

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh [7]. Pada penelitian ini membahas mengenai sistem yang dapat mengurus tanaman hidroponik secara otomatis. Perancangan alat elektronik menggunakan mikrokontroler arduino mega yang memperoleh *input* dari sensor-sensor yang digunakan, dan diproses dengan arduino mega dengan metode pengaturan air bersih dan nutrisi secara otomatis. Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor jarak dan sensor *TDS*. Sensor jarak digunakan untuk proses pengisian air, jika air telah mengenai batas maka pompa air untuk pengisian air bersih berhenti. Sedangkan sensor *TDS* digunakan untuk mengetahui besarnya ppm campuran antara air dengan nutrisi pada bak penampung.

Penelitian yang dilakukan oleh [8]. Pada penelitian ini membahas mengenai sistem kontrol untuk tanaman bayam secara hidroponik dengan teknik *Nutrient Film Technique* (NFT). Metode ini memiliki kelebihan yaitu memanfaatkan air yang tersirkulasi sebagai media tanam agar memperoleh air, nutrisi dan oksigen sehingga mampu mempercepat pertumbuhan tanaman dengan hasil yang baik. Salah satu parameter terpenting dari metode ini adalah mempertahankan pH nutrisi yang dipantau secara berkala. Untuk itu dibuatlah alat pengatur pH secara otomatis berbasis arduino nano dan sensor pH dengan metode *Fuzzy Logic Controller* (FLC). Adapun sistem kontrol yang digunakan adalah arduino nano dengan Analog pH Meter Kit sebagai masukan, serta motor servo yang dikombinasikan dengan ball valve sebagai aktuator. Jika $pH < 6,6$ maka arduino nano akan mengontrol motor servo yang mengendalikan bukaan ball valve tangki larutan basa (pH *DOWN*) dan jika $pH > 7,6$ maka arduino nano akan mengontrol motor servo yang akan mengendalikan bukaan ball valve untuk tangki larutan asam (pH *up*). Hasil respon terbaik dari implementasi *Fuzzy Logic Controller* terdapat pada sistem yang memiliki pembukaan sudut servo 60 (buka sedikit) dengan *rise time* 40 detik dan *time setting* pada waktu ke 126 detik untuk menaikkan pH. Sedangkan untuk menurunkan pH, *rise time* diperoleh selama dua

kali yaitu selama 61 detik dan aktifitas sistem yang kedua selama 4 detik dan *time* setting pada waktu 125 detik. Sistem mampu mempertahankan pH sebesar 6,6-7,6 dengan hasil pertumbuhan bayam setinggi 24,8 cm dan banyak daun 13 helai selama 14 hari.

Penelitian yang dilakukan oleh [9]. Pada penelitian ini membahas mengenai alat yang dapat mengatur pengairan otomatis dengan parameter waktu, kelembaban suhu dan pH air pada tanaman sayuran yang ditanam dengan sistem hidroponik. Pada sistem penyiraman tanaman otomatis ini menggunakan mikrokontroler atmega328p dalam platform arduino uno yang digunakan sebagai komponen utama dalam sistem pengendali. Sementara itu sistem penyiraman tanaman otomatis ini menggunakan sensor rtc ds3231 untuk menentukan waktu pada sistem. Kemudian sensor dht11 digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembaban udara ruangan. Dan sensor pH meter digunakan untuk mengetahui pH air nutrisi sebelum dialirkan.

Penelitian yang dilakukan oleh [10]. Pada penelitian ini membahas mengenai sistem yang digunakan sebagai pengontrol ketinggian air dan dapat menyiram tanaman pada wadah hidroponik. Apabila ketinggian air 5 – 30 cm yang disesuaikan dengan ukuran wadah tanaman hidroponik alat tidak akan menyiram dan apabila ketinggian air di bawah 5 cm maka alat akan melakukan penyiraman tanaman. Dalam penelitian ini menggunakan sensor soil moisture atau lebih dikenal dengan sensor kelembaban, sensor ini digunakan untuk mendeteksi kelembaban tanah dengan menggunakan mikrokontroler.

Penelitian yang dilakukan oleh [11]. Pada penelitian ini membahas . Sistem penyiraman otomatis yang dapat memantau kondisi lingkungan tanaman dengan menggunakan protokol MQTT dapat dirancang sebagai sistem yang dapat memantau kondisi lingkungan tanaman secara jarak jauh dan waktu nyata. Sistem ini dibuat menggunakan sensor DHT11 yang berfungsi untuk membaca suhu dan juga sensor YL-69 yang berfungsi untuk membaca kelembaban tanah. DHT11 membaca suhu dengan nilai antara 0 – 50 C. Semakin tinggi nilai *output* sensor suhu maka suhu akan semakin panas, apabila nilai *output* sensor suhu semakin rendah maka suhu akan semakin dingin. Untuk sensor YL-69 dapat membaca nilai dari kelembaban tanah yang memiliki rentang antara 0 – 1023. Semakin tinggi

nilai *output* sensor kelembapan tanah maka kondisi tanah akan semakin kering, apabila nilai *output* sensor kelembapan tanah semakin rendah maka kondisi tanah semakin lembap. Sensor tersebut dikirim menuju server oleh mikrokontroler ESP32s. Pengiriman data menggunakan modul *Wi-Fi* ke server Node-RED. Data dari hasil pembacaan sensor diolah dengan metode fuzzy logic Sugeno untuk mendapatkan keluaran jenis penyiraman. Semua data pada server ditampilkan pada web server *Dashboard* Node-RED dalam bentuk teks, grafik dan juga kondisi waktu nyata.

