

BAB II

LANDASAN TEORI

1.1 Penelitan-Penelitian Sebelumnya

Telah dilakukan berbagai penelitian terkait hidroponik NFT oleh peneliti sebelumnya. Penelitian tersebut diantaranya meliputi pengontrolan ppm nutrisi dan pH pada hidroponik dengan sistem NFT. Tabel 2.1 merupakan tabel yang memberikan gambaran perbandingan berbagai penelitian sebelumnya.

Tabel 2.1 Perbandingan Berbagai Penelitian Sebelumnya

No	Penulis	Metode	Kelebihan	Kekurangan
1	D. R. Wati dan W. Sholihah [4]	Pemrograman terstruktur <i>if-else</i>	Alat ini dapat mengatur pH dan nutrisi pada tanaman selada hidroponik sesuai kadar yang telah ditentukan.	Tidak terdapat aktuator sebagai pengaduk pada tandon nutrisi dan tidak menerapkan metode fuzzy logic
2	A. Prasetyo dkk [1]	Pemrograman terstruktur <i>if-else</i>	Petani hidroponik dapat memantau hidroponiknya dari jarak jauh dengan menggunakan aplikasi Blynk pada Android.	Tidak terdapat aktuator sebagai pengaduk pada tandon nutrisi dan tidak menerapkan metode fuzzy logic.
3	M. Majid dkk [6]	Pengontrolan pH dan ppm nutrisi oleh operator secara manual	Secara umum, kondisi hidroponik mendorong pengurangan hari yang diperlukan untuk setiap siklus panen, yang berdampak pada beberapa tanaman per-tahun, yang mungkin signifikan secara komersial bagi produsen.	Melakukan pengukuran pH dan ppm nutrisi secara manual.

4	N. Insyani dkk [10]	PID Ziegler Nichols	Kontrol PID dengan nilai $K_p = 2.89$, $K_i = 0.06$ dan $K_d = 0$ telah berhasil diimplementasikan pada sistem hidroponik NFT dan menghasilkan nilai sesuai dengan set point yang bernilai 840 ppm	Tidak melakukan pengontrolan pH larutan nutrisi.
5	I. S. Nasution dkk [7]	Fuzzy Logic Mamdani	Hasil pengujian sistem logika fuzzy memiliki nilai overshoot sebesar 2,296% hingga 4,318% dan error sebesar 0,227% hingga 0,606% yang masih dalam batas wajar.	Tidak terdapat aktuatur sebagai pengaduk pada tandon nutrisi

1.2 Selada

Selada (*Lactuca sativa L.*) merupakan tanaman agronomi yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan memiliki kandungan gizi, serta merupakan prospek yang baik untuk gizi dan daya beli masyarakat [11]. Gambar 2.1 merupakan gambar dari tanaman selada.



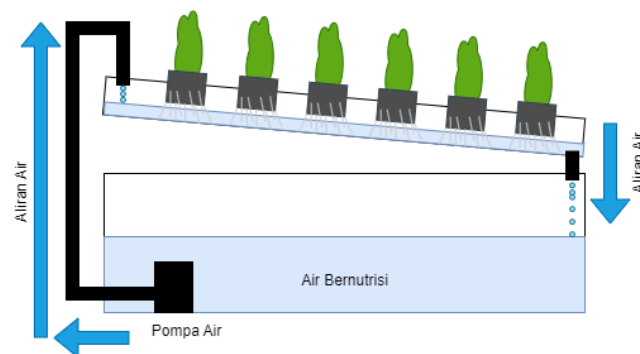
Gambar 2.1 Selada

Selada memiliki karakteristik daun berwarna hijau dengan tekstur bergelombang, namun ada juga berwarna merah berbentuk lebar dan tipis. Selada banyak mengandung antioksidan diantaranya betakarotin, lutein, dan folat serta mengandung indol yang berkhasiat melindungi tubuh dari kanker [11]. Selain

dengan menggunakan tanah sebagai teknik konvensional, menanam selada dapat juga menggunakan teknik hidroponik. Selada dengan teknik hidroponik NFT memerlukan rentang nutrisi antara 560-840ppm dan pH 6-7 agar menghasilkan tanaman yang perkembangannya optimal [4].

1.3 Hidroponik NFT

Hidroponik sistem NFT (*Nutrient Film Technique*) merupakan teknik hidroponik dengan menggunakan aliran nutrisi yang dangkal melalui pipa dengan teknik sebagian akar tanaman terendam aliran air nutrisi [3]. Gambar 2.2 merupakan contoh dari sistem NFT.



Gambar 2.2 Hidroponik NFT

Terdapat beberapa keuntungan dari penggunaan teknik hidroponik. Keuntungan dari penggunaan teknik ini adalah mengeliminasi serangan hama, cendawan, dan penyakit asal tanah sehingga dapat meniadakan penggunaan pestisida, mengurangi penggunaan area tanam, meningkatkan hasil panen serta menekan biaya produksi [12].

