dikirimkan dan diterima secara bertahap.
5. Keamanan Terintegrasi, CoAP menyediakan mekanisme keamanan terintegrasi melalui penggunaan DTLS (*Datagram Transport Layer Security*) untuk melindungi data selama pengiriman.

6. Dukungan untuk Proksi (*Proxying*), CoAP mendukung penggunaan proksi, memungkinkan perangkat IoT berkomunikasi melalui jaringan yang lebih kompleks dan melibatkan perantara atau proksi [6].

### 2.2.5 *Internet of Things*

*Internet of Things* (IoT) adalah segala sesuatu yang dilakukan oleh orang-orang yang berinteraksi satu sama lain dan melakukan hal-hal dengan memanfaatkan internet. Ini dapat dilihat dalam banyak hal, seperti transportasi, *e-commerce*, *e-learning*, *live streaming*, pemesanan tiket, dan bahkan alat yang membantu dalam beberapa bidang seperti remote sensor suhu, *tracking* GPS, dan sebagainya. IoT melibatkan perangkat-perangkat yang dapat terhubung ke internet atau jaringan lokal. Keterhubungan ini memungkinkan perangkat untuk berkomunikasi satu sama lain dan dengan sistem lainnya. Perangkat dalam IoT dilengkapi dengan sensor untuk mengukur lingkungan atau mengumpulkan data, serta aktuator untuk melakukan tindakan berdasarkan data yang diterima. Contoh sensor meliputi sensor suhu, kelembapan, dan sensor gerak, sedangkan aktuator bisa berupa motor atau perangkat yang dapat mengendalikan suatu sistem. IoT mengandalkan kemampuan perangkat untuk berkomunikasi. Ini dapat melibatkan berbagai protokol komunikasi seperti MQTT, CoAP, atau HTTP. Koneksi ini bisa melalui jaringan kabel, nirkabel, atau kombinasi dari keduanya. Platform IoT biasanya dilengkapi dengan antarmuka pengguna yang memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol perangkat, serta mengakses data yang dihasilkan. IoT dapat digunakan untuk menciptakan sistem yang otomatis merespons kondisi tertentu atau mengambil keputusan berdasarkan data yang diterima. Contohnya termasuk sistem otomatisasi rumah pintar atau pengelolaan pertanian otomatis. [9].

Teknologi yang dikenal sebagai *Internet of Things* (IoT) memungkinkan komunikasi data antar benda dengan menggunakan jaringan internet tanpa membutuhkan bantuan dari perantara seperti manusia. *Internet of Things* memiliki beberapa manfaat bagi aspek kehidupan manusia yaitu dengan adanya teknologi *Internet of Things* maka pekerjaan manusia akan menjadi lebih mudah seperti contoh teknologi *Internet of Things* yang dapat digunakan untuk melakukan kontrol jarak jauh dengan menggunakan sistem komputer dan sensor yang dihubungkan

melalui jaringan internet. *Internet of Things* memiliki konsep yang mencakup tiga bagian utama, antara lain alat yang telah terintegrasi dengan modul sensor dan kemudian terhubung ke jaringan internet, yang berfungsi sebagai jaringan yang menghubungkan data antar benda, dan ada pusat data atau *server* yang digunakan sebagai penyimpanan data informasi yang didapat dari sensor. Data yang dihasilkan oleh sensor-sensor tersebut dikumpulkan dan diproses di dalam perangkat tersebut. Proses ini bisa terjadi secara lokal, tergantung pada arsitektur sistem IoT yang digunakan [9].