Penelitian yang dilakukan oleh [12]. Pada penelitian ini membahas mengenai sistem penyaluran nutrisi hidroponik yang dapat di kontrol dengan perangkat lain seperti *Smartphone* yang dapat dilakukan melalui komunikasi wireless seperti *Bluetooth*, modul *Wifi* (ESP8266) dan lain-lain. Konsep kontrol secara *wireless* bisa diterapkan pada pertanian baik pertanian konvensional (media tanah) maupun pertanian hidroponik serta merancang dan membangun sebuah sistem prototipe berdasarkan kebutuhan tanaman hidroponik menggunakan komunikasi dari Arduino NodeMCU. Alat yang dirancang bertujuan agar bisa bekerja secara otomatis melalui komunikasi berbasis *Internet of Things (IoT)*. Kendali alat secara manual tentunya menggunakan bantuan aplikasi dari perangkat android yang dibuat menggunakan *APP Inventor*.

Penelitian yang dilakukan oleh [13]. Pada penelitian ini membahas tentang sistem yang dapat memberikan nutrisi pada tanaman hidroponik secara otomatis yang dapat dikontrol melalui jaringan *wifi* yang terhubung dengan NodeMCU sebagai pengendali. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sensor pH MPS340 dan sensor suhu DS18B20 yang berfungsi untuk mengetahui pH dan suhu air yang digunakan pada tanaman hidroponik. Sistem kendali utama menggunakan Node MCU yang terintegrasi dengan modul *WiFi* ESP8266 untuk terhubung ke jaringan internet. Adapun sebuah aktuator yang digunakan yaitu *solenoid valve*.

Penelitian yang dilakukan oleh [14]. Pada penelitian ini membahas mengenai sistem yang dapat menambahkan nutrisi otomatis. Pembuatan sistem nutrisi otomatis pada tanaman hidroponik dengan memanfaatkan berbagai sensor dan melakukan pemantauan perkembangan tanaman hidroponik secara jarak jauh

melalui internet untuk melihat unjuk kerja dari teknologi IoT dalam melakukan kontrol dan monitoring. Sensor yang digunakan adalah sensor suhu DS18B20 dan sensor pH MSP340. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 sebagai pengontrol atau sistem kendali utama.

Pada penelitian ini, terdapat perbedaan dengan penelitian sebelumnya di mana otomasi hidroponik dibuat menggunakan sistem vertikal dan dilengkapi dengan tiga sensor. Sensor pH digunakan untuk mengukur kadar pH dalam air, memastikan kondisi air sesuai dengan kebutuhan tanaman. Sensor TDS berfungsi untuk mengukur kadar zat terlarut dalam air. Selain itu, sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur jarak air yang ada pada bak penampung, membantu dalam pengaturan otomatis tingkat air yang optimal untuk sistem hidroponik. Metode yang digunakan adalah sistem pakar *forward chaining* yang berfungsi untuk mengatur otomasi pada sistem serta dapat dimonitoring melalui platform blynk. Kombinasi dari ketiga sensor ini memungkinkan sistem untuk berfungsi secara otomatis dan dapat dipantau melalui *smartphone*.

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Selada (*Lactuca Sativa L.*)

Famili *compositae* dari genus *Lactuca* mencakup tanaman selada (*Lactuca Sativa L.*). Selada adalah tanaman semusim *polimorf*, yang berarti memiliki banyak bentuk, terutama bentuk daunnya. Selada telur, daun, rapuh, dan batang adalah empat jenis selada yang dikenal. Selada daun adalah jenis yang banyak ditanam di dataran rendah. Selada biasanya dimakan mentah (juga disebut lalap), dibuat salad, atau dimasak dalam berbagai jenis masakan Eropa dan Cina. Selada jarang disayur karena rasanya menjadi kurang enak. Selada mengandung banyak gizi, terutama mineralnya [15].



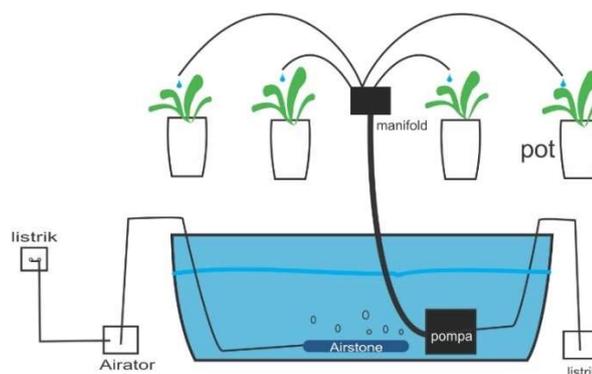
Gambar 2.1 Selada

Gambar 2.1 adalah selada, ada banyak antioksidan dalam selada, termasuk betakarotin, folat, dan lutein, juga indol yang berkhasiat yang melindungi tubuh dari serangan kanker. Kandungan serat alaminya dapat membantu menjaga kesehatan usus. Ada banyak bahan kimia di dalamnya, termasuk air, kalori, protein, lemak, karbohidrat, kalsium, fosfat, besi, dan vitamin A dan B1 [16].

Menurut laman data komposisi pangan Indonesia dari kementerian kesehatan Republik Indonesia pada 100 gram selada, ada banyak zat gizi, terutama mineral. Ada kalori 15,00 kal, protein 1,20 gram, lemak 0,2 gram, karbohidrat 2,9 gram, kalsium 22,00 mg, fosfor 25 mg, besi 0,5 gram, vitamin A 540 SI, vitamin B 0,04 mg, dan air 94,80 gram [17].