1.4 Cairan Nutrisi AB Mix

Nutrisi AB Mix merupakan nutrisi yang dapat digunakan dalam hidroponik. Nutrisi AB Mix tersedia dalam dua kemasan, Mix A mengandung kalsium, dan Mix B mengandung sulfat dan fosfat [13]. Gambar 2.3 merupakan gambar dari cairan nutrisi AB Mix yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2.3 Cairan Nutrisi AB Mix

Ketiganya tidak boleh dicampur dalam keadaan pekat agar tidak menghasilkan endapan [13]. Ini karena jika kation kalsium (Ca) dalam campuran A bertemu dengan anion sulfat (SO_4^{2-}) dalam Mix B, akan terjadi endapan kalsium sulfat (CaSO_4), sehingga unsur Ca dan S tidak dapat diserap oleh akar dan jika kation kalsium (Ca) dalam pekatan Mix A bertemu dengan anion fosfat (PO_4^{3-}) dalam Mix B, akan terjadi endapan kalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), sehingga unsur Ca dan P tidak dapat diserap oleh akar [13].

1.5 Cairan pH

Cairan pH biasanya digunakan petani untuk penambahan atau pengurangan nilai pH pada hidroponik. Cairan yang digunakan untuk menaikkan nilai pH yaitu pH up yang berisi larutan basa (10% *Kalium Hydroxide*) [4]. Untuk menurunkan nilai pH cairan yang digunakan yaitu pH down yang berisi larutan asam (10% *Nitric Acid*) [4]. Gambar 2.4 merupakan gambar dari cairan pH yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2.4 Cairan pH

1.6 ESP32 DEVKIT V1 DOIT

ESP32 Devkit V1 Doit adalah papan mikrokontroler berbasis ESP-WROOM-32. Papan mikrokontroler ini memiliki 25 pin digital input/output, 6 pin input analog, 2 pin output analog, 3 UART, 2 SPI, dan 3 I2C. Papan mikrokontroler ini memiliki *flash memory* sebesar 4MB, SRAM sebesar 520KB, dan *clock speed* hingga 240Mhz [14]. Gambar 2.5 menunjukkan gambar ESP32 Devkit V1 Doit yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2.5 ESP32 Devkit V1 Doit

Tabel 2.2 menunjukkan spesifikasi ESP32 Devkit V1 Doit.

Tabel 2.2 Spesifikasi ESP32 Devkit V1 Doit

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Tegangan Operasi	3,3V
2	Input Voltage (Disarankan)	5V
3	Pin Digital I/O	25
4	Pin Input Analog(ADC)	6
5	Pin Output Analog(DAC)	2

6	Flash Memory	4MB
7	SRAM	520KB
8	Clock Speed	240Mhz
9	Wi-Fi	2.4 GHz up to 150 Mbits/s
10	Bluetooth	BLE (<i>Bluetooth Low Energy</i>) dan <i>legacy Bluetooth</i>

1.7 Sensor TDS

Sensor TDS adalah sensor untuk mendeteksi TDS (*Total Dissolved Solids*) [15]. TDS menunjukkan berapa milligram padatan terlarut yang terlarut dalam satu liter air [15]. Nilai analog dari sensor TDS dapat dikonversi secara manual ke nilai TDS dengan rumus:

$$\text{tegangan} = \text{nilai analog} / \text{rentang ADC} \times AREF \quad (2.1)$$

Setelah mendapatkan nilai tegangan selanjutnya adalah mencari nilai EC (*Electrical Conductivity*) dengan rumus berikut:

$$EC = (133,42 \times \text{voltage}^3 - 255,86 \times \text{voltage}^2 + 857,39 \times \text{voltage}) \times 1 \quad (2.2)$$

Setelah mendapatkan nilai EC selanjutnya adalah melakukan perhitungan kompensasi temperatur. Berikut merupakan rumus dari kompensasi temperatur:

$$EC = EC / (1 + 0,02 \times (\text{suhu} - 25)) \quad (2.3)$$

Setelah mendapatkan nilai EC yang telah dikompensasi suhunya, selanjutnya adalah menghitung nilai TDS dengan rumus sebagai berikut:

$$TDS = EC \times 0,5 \quad (2.4)$$

Gambar 2.6 menunjukkan gambar dari sensor TDS yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2.6 Sensor TDS

Tabel 2.3 menunjukkan spesifikasi dari sensor TDS.