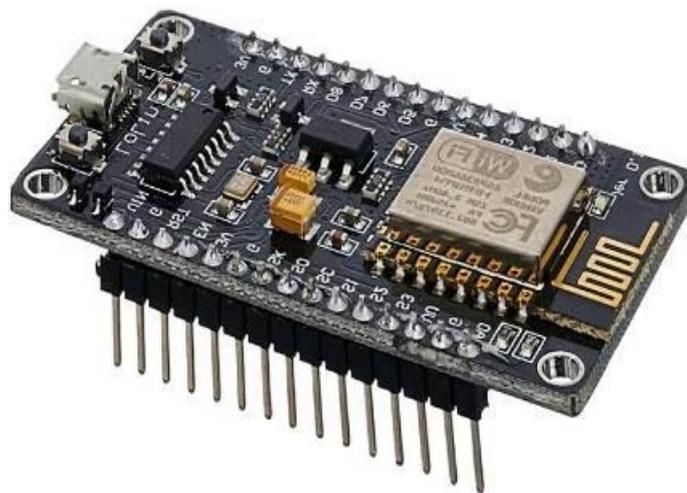


**Gambar 2.3 Skenario *Internet of Things* (IoT) [10]**

Gambar 2.3 memperlihatkan sebuah contoh IoT yang bekerja melalui interaksi antara berbagai mesin yang berinteraksi satu sama lain secara otomatis tanpa campur tangan pengguna dan dari jarak jauh. Oleh karena itu, pengguna hanya bertindak sebagai pengatur dan mengawasi bagaimana alat tersebut bekerja. Dengan demikian, *Internet of Things* terdiri dari berbagai macam perangkat yang berbeda. *Internet of Things* dapat diterapkan pada sistem yang memantau lingkungan, kesehatan, dan efisiensi manajemen energi dan lain-lain. Konsepnya adalah bahwa sebuah alat dapat mengirim data melalui jaringan internet, memungkinkan pengguna untuk memantaunya dari jarak jauh [10].

### 2.2.6 Mikrokontroler NodeMCU

Mikrokontroler merupakan sebuah komputer dengan ukuran kecil berbentuk IC (*Integrated Circuit*) untuk menjalankan tugas tertentu. Sebuah mikrokontroler biasanya memiliki lebih dari satu inti *processor* (CPU), memori (RAM dan ROM) juga perangkat *input* serta *output* yang dapat diprogram. Kecepatan pemrosesan data dalam mikrokontroler lebih rendah daripada PC. sedangkan kecepatan operasi pada mikrokontroler yaitu antara 1 hingga 16 MHz. dengan kapasitas RAM serta ROM mencapai Giga byte, bedanya dengan mikrokontroler yang hanya mencapai byte/Kbyte. Mikrokontroler bekerja dengan mendapatkan sinyal *input* kemudian mengolahnya sebagai sinyal keluaran menyesuaikan program yang telah dimasukan. Sinyal masukan mikrokontroler dari sensor yang menangkap data dari kondisi lingkungan, sedangkan sinyal keluaran dihasilkan dari akibat pengolahan sinyal *input* yang ditangkap sensor lalu dikirimkan ke mikrokontroler sehingga sinyal *output* bisa dibaca oleh pengguna. Mikrokontroler bisa diartikan menjadi otak pada suatu perangkat yang dapat melakukan hubungan antar benda [21]. NodeMCU, yang dikembangkan oleh *Espressif System*, adalah platform *Internet of Things* dengan fitur GPIO, ADC, dan UART. NodeMCU juga memiliki fitur mikrokontroler dan wifi, yang memungkinkan pengiriman data ke *smartphone* melalui sensor tanpa perantara perangkat lain. Dengan bersifat *open source*, modul ini dapat dikembangkan oleh pengembang seperti sistem operasi *Linux* [21].



**Gambar 2.4 Board NodeMCU [21]**

Gambar 2.4 merupakan tampilan board NodeMCU V3 berukuran 57 mm x 30 mm yang menggunakan ESP8266 sebagai mikrokontroler, ESP8266 ini memiliki modul WiFi 802.11 b/g/n. Digambarkan pada Tabel 2.2 di bawah ini, mikrokontroler NodeMCU V3, board elektronik berbasis chip ESP32, memiliki kemampuan untuk menjalankan tugas sebagai mikrokontroler dan memiliki koneksi WiFi dan bluetooth.

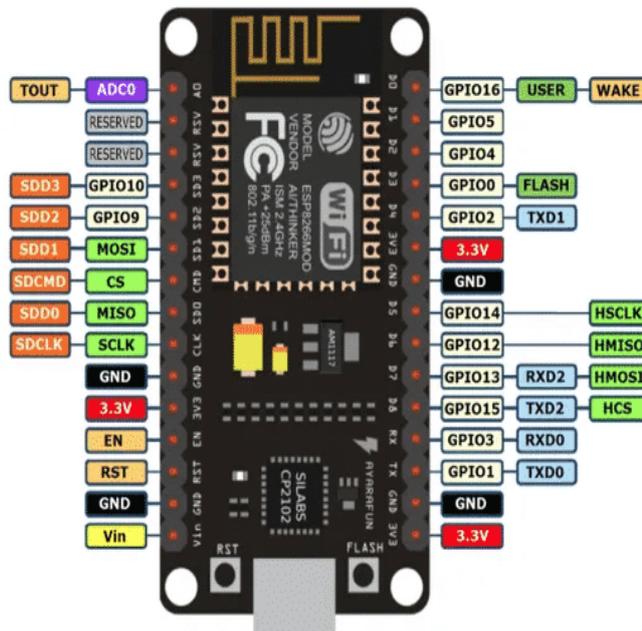
**Tabel 2.2 Spesifikasi Mikrokontroler NodeMCU [21]**