2.2.2 Sistem Hidroponik

Hidroponik berasal dari kata Yunani *hydro*, yang berarti air, dan *ponos*, yang berarti daya. Budidaya tanaman yang memanfaatkan air dan tanpa menggunakan tanah sebagai media dikenal sebagai hidroponik. Setiap tanaman dapat tumbuh dengan baik tanpa media tanah jika memenuhi kebutuhan nutrisi (unsur hara). Selain nutrisi, perlu mempertimbangkan kebutuhan akan oksigen, air, dan sinar matahari. Tanaman hidroponik memiliki banyak keuntungan, seperti ramah lingkungan, hemat air karena hanya membutuhkan 1/20 air tanaman biasa, efisiensi tenaga dan waktu, dapat ditanam di mana saja, pertumbuhan tanaman lebih cepat, dan kualitas hasil tetap terjaga, dan tidak mengenal musim. Terdapat beberapa tipe sistem hidroponik diantaranya *drip system* (sistem tetes), *Ebb and flow* (*flood and drain*), *NFT* (*nutrient film technique*), *deep water culture*, *aeroponic*, dan *wick system* (sistem sumbu). Selain itu sistem hidroponik bisa juga terdiri kombinasi satu atau lebih dari sistem tersebut [18].



Gambar 2.2 Sistem Irigasi Tetes

Gambar 2.2 adalah sistem irigasi tetes, sistem hidroponik yang paling sering digunakan. Sistem operasinya sederhana, dengan *timer* yang mengatur kerja pompa air. Saat pompa air dihidupkan, pompa air meneteskan nutrisi ke masing-masing tanaman [19]. Air irigasi diberikan secara bertahap dalam bentuk aliran tipis atau semprotan kecil atau dengan tetesan terputus-putus. Salah satu perubahan pada sistem irigasi tetes ini adalah penerapan pipa berlubang tanpa menggunakan bagian emiter dan penetes. Tanaman ditopang dengan menggunakan media tanam lain selain tanah, seperti *cocopeat* (serbuk sabut kelapa), sekam bakar, batu zeolit, arang, pasir, dan lain-lain [20]. Pompa yang disiapkan di dalam wadah akan memompa cairan nutrisi melalui selang irigasi sesuai jadwal yang telah diatur. Cairan nutrisi yang tidak terserap oleh tanaman akan turun kembali ke wadah penampung cairan.

2.2.3 Hidroponik Vertikultur

Vertikultur berasal dari dua kata bahasa Inggris, vertikal, yang berarti tegak lurus atau menurun, dan kultur, yang berarti pemeliharaan. Oleh karena itu, vertikultur dapat diartikan sebagai teknik pemeliharaan atau budidaya tanaman dengan pola vertikal (tegak lurus). Vertikultur adalah sistem budidaya pertanian yang dilakukan secara vertikal atau bertingkat, baik di dalam maupun di luar ruangan. Konsep penghijauan ini cocok untuk lingkungan perkotaan dan lahan yang terbatas [21].



Gambar 2.3 Hidroponik Vertikultur

Pada gambar 2.3 merupakan contoh budidaya menggunakan sistem hidroponik vertikultur. Pertanian vertikultur mengubah cara dalam memanfaatkan ruang dan memaksimalkan produksi tanaman dalam ruang terbatas. Hal ini sangat penting dalam lingkungan perkotaan di mana lahan pertanian terbatas [22].

Pertanian vertikultur memiliki banyak manfaat, seperti penghematan ruang, pengurangan erosi tanah, dan peningkatan produktivitas tanaman. Karena pertanian vertikultur sering dilakukan dalam wadah yang lebih kecil, penggunaan air menjadi faktor kunci. Pada sistem hidroponik vertikultur memerlukan teknik penyiraman yang efisien, penggunaan sistem irigasi, dan penghematan air [23].

2.2.4 Larutan Nutrisi

Larutan nutrisi terdiri dari zat-zat yang diperlukan tanaman. Dalam teknik hidroponik, pupuk padat yang disebut AB mix biasanya digunakan sebagai larutan nutrisi, yang kemudian dilarutkan dengan jumlah air yang disarankan oleh pembuatnya. Secara umum, campuran pupuk AB mengandung hara makro dan mikro yang diperlukan tanaman. Hara makro seperti N, P, K, Ca, Mg, S, dan hara mikro seperti Cu, Mn, Zn, dan Besi diperlukan tanaman untuk melakukan proses metabolisme. Dengan demikian, tanaman dapat tumbuh dan berkembang.



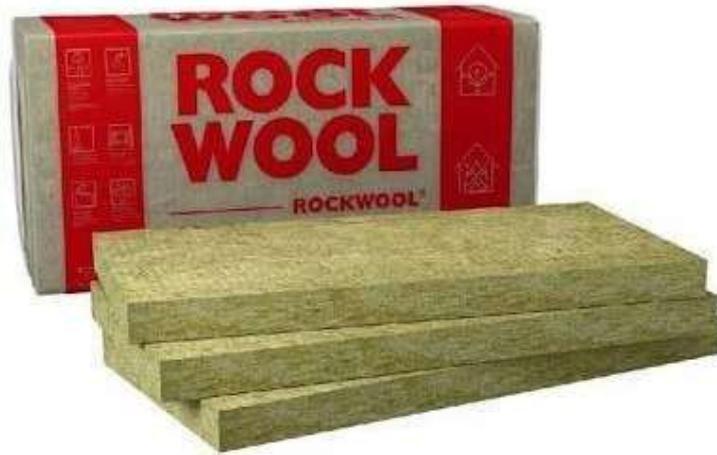
Gambar 2.4 Nutrisi AB MIX

Dalam budidaya hidroponik, salah satu faktor yang harus diperhatikan adalah konsentrasi larutan nutrisi yang digunakan. Ini karena tingkat konsentrasi hara yang berbeda untuk setiap tanaman. Kepekatan zat-zat dalam larutan nutrisi ditunjukkan oleh konsentrasi larutan nutrisi; larutan nutrisi dengan kepekatan terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menghambat pertumbuhan tanaman [24].