Tabel 2.3 Spesifikasi Sensor TDS

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Tegangan Masukkan	3,3~5,5V
2	Tegangan Keluaran	0~2,3V
3	Arus Kerja	3~6mA
4	Rentang Pengukuran	0~1000ppm
5	Akurasi Pengukuran	± 10% F.S. (25 °C)
6	Ukuran Modul	42 × 32mm
7	Antarmuka Modul	PH2.0-3P
8	Antarmuka Elektroda	XH2.54-2P
9	Jumlah Jarum	2
10	Panjang Total	83cm
11	Antarmuka Koneksi	XH2.54-2P
12	Warna	Hitam
13	Lainnya	Waterproof Probe

1.8 Sensor pH

Sensor pH adalah sensor untuk mendeteksi nilai pH (*Potential of Hydrogen*). PH merupakan ukuran keasaman atau basa dari suatu larutan yang memiliki skala dari 0 sampai 14 [16]. Nilai analog dari sensor pH dapat dikonversi secara manual ke nilai pH dengan rumus:

$$\text{nilaiPH} = -5,809 \times \text{teganganPH} + 21,727 \quad (2.5)$$

Nilai -5,809 dan 21,727 diperoleh dari persamaan linear saat melakukan kalibrasi sensor. Persamaan tersebut yaitu:

$$y = -5,809x + 21,727 \quad (2.6)$$

Dimana y = nilai pH dan x = nilai tegangan. Gambar 2.7 menunjukkan gambar dari sensor pH yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2.7 Sensor pH

Tabel 2.4 menunjukkan spesifikasi dari sensor pH yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor PH

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Tegangan operasi modul	5V
2	Arus kerja	5-10mA
3	Rentang deteksi	0-14pH
4	Waktu respon	$\leq 5s$
5	Waktu stabil	$\leq 60s$
6	Akurasi	$\pm 0,5pH$
7	Suhu operasi	0-60°C

1.9 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 merupakan sensor suhu digital 1-wire. Maksud dari 1-wire adalah hanya membutuhkan 1 pin jalur data untuk komunikasi [16]. Sensor ini memiliki rentang pengukuran suhu mulai dari -55°C sampai dengan +125°C dengan akurasi $\pm 0,5^\circ C$ dari -10°C sampai dengan +85°C [16]. Penelitian ini menggunakan sensor DS18B20 versi *waterproof*. Gambar 2.8 menunjukkan gambar sensor DS18B20 versi *waterproof*.



Gambar 2.8 Sensor Suhu DS18B20

Tabel 2.5 menunjukkan spesifikasi dari sensor DS18B20.

Tabel 2.5 Spesifikasi Sensor Suhu DS18B20

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Catu daya	3,0 – 5,5V
2	Rentang pengukuran	-55°C sampai +125°C
3	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ akurasi	dari -10°C sampai +85°C
4	Rosolusi termometer	9 to 12 bits
5	Konversi 12-bit suhu ke digital word	750ms (max)

1.10 Float Switch Water Level Sensor

Sensor ini memiliki pelampung magnetik yang dapat naik dan turun seiring perubahan level air. Pelampung magnetik bergerak dengan gaya gravitasi air, mengaktifkan saklar ketika level cairan mencapai level yang telah ditentukan[17]. Gambar 2.9 merupakan gambar dari float switch water level sensor.



Gambar 2.9 Float Switch Water Level Sensor

1.11 Relay

Relay termasuk saklar yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen elektromekanikal yang terdiri dari 2 bagian utama yaitu elektromagnet (koil) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar) [18]. Ketika arus mengalir melalui koil, akan membuat medan magnet disekitarnya berubah dan membuat posisi saklar berubah [19]. Gambar 2.10 merupakan gambar dari relay.



Gambar 2.10 Relay

1.12 Pompa Air

Pompa adalah peralatan listrik mekanis yang dipergunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lainnya [20]. Gambar 2.11 menunjukkan gambar dari pompa air.



Gambar 2.11 Pompa Air

1.13 Motor Listrik AC

Motor listrik AC merupakan motor yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Motor ini memanfaatkan perbedaan fasa sumber untuk menimbulkan

gaya putar pada rotornya [21]. Gambar 2.12 menunjukkan gambar dari motor listrik AC.



Gambar 2.12 Motor Listrik AC

1.14 Pompa Peristaltik

Pompa peristaltik merupakan jenis pompa perpindahan positif, yang umumnya digunakan untuk memindahkan berbagai macam cairan. Aliran fluida dihasilkan dari tekanan segmen tabung ke rumah pompa (*manifold*) secara periodic [22]. Gambar 2.13 menunjukkan gambar dari pompa peristaltik.



Gambar 2.13 Pompa Peristaltik

1.15 LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah display elektronik yang berfungsi untuk menampilkan suatu data, baik karakter, angka, huruf ataupun grafik [23]. Gambar 2.14 menunjukkan gambar dari LCD 16×2.