SPEKIFIKASI	NODEMCU
Mikrokontroler	ESP8266
Dimensi Board	57 mmx 30 mm
Tegangan Keluaran	3.3 ~ 5V
Saluran PWM	10 Kanal
GPIO	13 PIN
10 bit ADC Pin	1 Pin
Kecepatan Clock	40/26/24 MHz
Flash Memory	4 MB
Port USB	Micro USB
USB ke Serial Converter	CH340G
WiFi	IEEE 802.11 b/g/n
Frekuensi	2.4 GHz – 22.5 Ghz

NodeMCU ini memiliki 30 pin yang dapat digunakan, dan koneksi masing-masing pin ditunjukkan pada Gambar 2.5. Susunan pin pada mikrokontroler NodeMCU [22] terdiri dari :

- a. **Pin Power.** Mempunyai empat pin *power supply* yaitu satu VIN, dan tiga pin dengan tegangan 3.3V. Dalam kasus di mana Anda memiliki sumber tegangan 5V yang stabil, VIN bisa dipakai sebagai *power supply* ESP8266 dan periferal. Pin 3.3V dari papan sirkuit regulator tegangan adalah outputnya, dan pin ini dapat digunakan untuk menyuplai daya kepada komponen eksternal.
- b. **GND.** adalah pin ground pada board NodeMCU.
- c. **Pin I2C.** Untuk menghubungkan berbagai sensor dan *peripheral* yang memerlukan koneksi I2C pada proyek. Dengan frekuensi clock maksimal 100 kHz, *interface* I2C ini dapat digunakan secara programtik. Perlu diperhatikan bahwa antarmuka I2C ini harus mempunyai frekuensi *clock* yang lebih tinggi dari frekuensi clock paling rendah dari perangkat *slave*.

- d. **Pin GPIO.** Terdiri dari 17 pin GPIO yang berfungsi seperti I2C, I2S, UART, PWM, *Remote Control* IR, LED, dan tombol *programmable*. GPIO Digital dilakukan pengaturan untuk *pull-up* dan *pull-down* secara *internal* atau pengaturan dengan impedansi tinggi. Pada saat pengaturan untuk input, pin ini juga dapat diubah menjadi pemicu tepi atau level untuk menginterupsi CPU.
- e. **ADC Kanal.** NodeMCU ESP8266 terkoneksi dengan 10-bit SAR ADC, bisa dipakai menjalankan 2 fungsi ADC, yaitu pengecekan tegangan daya pin VDD3P3 serta pengecekan tegangan input pin TOUT. Tapi keduanya tidak bisa dilakukan dalam waktu bersama-sama.
- f. **Pin UART.** NodeMCU mempunyai dua antarmuka UART yaitu UART0 dan UART1, yang bisa melakukan komunikasi secara *asynchronous* lewat RS232 dan RS485, dan mempunyai kecepatan komunikasi sebesar 4,5 MBps. Antarmuka UART0 bisa dipakai di TXD0, RXD0, RST0, dan CTS0. Pin tersebut mempunyai kemampuan dalam kontroling fluida. Tapi pin UARTX1, atau TXD1, hanya bisa digunakan dalam pengiriman signal.
- g. **Pin SPI.** NodeMCU mempunyai dua fitur SPI, yaitu SPI dan HSPI, pada mode *slave* dan *master*. Pin SPI mempunyai kemampuan dalam mendukung berbagai fitur yang digunakan oleh peralatan, diantaranya:
  - 1. Memiliki empat mode format pewaktuan transfer SPI
  - 2. Memiliki *Clock* hingga 80 MHz
  - 3. Up to 64-Byte FIFO
- h. **Pin SDIO.** Secure Digital Input/Output Interface (SDIO) adalah fitur pada NodeMCU. Pin ini mendukung versi SDIO 4-bit 25 MHz v1.1 dan SDIO 4-bit 50 MHz v2.0.
- i. **Pin PWM.** Papan sirkuit ini memiliki modulasi lebar pulse empat kanal, yang dapat diprogram dan diatur untuk motor digital dan LED. Frekuensi PWM berkisar antara 100 Hz dan 1 kHz.
- j. **Pin Control.** Pin pengaktif chip (EN), pin reset (RST), dan pin WAKE adalah pin kontrol yang digunakan untuk mengontrol ESP8266. Ketika EN ditarik tinggi, chip ESP8266 akan aktif secara maksimal, dan ketika EN ditarik rendah, chip ESP8266 akan bekerja dengan daya minimal. Chip direset dengan pin RST, dan chip dibangunkan dari keadaan *deepsleep* dengan pin WAKE.