2.2.5 Rockwool

Rockwool adalah media tanam yang umum digunakan dalam hidroponik dan membantu tanaman memperoleh nutrisi yang optimal. Ini karena media tanam ini dapat mempertahankan air yang terkandung di dalamnya. Media tanam ini juga membantu tumbuhan beberapa hal, seperti memperkuat dinding sel, mendorong

pertumbuhan akar dengan meningkatkan proses *enzimatis* dan hormonal, dan melindungi tumbuhan dari penyakit, hama, dan panas [25].



Gambar 2.5 Rockwool

Gambar 2.5 adalah *Rockwool*, yang terbuat dari batuan yang meleleh dan membentuk serat-serat, memiliki karakteristik ramah lingkungan. Struktur serat-serat memungkinkan penyerapan air, pupuk cair, dan udara, yang membantu pertumbuhan akar dan penyerapan nutrisi tanaman. *Rockwool* telah terbukti sebagai media tanam yang aman, praktis, ekonomis, dan sangat efektif [26].

2.2.6 Blynk

Blynk adalah platform yang dapat digunakan pada perangkat iOS atau Android untuk mengontrol modul Arduino, Rasbery Pi, Wemos, dan lainnya melalui internet. Aplikasi ini sangat mudah digunakan bahkan bagi orang baru. Aplikasi ini memiliki banyak fitur yang membuatnya lebih mudah digunakan. Cara membuat proyek di aplikasi ini sangat mudah, hanya dalam 5 menit dengan *drag and drop*. *Blynk* tidak terhubung ke papan atau module tertentu [27].



Gambar 2.6 Aplikasi Blynk

Gambar 2.6 merupakan logo blynk, aplikasi ini memungkinkan kita untuk mengontrol apapun dari jarak jauh sambil tetap terhubung ke internet. Ini adalah apa yang disebut sebagai *Internet of Things* atau *IOT*. Langkah pertama untuk menggunakan Blynk adalah proses registrasi. Setelah itu, aplikasi *smartphone* ini dapat digunakan untuk membuat perintah, tampilan, dan tombol setting penampil data yang diterima dari NodeMCU [28].

2.2.7 *Internet of Things*

Internet of Things (IoT), juga dikenal sebagai "Internet untuk Segala", mengacu pada jaringan objek fisik yang terhubung ke internet dan memiliki kemampuan untuk mengumpulkan dan bertindak berdasarkan data yang dikumpulkan oleh suatu benda atau perangkat. tanpa campur tangan manusia. Sensor, kamera, lampu, pintu otomatis, dan lainnya adalah beberapa contoh perangkat *Internet of Things (IoT)*. Ada banyak peluang untuk mengembangkan solusi teknologi cerdas dan aplikasi yang terkait yang dapat meningkatkan efisiensi, kenyamanan, dan keamanan dalam kehidupan sehari-hari berkat konsep *Internet of Things* [29].

Dasar kerja perangkat *Internet of Things* adalah bahwa item di dunia nyata diberi identitas unik, dapat diakui di sistem komputer, dan dapat diwakili dalam bentuk data di sistem komputer. Pada awal peluncuran *Internet of Things*, metode pengenalan yang digunakan untuk membuat objek dapat diidentifikasi dan dibaca oleh komputer termasuk kode batang (barcode), kode QR (*QR Code*), dan Identifikasi Frekuensi Radio (RFID). Dalam perkembangan, sebuah objek dapat diberi alamat IP dan menggunakan jaringan internet untuk berkomunikasi dengan objek lain yang memiliki alamat IP [30].

Internet of Things bekerja dengan menggunakan argumentasi pemrograman, yang memungkinkan sesama mesin terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan di mana pun. Kedua interaksi mesin tersebut terhubung melalui internet maupun jaringan lokal, sementara manusia hanya berfungsi sebagai pengatur dan pengawas operasi alat tersebut.

Barang apapun yang memiliki modul *Internet of Things (IoT)* terpasang di dalamnya dapat dianggap sebagai *IoT Device*. Modul ini biasanya terdiri dari empat komponen utama [31].

1. Sensor berfungsi sebagai penerima dan pengumpul data tentang apa yang ingin dimonitor dikeluarkan. Misalnya, sensor suhu dapat mengumpulkan informasi tentang suhu dari kamera, *microphone*, dan sebagainya.
2. CPU atau komputer harus berbentuk laptop atau tower untuk membuat perangkat *IoT*. Perangkat komputer kecil, biasanya disebut single board computer, seperti *raspberry pi* atau arduino CPU, berfungsi sebagai pengolah data dan mengirimkannya ke perangkat lain untuk diolah.
3. Perangkat *IoT* berukuran kecil atau portable dan memiliki spesifikasi yang minim, maka sistem operasi yang terintegrasi diperlukan untuk nyawa dari sebuah perangkat *IoT*.
4. Jalur Komunikasi: Perangkat *Internet of Things* memerlukan jalur komunikasi untuk mengirim data yang telah diproses dari sensor ke user atau bahkan ke server pusat. Media komunikasi seperti *Bluetooth* atau *Wi-Fi* dapat digunakan untuk mengirim data dari lokasi yang jauh tanpa batasan waktu atau ruang.