Gambar 2.14 LCD 16×2

1.16 Arduino IDE

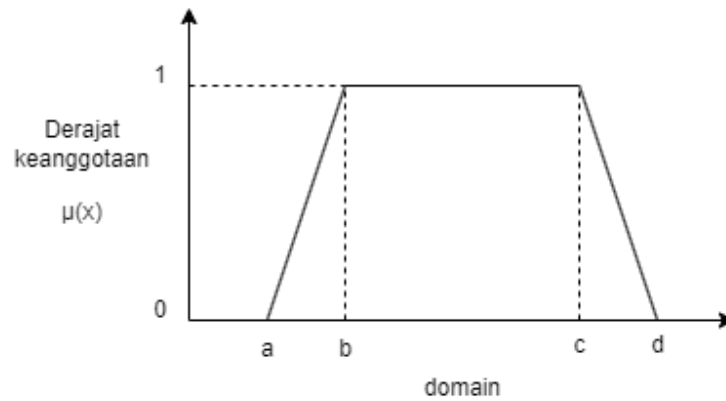
Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang digunakan sebagai media pembuatan program untuk board yang akan diprogram[24].

1.17 Fuzzy Logic Mamdani

Fuzzy logic merupakan logika yang dapat digunakan untuk menganalisis masalah yang terkandung didalamnya ketidakpastian. Logika ini diyakini mampu untuk memetakan suatu input kedalam suatu output tanpa mengabaikan berbagai faktor yang ada [25]. Logika ini merupakan sistem logika yang memungkinkan pemrosesan suatu variabel input berdasarkan nilai kesamarannya [8]. Logika ini juga memiliki kemampuan dalam mengolah informasi yang tidak pasti dan pengambilan keputusan berdasarkan skala antara 0 hingga 1 [9]. Oleh karena itu sistem logika ini memungkinkan pembuatan keputusan yang lebih akurat dan realistis dengan mempertimbangkan banyak faktor dan membuat kompromi di antara berbagai pilihan yang tersedia [9]. Implikasi fuzzy pada metode Mamdani dimodelkan oleh operator minimum (min) dan untuk agregasi aturan dimodelkan dengan operator maksimum (max). Metode ini menggunakan teknik centroid pada proses defuzzifikasi [26]. Terdapat beberapa tahapan dalam perhitungan metode fuzzy logic mamdani. Berikut beberapa tahapan tersebut:

a) Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi adalah merubah data masukan menjadi himpunan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan [27]. Setelah dirubah menjadi fungsi keanggotaan, nilai derajat keanggotaan akan diperoleh. Gambar 2.15 merupakan gambar dari fungsi keanggotaan berbentuk trapesium.



Gambar 2.15 Kurva Trapesium

Rumus (2.7) merupakan rumus dari fungsi keanggotaan kurva trapesium

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (2.7)$$

b) Penggunaan fungsi implikasi

Nilai derajat keanggotaan yang telah diperoleh dari proses fuzzifikasi akan masuk ke setiap *inference rule* [27]. Rumus (2.8) merupakan rumus dari pembuatan *inference rule*.

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1 \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_n \text{ THEN } y \text{ is } B \quad (2.8)$$

Setelah itu, lakukan kombinasi seluruh variabel masukkan menggunakan fungsi implikasi. Fungsi implikasi yang digunakan adalah fungsi min dengan operator AND yang ditentukan oleh fungsi keanggotaan:

$$\mu_x(x) = \min(\mu_{x1}(x), \mu_{x2}(x), \dots, \mu_{xn}(x)) \quad (2.9)$$

c) Aturan komposisi

Pada tahap ini fungsi aturan komposisi menggunakan metode max seperti terlihat pada rumus (2.10) [27].

$$\mu_{sf}[x_i] = \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]) \quad (2.10)$$

$\mu_{sf}[x_i] = \text{Nilai keanggotaan solusi fuzzy ke } - i$

$\mu_{kf}[x_i] = \text{Konsekuensi nilai keanggotaan fuzzy ke } - i$

d) Defuzzifikasi

Tahap ini dilakukan pemetaan nilai dimana pada tahap sebelumnya diperoleh hasil berupa himpunan fuzzy. Menghitung himpunan fuzzy pada rentang yang telah ditentukan dengan menggunakan metode centroid untuk mendapatkan nilai crisp. Seperti terlihat pada rumus (2.11) [27].

$$Z * = \frac{\int_z^{\square} z\mu(z)dz}{\int_z^{\square} \mu(z)dz} \quad (2.11)$$

$Z * = \text{nilai hasil defuzzifikasi merupakan titik pusat regional.}$

$\mu(z) = \text{nilai keanggotaan.}$

$\int_z^{\square} z\mu(z)dz = \text{momen untuk seluruh wilayah hasil aturan komposisi.}$

$\int_z^{\square} \mu(z)dz = \text{luas daerah.}$