**Gambar 2.5 Susunan Pin NodeMCU [22]**

Gambar 2.5 adalah susunan *pinout* dari mikrokontroler NodeMCU, setiap *pinout* mempunyai fungsi kegunaannya seperti SDIO (*Secure Digital Input/Output*) dan PWM (*Pulse Width Modulation*).

### 2.2.7 Sensor Kelembapan Tanah FC-28

Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang terdiri dari campuran mineral, bahan organik, air, dan udara. Ini merupakan medium pertumbuhan yang sangat penting untuk tanaman dan menyediakan dukungan fisik serta sumber nutrisi esensial bagi tumbuhan. Kelembapan tanah adalah bagian lingkungan yang sangat penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman, karena tanaman mengambil air dan nutrisi dari tanah melalui akarnya. Kelembapan tanah yang cukup memastikan ketersediaan air dan unsur hara yang diperlukan bagi tanaman untuk melakukan fotosintesis dan proses pertumbuhan lainnya. Kelembapan tanah membantu menjaga kestabilan sel tanaman. Air memberikan tekanan turgor yang diperlukan untuk mendukung struktur tanaman. Tanaman yang cukup terhidrasi memiliki kemampuan yang lebih baik untuk menopang berat dan tetap tegak. Kelembapan tanah yang cukup mencegah kekeringan pada tanaman. Tanaman yang kekurangan air dapat mengalami stress, menghambat pertumbuhan dan menyebabkan kegagalan produksi. Mikroorganisme tanah yang berperan dalam

siklus nutrisi tanaman juga membutuhkan kelembapan untuk berfungsi secara optimal. Kelembapan tanah yang baik mendukung aktivitas mikroba dan dekomposisi bahan organik, yang menghasilkan nutrisi yang dapat diserap oleh tanaman, maka dari itu dibutuhkan sensor kelembapan tanah untuk mengetahui dan menyesuaikan kadar kelembapan tanah yang baik bagi tanaman [23].

Sensor kelembapan tanah FC-28 adalah sensor kelembapan yang dapat mendeteksi kelembapan dalam tanah. Sensor ini terdiri dua probe untuk melewatkan arus melalui tanah, kemudian membaca resistansinya untuk mendapatkan nilai tingkat kelembapan. Sensor ini sangat membantu untuk menentukan tingkat kelembapan pada tanaman atau memantau kelembapan tanah. Prinsip kerjanya didasarkan pada perubahan resistansi listrik tanah seiring dengan perubahan kadar air di dalamnya; semakin basah tanah, semakin rendah resistansi sensor ini. Dengan struktur fisik yang mencakup dua probe atau pin logam yang dimasukkan ke dalam tanah, sensor ini mampu memberikan nilai resistansi atau tegangan sebagai keluaran, yang kemudian dapat diubah menjadi persentase kelembapan. Sensor ini umumnya memiliki rentang pengukuran kelembapan tanah antara 0 hingga 100%, dan perlu dikalibrasi untuk memastikan akurasi pembacaan. Sensor ini biasanya diaplikasikan untuk:

1. Biasanya digunakan untuk mengukur atau memperkirakan jumlah air dalam tanah
2. Digunakan untuk merancang sistem irigasi yang canggih untuk membantu dan menghasilkan tanaman yang lebih baik.
3. Digunakan untuk membantu pengairan dan peneliti pertanian dalam menentukan apa yang terjadi di zona perakaran suatu tanaman/vegetasi [23].