2.2.8 NodeMCU ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System* dan merupakan penerus dari ESP8266. Salah satu kelebihanannya adalah memiliki *Wifi* dan *Bluetooth*, yang mempermudah pembuatan sistem *IoT* yang memerlukan koneksi nirkabel [32]. Mikrokontroler ESP32 merupakan mikrokontroler SoC (*System on Chip*) terpadu dengan dilengkapi *WiFi* 802.11 b/g/n, *Bluetooth* versi 4.2. ESP32 adalah chip yang cukup lengkap, terdapat prosesor, penyimpanan dan akses pada *General Purpose Input Output* (GPIO) [33].



Gambar 2.7 NodeMCU ESP32

Pada gambar 2.7 merupakan contoh gambar NodeMCU ESP32. ESP32 dinilai lebih baik daripada versi sebelumnya yaitu ESP8266. Beberapa kelebihan dari ESP32 antara lain :

1. Memiliki prosesor *dual-core* 32-bit yang jauh lebih kuat daripada prosesor 32-bit *single-core*.
2. Memiliki RAM 520KB dan memori flash 4MB, dibandingkan dengan ESP8266 yang memiliki RAM 80KB.
3. ESP32 memiliki 16 pin GPIO, sedangkan pada ESP8266 hanya memiliki 11 pin GPIO.
4. ESP32 memiliki fitur tambahan seperti sensor *Hall*, sensor sentuh kapasitif, dan ADC 12-bit.
5. Memiliki konektivitas yang lebih cepat, ini karena ESP32 memiliki wi-fi 802.11 b/g/n dengan kecepatan hingga 150Mbps. Dan memiliki bluetooth 4.2 BLE.

NodeMCU dengan tipe esp32 memiliki spesifikasi yang dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi NodeMCU

No	Atribut	Detail
1.	Model	NodeMCU ESP32
2.	Tipe	ESP32
3.	Processor	Tensilica LX6 <i>Dual-Core</i>
4.	Frekuensi	240 MHz
5.	SRAM	512 kB
6.	Memori	4 MB
7.	Standar Wireless	802.11 b/g/n
8.	Bluetooth	<i>Classic / LE</i>
9.	Voltase	3,3V (<i>via 5V-micro USB</i>)
10.	Max. Current Draw Per GPIO	40 mA
11.	Temperatur	-40° C hingga 125° C
12.	Dimensi	48 x 26 x 11,5 mm
13.	Berat	10 g

No	Atribut	Detail
14.	GPIO	32
15.	SPI	4
16.	I2C	2
17.	PWM	8
18.	ADC	18 (12-bit)
19.	DAC	2 (8-bit)

2.2.9 Arduino IDE

Arduino IDE adalah perangkat lunak yang perannya sangat penting untuk proses penulisan, kompilasi, dan pengunggahan program ke dalam memori mikrokontroler. Banyak proyek dan perangkat yang dikembangkan dengan bantuan Arduino, dan juga tersedia berbagai modul pendukung yang dapat diintegrasikan dengan perangkat Arduino, termasuk sensor, motor, layar, dan lainnya. Salah satu fitur utama yang membuat perangkat ini *fleksibel* adalah perangkat lunak ini memiliki sifat yang *open source*, baik dari segi perangkat keras maupun perangkat lunak lainnya [34].



Gambar 2.8 Arduino IDE

Selain itu, perangkat lunak Arduino IDE memiliki tiga buah komponen utama diantaranya :

1. Edit Program

Komponen ini digunakan untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa pemrograman yang berisikan perintah untuk sistem kendali.

2. *Compiler*

Komponen ini berfungsi sebagai pengubah bahasa pemrograman menjadi kode biner, karena hanya dengan mengubahnya kedalam kode biner maka program dapat dipahami oleh mikrokontroler.

3. Uploader

Komponen ini berfungsi untuk memasukkan kode biner ke dalam memori mikrokontroler.

2.2.10 Sensor Nutrisi (TDS)

Sensor adalah perangkat yang dapat mendeteksi perubahan pada besaran fisik seperti tekanan, gaya, listrik, cahaya, gerakan, kelembaban, suhu, kecepatan, dan fenomena lingkungan lainnya. Setelah mendeteksi perubahan, sensor mengubah *inputnya* menjadi *output* yang dapat dipahami oleh manusia. *Output* ini dapat diterima langsung dari sensor itu sendiri atau dikirim secara elektronik melalui jaringan untuk ditampilkan atau diproses [35].