Nama Pin	nomor pin.	Keterangan
VCC	1	Pin Vcc memberi daya pada modul, biasanya dengan +5V
GND	2	Tempat Catu Daya
MELAKUKAN	3	Pin Keluaran Digital untuk Keluaran Digital
AO	4	Pin Keluar Analog untuk Output Analog

**Gambar 2.6 Spesifikasi Sensor Kelembapan Tanah FC-28 [24].**

Gambar 2.6 menunjukkan spesifikasi sensor kelembapan tanah FC-28. Ini memiliki tegangan input 3.3V atau 5V, tegangan output 0–4.2V, dan arus 35 mA. Selain itu, memiliki rentang nilai ADC 1024 dari 0–1023 bit. Sensor kelembapan tanah terdiri dari empat pin, yaitu A0, D0, VCC, dan GND. Ini digunakan untuk mengukur kadar volumetrik air dalam tanah dan terbuat dari nikel karena nikel memiliki konduktivitas terbaik. Dengan dua probe, modul ini mengalirkan arus melalui tanah dan kemudian membaca resistansi tanah untuk mengetahui tingkat kelembapan. Tanah yang basah memiliki resistansi yang lebih kecil, yang membuatnya lebih mudah menghantarkan listrik. Tanah yang kering memiliki resistansi yang lebih besar, yang membuatnya lebih sulit menghantarkan listrik. FC-28 menawarkan fitur perlindungan yang ditingkatkan seperti perlindungan ESD dan fitur perlindungan tegangan rendah. Probe sensor kelembapan FC-28 digunakan untuk melewati arus melalui tanah dan membaca resistansi untuk menghitung kelembapan. Probe emas imersi melindungi probe Nikel dari oksidasi. Jari-jari penginderaan modul tergantung pada kompleksitas desain modul itu sendiri. Sensor gelombang mikro pasif berbasis satelit akan mencakup wilayah yang sangat luas, sedangkan sensor hobi murah dari Tiongkok hanya dapat mencakup wilayah 20-30 cm. [24].



**Gambar 2.7 Sensor Kelembapan Tanah FC-28 [25]**

Gambar 2.7 menunjukkan sensor kelembapan tanah FC-28. Ini memiliki tegangan input sebesar 3.3V atau 5V, tegangan output sebesar 0–4.2V, dan arus sebesar 20 mA. Selain itu, memiliki rentang nilai ADC sebesar 1024 bit, yang berkisar dari 0–1023 bit. Sensor kelembapan tanah pada umumnya terdiri dari dua bagian, yaitu probe dan module. Sensor kelembapan tanah mencakup probe berbentuk garpu dengan dua konduktor terbuka yang dimasukkan ke dalam tanah atau di mana pun kadar air akan diukur. Probe ini bertindak sebagai resistor variabel, dengan resistansi yang bervariasi sesuai dengan kelembapan tanah. Modul merupakan modul elektronik yang menghubungkan probe ke *Arduino*. Modul menghasilkan tegangan keluaran berdasarkan resistansi probe, yang tersedia pada pin *Output Analog (AO)*. Sinyal yang sama diumpankan ke Komparator Presisi Tinggi LM393, yang mendigitalkannya dan membuatnya tersedia pada pin *Output Digital (DO)* [25].

Berikut merupakan spesifikasi lebih detail terkait sensor kelembapan tanah FC-28:

1. Tegangan operasi adalah 3.3 V hingga 5 V DC
2. Operasi Saat Ini adalah 15 mA
3. Digital Output sebesar 0 V hingga 5 V, dimana tingkat pemicu bisa disesuaikan dari preset
4. Output analog adalah 0V hingga 5V sesuai radiasi infra merah dari nyala api yang melalui sensor.
5. LED menampilkan output dan daya
6. Dimensi PCB adalah 3,2cm x 1,4cm
7. Desain berbasis LM393
8. Jenis *interface* analog
9. Suhu kerja berkisar antara 10°C dan 30°C.

Konfigurasi pin pada sensor kelembapan tanah FC – 28 [25] adalah:

1. Pin AO (*Analog Output*) memproduksi tegangan keluaran secara analog yang setara dengan nilai kelembapan tanah, sehingga tegangan yang lebih tinggi dihasilkan dengan tingkat kelembapan yang lebih rendah.

2. Pin DO (*Digital Output*) menunjukkan apakah tingkat kelembaban tanah berada dalam batas. DO menjadi RENDAH jika tingkat kelembaban melebihi nilai ambang batas (yang ditetapkan oleh potensiometer), dan TINGGI jika tidak.
3. GND merupakan pin *ground*
4. Pin VCC menyuplai daya ke sensor. Disarankan agar sensor diberi daya dari 3.3V hingga 5V. Harap diingat bahwa keluaran analog akan bervariasi tergantung pada tegangan yang disuplai ke sensor.

### 2.2.8 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu adalah alat yang digunakan untuk mengubah jumlah panas menjadi jumlah listrik yang dapat diukur dengan mudah. Sensor suhu, yang juga dikenal sebagai pendeteksi panas, biasanya dibuat dengan menggunakan material yang mengubah hambatannya terhadap arus listrik ketika suhunya meningkat. Sensor suhu DS18B20 adalah perangkat yang efisien dan andal untuk mengukur suhu dengan presisi tinggi. Prinsip kerjanya berdasarkan resistansi termistor yang berubah seiring perubahan suhu, memastikan akurasi pengukuran. [26].



**Gambar 2.8 Sensor DS18B20 [28]**

Gambar 2.8 adalah sensor suhu DS18B20 yang terdiri dari tiga buah kabel yaitu, kabel merah untuk VCC, kabel hitam untuk GND dan kabel kuning untuk pin Data.

Sensor DS18B20 adalah sensor digital yang menggunakan antarmuka satu kawat (*One-Wire*). Dengan rentang suhu pengukuran dari  $-55^{\circ}\text{C}$  hingga  $+125^{\circ}\text{C}$ ,

sensor ini menyediakan fleksibilitas dalam berbagai aplikasi. Resolusi suhu dapat diatur (9, 10, 11, atau 12 bit), memberikan opsi untuk tingkat detail yang berbeda. Akurasi sensor mencapai  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  pada rentang  $-10^{\circ}\text{C}$  hingga  $+85^{\circ}\text{C}$ . Sensor suhu DS18B20 hanya dapat berfungsi dengan satu kabel, atau bus 1-Wire. Protokol satu kabel, yang hanya memerlukan satu kabel untuk menghubungkan data dan tanah ke mikrokontroler, memungkinkan penggunaan satu kabel untuk mengoperasikan banyak sensor DS18B20 sekaligus. Setiap sensor memiliki alamat kode serial 64 bit unik yang membedakan mereka satu sama lain. Sensor dapat dikonfigurasi untuk memiliki resolusi hingga dua belas bit. Resolusi yang lebih tinggi memungkinkan lebih banyak detail suhu, tetapi memerlukan waktu konversi yang lebih lama [27].

Spesifikasi sensor suhu DS18B20 adalah [28]:

1. Tipe Sensor : Sensor Suhu Digital yang Dapat Diprogram
2. Tegangan Operasi : 3.3V – 5V
3. Arus Operasi : 1 A
4. Rentang pengukuran :  $-55^{\circ}\text{C}$  hingga  $+125^{\circ}\text{C}$  ( $-67^{\circ}\text{F}$  hingga  $+257^{\circ}\text{F}$ )
5. Ketelitian Alat :  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Ketelitian dalam pengukuran suhu  $-10^{\circ}\text{C}$  hingga  $+85^{\circ}\text{C}$
6. Resolusi berbasis program : 9 bit hingga 12 bit (Dapat Dipilih)
7. Waktu Konversi :  $<750\text{ms}$
8. Probe Penginderaan : Tabung Stainless Steel
9. Ukuran Probe Sensor : Panjang 45mm, Diameter 6mm
10. Ukuran kabel : Panjang 91cm, Diameter 4mm
11. Rentang suhu pengukuran:  $-55^{\circ}\text{C}$  hingga  $+125^{\circ}\text{C}$
12. Resolusi suhu dapat diatur (9, 10, 11, atau 12 bit)
13. Akurasi:  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  ( $-10^{\circ}\text{C}$  hingga  $+85^{\circ}\text{C}$ )
14. Tegangan operasional: 3.0V hingga 5.5V
15. Konsumsi daya rendah: kurang dari 1mW selama konversi suhu

Konfigurasi pin pada sensor suhu DS18B20 adalah [28]:

1. Pin 1 (GND) : ini adalah pin Ground sensor, dihubungkan ke terminal GND mikrokontroler.
2. Pin 2 (VCC) : ini adalah pin Catu Daya sensor, perlu dihubungkan ke terminal 3.3V atau 5V mikrokontroler/mikroprosesor.