Gambar 2.9 Sensor TDS

TDS adalah kepanjangan dari *Total Dissolve Solid*, dalam bahasa Indonesia berarti jumlah zat padat yang terlarut dalam air. *TDS* meter adalah alat untuk mengukur tingkat larutan nutrisi dalam air yang digunakan sebagai media tanam pada tanaman hidroponik. Sensor *TDS* mengukur tingkat kepadatan larutan air. Nilai *TDS* yang lebih tinggi menunjukkan bahwa larutan memiliki tingkat kepadatan yang lebih tinggi, sedangkan nilai *TDS* yang lebih rendah menunjukkan bahwa larutan memiliki tingkat kepadatan yang lebih rendah atau sama sekali tidak ada[36]. Kadar jumlah zat padat yang terlarut dalam air yang baik untuk tanaman selada adalah 500ppm hingga 700ppm [37]. Spesifikasi sensor tds dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor TDS

No.	Atribut	Detail
1.	Tegangan Input	3.3 V – 5.5 V

2.	Tegangan Output	0 – 2.3 V
3.	Arus Kerja	3 – 6 mA
4.	Pengukuran TDS	0-1000ppm
5.	Akurasi	± 10% F.S. (25°C)
6.	Dimensi	42 x 32 mm
7.	Panjang probe	83 cm
8.	Tipe Output	Tegangan Analog

Pada tabel 2.3 terdapat tabel yang menjelaskan spesifikasi dari sensor TDS yang digunakan dengan menggunakan tegangan catu daya sebesar 3.3V sampai 5.5V, tegangan output 0 hingga 2.3V, dengan arus kerja 3mA hingga 6mA. Untuk mengetahui *error*, akurasi, dan rata rata *error* dari sensor dibutuhkan persamaan :

$$Error(\%) = \left| \frac{\text{Data Sensor} - \text{Data Alat Pemanding}}{\text{Data Sensor}} \right| \times 100 \quad \mathbf{2.1}$$

Keterangan :

1. *Error* : persentase kesalahan antara data yang diukur oleh sensor dan data yang diukur oleh alat pembanding.
2. Data Sensor : Nilai yang diukur oleh sensor yang sedang dievaluasi.
3. Data Alat Pemanding :Nilai alat pembanding yang dianggap lebih akurat atau sebagai referensi.
4. Nilai Mutlak $|\cdot|$: Penggunaan nilai mutlak memastikan bahwa kesalahan dihitung sebagai nilai positif, terlepas dari apakah pengukuran sensor lebih besar atau lebih kecil daripada pengukuran referensi.

Pada persamaan 2.1 ini memberikan ukuran kesalahan relatif dalam bentuk persentase, menunjukkan seberapa jauh pengukuran sensor menyimpang dari pengukuran alat pembanding [38].

$$Akurasi (\%) = 100\% - Error\% \quad \mathbf{2.2}$$

Keterangan :

1. Akurasi (%): Persentase yang menunjukkan seberapa akurat sensor tersebut dalam pengukurannya. Dengan mengurangi persentase kesalahan dari 100%, didapatkan persentase akurasi.
2. Error (%): Ini adalah persentase kesalahan yang didapat melalui persamaan 2.1.

Pada persamaan 2.2 ini mengasumsikan bahwa semakin kecil nilai error, semakin tinggi akurasi, dan sebaliknya. Jika error 0%, berarti akurasi adalah 100%, yang menunjukkan bahwa pengukuran sensor dan alat pembanding identik. Sebaliknya, jika error meningkat, akurasi akan menurun [38].

$$\text{Rata-rata } Error(\%) = \frac{\text{Jumlah } Error}{\text{Banyak Percobaan}} \quad 2.3$$

Keterangan :

1. Rata-rata *Error* : rata-rata persentase kesalahan dari beberapa percobaan atau pengukuran.
2. Jumlah *Error* : Total dari semua persentase kesalahan yang dihitung dari setiap percobaan atau pengukuran.
3. Banyak Percobaan: Jumlah total percobaan atau pengukuran yang dilakukan.

Pada persamaan 2.3 terdapat persamaan untuk menentukan rata-rata kesalahan dari serangkaian pengukuran atau percobaan, memberikan gambaran keseluruhan tentang kinerja sensor atau alat yang sedang dievaluasi [38].

2.2.11 Sensor pH Air

Sensor pH air adalah sensor yang digunakan untuk mengukur tingkat asam-basa suatu larutan. Alat ini digunakan untuk mengukur derajat keasaman (pH) suatu larutan, apakah larutan tersebut tergolong asam, basa atau netral. Nilai pH standar berkisar antara 0 hingga 14 dan jika air dikatakan netral digambarkan sebagai angka 7. Nilai pH di atas 7 menunjukkan bahwa zat tersebut memiliki alkalinitas yang lebih tinggi, sedangkan nilai pH di bawah 7 menunjukkan bahwa zat tersebut lebih asam [39].



Gambar 2.10 Sensor pH Air

Pada gambar 2.10 merupakan contoh pH meter, yaitu alat untuk mengukur kadar pH didalam air yang menggunakan sensor ph. Kadar pH dalam air yang baik untuk pertumbuhan tanaman selada secara hidroponik adalah 5,5 hingga 6,5 [40].

Tabel 2.3 Spesifikasi Sensor pH

NO.	Atribut	Detail
1.	Tegangan Catu Daya	5 V DC
2.	Rentang Pengukuran	0 – 14 pH
3.	Suhu Pengukuran	0 – 60° C
4.	Akurasi	± 0.1pH (25° C)
5.	Waktu Respon	≤ 1 menit
6.	Konektor	BNC
7.	Dimensi	43 x 32 mm

Pada tabel 2.3 terdapat tabel yang menjelaskan spesifikasi dari sensor pH yang digunakan dengan menggunakan tegangan catu daya sebesar 5V DC dapat mengukur kadar pH dengan rentang pengukuran 0-14pH.

2.2.12 Sensor Ultrasonik (HC-SR04)

Sensor ultrasonik dapat mengubah besaran fisis, atau bunyi, menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Karena menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik), sensor ini disebut sebagai sensor ultrasonik karena memanfaatkan pantulan gelombang suara untuk menentukan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu [41]. HC-SR04 adalah salah satu sensor ultrasonik yang paling umum.



Gambar 2.11 Sensor Ultrasonik

Sebuah alat yang disebut piezoelektrik digunakan pada sensor ultrasonik untuk menghasilkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi tertentu. Ketika alat

piezoelektrik dihubungkan ke sensor dengan listrik, ia akan menghasilkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi sekitar 40 kHz, yang dapat digunakan bersamaan dengan osilator [42]. Spesifikasi sensor ultrasonik dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor Ultrasonik

NO.	Atribut	Detail
1.	Nama	Ultrasonik
2.	Tipe	HC-SR04
3.	Jarak	2cm – 4m
4.	Tegangan Kerja	5V DC
5.	Frekuensi	40Hz
6.	Arus	15mA
7.	Dimensi	45 x 20 x 15 mm

Alat ini biasanya menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau target. Ketika gelombang menyentuh permukaan atau area target, itu akan memantulkan gelombang tersebut. Sensor akan menangkap gelombang pantulan dari target dan kemudian menghitung waktu antara gelombang yang dikirim dan gelombang yang diterima [43].

2.2.13 Aktuator

Dalam teknologi dan rekayasa, aktuator merujuk pada perangkat atau sistem yang bertanggung jawab untuk menggerakkan atau mengendalikan suatu proses atau mekanisme. Dengan kata lain, aktuator berfungsi sebagai pengubah energi yang diterimanya menjadi gerakan fisik yang diinginkan. Bergantung pada fungsi dan jenis sistem yang akan dikendalikan, aktuator dapat berupa perangkat hidrolik, pneumatik, elektromekanik, atau bahkan kombinasi dari semua teknologi tersebut [44].

2.2.14 Pompa Air

Pompa air adalah aktuator yang bekerja untuk memompa air agar dapat mengalir, pompa air digunakan untuk mengalirkan air didalam paralon hidroponik. Pada gambar 2.12 adalah gambar pompa air *submersible*.



Gambar 2.12 Pompa Air *Submersible*

Pompa air mini *submersible* menggunakan motor DC *brushless* dan bekerja dengan tegangan DC 5V 120L/jam. Pompa air mini ini aman saat digunakan di air dan dapat digunakan untuk kolam ikan, hidroponik, robotika, atau proyek yang membutuhkan mikrokontroler [45].

Tabel 2.5 Spesifikasi Pompa Air

No.	Atribut	Detail
1.	Jenis Pompa	Submersible DC
2.	Tegangan Kerja	3V - 5V
3.	Batas Tegangan	2.5V - 6V DC
4.	Konsumsi Arus	120 – 33- mA
5.	Konsumsi Daya	0.13 – 1.5 W
6.	Kapasitas	80 – 120L/H
7.	Dimensi	7.5mm / 0.3

Tabel 2.5 adalah spesifikasi pompa air *submersible*. Jenis pompa yang digunakan adalah submersible DC dengan tegangan kerja sebesar 3V sampai 5V, batas tegangan antara 2.5V sampai 6V tegangan DC, konsumsi arus sebesar 120 sampai 33mA, konsumsi daya sebesar 0.13W sampai 1.5W, kapasitas 80 sampai 120L/H, dan dengan dimensi 7.5mm / 0.3.

2.2.15 Motor DC

Motor DC atau motor arus searah adalah suatu mesin listrik yang dapat mengubah energi listrik yang berupa listrik arus searah menjadi energi mekanik. Energi mekanik tersebut berupa putaran dari rotor. Motor DC memerlukan suplai tegangan searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik atau energi gerak [46].

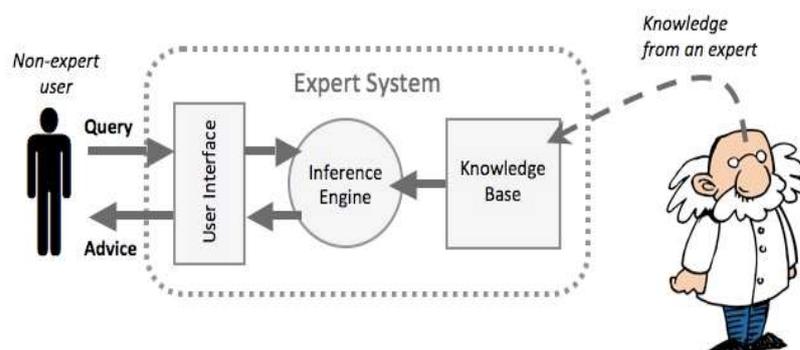


Gambar 2.13 Motor DC

Kumparan medan pada motor DC disebut stator yaitu bagian yang tidak berputar dan kumparan jangkar disebut rotor yaitu bagian yang berputar. Konsep kerjanya menggunakan prinsip elektromagnetik yaitu dengan memutar kumparan di dalam medan magnet atau memutar magnet di dalam kumparan untuk membangkitkan gaya gerak listrik (GGL) induksi [47].

2.2.16 Sistem Pakar

Sistem pakar (*expert system*) adalah sistem yang berusaha mengapdosikan pengetahuan manusia ke komputer, agar komputer dapat menyelesaikan masalah seperti yang biasa dilakukan oleh para ahli. Sistem pakar yang baik dirancang agar dapat menyelesaikan suatu permasalahan tertentu dengan meniru kerja dari para ahli [48]. Perancangan sistem pakar yang baik dilakukan agar dapat menyelesaikan suatu permasalahan tertentu dengan meniru pengetahuan dan kerja dari para pakar atau ahli. Dengan penggunaan sistem pakar yang dirancang, pengguna yang tidak memahami akan mendapatkan solusi dari suatu permasalahan yang rumit yang hanya bisa diselesaikan dengan bantuan pengetahuan dari para pakar atau ahli. Bagi para pakar atau ahli, sistem pakar juga akan membantu aktivitas sebagai asisten yang sangat berpengalaman [49].