3. Pin 3 (Data) : ini adalah pin keluaran. Memberikan output menggunakan metode satu kabel yang harus dihubungkan ke pin digital pada mikrokontroler/mikroprosesor.

### 2.2.9 Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Enviroment*) adalah software yang memungkinkan Anda membuat sketsa pemrograman, atau dengan kata lain, menggunakan Arduino IDE untuk melakukan pemrograman pada board yang ingin diprogram. Anda dapat mengedit, membuat, mengupload, dan mengkodekan program tertentu dengan library C/C++ (wiring). Sketch merupakan koding yang ditulis memakai Arduino IDE. Sketch mempunyai ekstensi file.ino, dan proses penulisan koding menggunakan penulisan struktur dasar. Beberapa keuntungan Arduino IDE adalah sebagai berikut [29]:

1. Software Arduino bisa diterapkan untuk beragam sistem operasi, seperti *Windows, Macintosh OSX, dan Linux*, sementara platform lain biasanya terbatas pada *Windows*.
2. Mudah dipelajari dan diterapkan karena bahasa yang dipakai dalam menuliskan koding Arduino adalah bahasa C.
3. Hardware dan software Arduino adalah *open source*.
4. Mempunyai barisan koding yang dapat digunakan pada Arduino, yaitu *Ethernet, shield GSM/GPRS, kartu SD dan GPS*.



**Gambar 2.9 Software Arduino IDE [29]**

Gambar 2.9 merupakan tampilan *software* Arduino IDE. Arduino IDE memiliki menu dengan fungsi sendiri-sendiri.

Fungsi dari menu-menu tersebut diantaranya :

- 1 *Verify* memiliki fungsi mengkompilasi program, *New* memiliki fungsi dalam pembuatan koding baru,
- 2 *Open* memiliki fungsi membuka koding yang terdapat pada sistem *file*,
- 3 *Save* memiliki fungsi untuk penyimpanan koding,
- 4 *Upload* memiliki fungsi untuk menyalin hasil koding dari komputer dimasukkan ke dalam memori pada *board* Arduino dan *Serial Monitor* memiliki fungsi dalam menampilkan hasil koding yang disimpan pada memori Arduino [29].

### 2.2.10 Delay

Jumlah waktu yang dibutuhkan oleh data untuk menghitung jarak dari awal ke tujuan disebut *delay*. *Delay* dapat diakibatkan oleh jarak, waktu proses yang lama atau media fisik. *Delay* adalah salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas layanan dalam jaringan, dan manajemen *delay* menjadi aspek utama untuk menentukan kualitas jaringan pada saat melakukan transmisi data. Propagasi *delay* bersifat fisik dan bergantung pada jarak antara sumber dan tujuan. Semakin jauh jaraknya, semakin besar *propagation delay*. Persamaan perhitungan *Delay* sebagaimana ditunjukkan pada rumus di bawah ini [30].

$$Delay = \text{waktu paket diterima} - \text{waktu paket dikirim} \quad (2.1)$$

**Tabel 2.3 Kategori Delay Berdasarkan ITU-T**

<b>Kategori Delay</b>	<b>Besar Delay</b>
Very Good	<150 ms
Good	150 ms s.d. 300 ms
Enough	300 ms s.d. 450 ms

### 2.2.11 Akurasi dan Error

Akurasi merupakan derajat kedekatan antara nilai sensor dengan nilai alat pembanding [31]. Akurasi dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

$$\text{Akurasi} = \left[ 1 - \left| \frac{\text{pengukuran sensor} - \text{pengukuran alat pembanding}}{\text{pengukuran alat pembanding}} \right| \times 100\% \right] \quad (2.2)$$

*Error* adalah selisih nilai sensor dengan nilai alat pembanding [31]. *Error* dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

$$\text{Error} = \left| \frac{\text{pengukuran sensor} - \text{pengukuran alat pembanding}}{\text{pengukuran alat pembanding}} \right| \times 100\% \quad (2.3)$$