Gambar 2.14 Ilustrasi Sistem Pakar

Pada gambar 2.14 terdapat gambar ilustrasi sistem pakar. Dimana sebuah sistem mengadopsi pengetahuan dari pakar ilmu pengetahuan dan pengguna dapat memanfaatkan sistem tersebut untuk membantu dalam kegiatan pengguna.

Pada dasarnya sistem pakar diterapkan untuk mendukung aktivitas pemecahan masalah. Beberapa aktivitas pemecahan masalah yang dimaksud seperti :

1. Interpretasi

Membuat kesimpulan atau deskripsi dari sekumpulan data mentah. Pengambilan keputusan dari hasil observasi, termasuk pengenalan ucapan, analisis citra dan interpretasi sinyal.

2. Prediksi

Memproyeksikan akibat-akibat yang dimungkinkan dari situasi-situasi tertentu. Contohnya adalah prediksi demografi dan prediksi ekonomi.

3. Diagnosis

Menentukan sebab malfungsi dalam situasi kompleks yang didasarkan pada gejala-gejala yang teramati diagnosis medis, elektronik dan mekanis.

4. Perancangan

Menentukan konfigurasi komponen-komponen sistem yang cocok dengan tujuan-tujuan kinerja tertentu yang memenuhi kendala-kendala tertentu. Contohnya adalah perancangan layout sirkuit dan perancangan bangunan.

5. Perencanaan

Merencanakan serangkaian tindakan yang akan dapat mencapai sejumlah tujuan dengan kondisi awal tertentu. Contohnya adalah perencanaan keuangan, dan militer.

6. Monitoring

Monitoring berfungsi untuk membandingkan hasil pengamatan dengan kondisi yang diharapkan.

7. *Debugging*

Menentukan dan menginterpretasikan cara-cara untuk mengatasi malfungsi.

8. Intruksi

Mendeteksi dan mengoreksi defisiensi dalam pemahaman domain subjek. Contohnya adalah melakukan instruksi untuk diagnosis dan *debugging*.

9. Kontrol

Mengatur tingkah laku suatu *environment* yang kompleks. Contohnya melakukan kontrol terhadap interpretasi, prediksi, perbaikan dan monitoring kelakuan sistem.

Ada beberapa metode sistem pakar, salah satunya adalah metode *Forward Chaining*. Metode *Forward Chaining* berarti menggunakan himpunan aturan kondisi-aksi. Dalam metode ini, data digunakan untuk menentukan aturan mana yang akan dijalankan, kemudian aturan tersebut dijalankan. Hal ini memungkinkan proses penambahan data ke memori kerja kemudian proses diulang sampai ditemukan suatu hasil [50].

Dalam desain aplikasi sistem pakar, *forward chaining* digunakan untuk melakukan proses penalaran atau penelusuran ke depan. Penelusuran ini dimulai dengan fakta-fakta yang diberikan oleh pengguna untuk dilakukan pengujian menggunakan aturan, yang berakhir pada kesimpulan yang didasarkan pada fakta-fakta yang ada. Dimulai dengan bagian sebelah kiri (*IF*), yang merupakan pencocokan fakta atau pernyataan, yang merupakan fakta (premis-premis) dari informasi yang akan dimasukkan ke komputer, kemudian mengarah ke kesimpulan atau informasi yang diperoleh (*THEN*) [51].

2.2.17 *Quality of Service (QoS)*

Quality of Service (QoS) merupakan sebuah mekanisme untuk mengukur dan mengelola kualitas layanan jaringan dengan memastikan layanan yang berkualitas kepada pengguna. Parameter utama yang digunakan dalam QoS adalah *Throughput*, *Delay*, dan *Packet Loss*. *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON)* menetapkan standar untuk QoS. Standar *Delay* QoS menurut *TIPHON* adalah:

Delay, atau latensi, adalah waktu tempuh paket data dari sumber ke tujuan. Besarnya *Delay* dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kepadatan trafik, dan

kerusakan media fisik [52]. Dalam menghitung rata rata delay dapat menggunakan persamaan :

$$\text{Rata rata Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket yang dikirim}} \quad 2.4$$

Keterangan :

1. Rata-rata *Delay* :
2. Total Delay: Jumlah keseluruhan waktu tunda yang dialami oleh semua paket yang dikirim.
3. Total Paket yang Dikirim: Ini adalah jumlah total paket data yang telah dikirimkan dalam jaringan atau sistem komunikasi selama periode pengukuran [52].

Tabel 2.6 Parameter *Delay*

Kategori <i>Latensi</i>	<i>Latensi</i> (ms)	<i>Indeks</i>
Sangat Bagus	<150 ms	4
Bagus	150 ms s/d 300 ms	3
Sedang	300 ms/ 450 ms	2
Buruk	>450 ms	1

Tabel 2.6 ini mengklasifikasikan tingkat latensi jaringan dalam satuan milidetik (ms), dibagi menjadi empat kategori: Sangat bagus (<150 ms), bagus (150-300 ms), sedang (300-450 ms), dan buruk (\geq 450 ms). Dengan memanfaatkan pengelompokan ini, tabel memberikan gambaran tentang tingkat keterlambatan atau latensi yang terukur dalam konteks masing-masing kategori latensi tersebut.