

SISTEM MONITORING DAN KONTROL NUTRISI TANAMAN DI HIDROPONIK NFT MENGGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI

Akhmad Nuryudin, Denny Irawan, Rini Puji Astutik

¹Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik

E-Mail: akhmanyudin19@gmail.com, den2mas@umg.ac.id, astutik_rpa@umg.ac.id

Abstrak – Nutrient Film Technique (NFT) adalah metode hidroponik yang mengalirkan larutan nutrisi tipis melalui akar tanaman secara terus-menerus. Penelitian ini menawarkan solusi untuk mengatasi kendala kontrol aliran air dengan mengusulkan alat monitoring yang memantau level air, suhu, dan nutrisi pada sistem NFT. Data yang terkumpul direkam ke Google Spreadsheet, memungkinkan akses mudah melalui perangkat Android atau lainnya. Informasi juga dapat dipantau di lapangan melalui layar LCD terintegrasi. Sistem ini dilengkapi kontrol output menggunakan metode Fuzzy Mamdani, meningkatkan akurasi pengendalian pompa yang mengatur aliran nutrisi. Dengan mikrokontroler ESP32 dan koneksi internet, sistem dapat diintegrasikan dengan Internet of Things (IoT). Penggunaan sensor seperti Sensor Water Level, Sensor DS18B20 untuk suhu, dan TDS Sensor untuk konsentrasi nutrisi memungkinkan pemantauan yang komprehensif. Implementasi sistem monitoring dan kontrol ini telah berhasil meningkatkan efisiensi pertanian hidroponik NFT. Pengukuran menunjukkan bahwa alat monitoring dapat akurat melacak level air, suhu, dan konsentrasi nutrisi. Kontrol output dengan metode Fuzzy Mamdani meningkatkan akurasi pengendalian pompa, mendukung pertumbuhan tanaman optimal dengan dosis nutrisi yang sesuai pada setiap fase pertumbuhan. Solusi ini memberikan pemantauan dan kontrol yang efisien, merangsang produktivitas pertanian hidroponik NFT secara keseluruhan.

Kata Kunci – Hidroponik NFT, ESP32, TDS Sensor, Fuzzy Mamdani

I. PENDAHULUAN

Di Indonesia, lahan pertanian sudah mulai berkurang, terutama di daerah perkotaan. Faktor berkurangnya lahan pertanian di sebabkan oleh beralihnya fungsi lahan yang sebelumnya menjadi lahan pertanian kemudian dijadikan lahan untuk di dirikannya industri dan di jadikan lahan permukiman. Maka salah satu solusi alternatif untuk melakukan kegiatan bertani adalah menggunakan sistem hidroponik. Hidroponik sendiri dapat menangani sempitnya lahan pertanian dengan memanfaatkan ruang yang tidak digunakan di rumah seperti balkon, atap rumah, maupun dinding rumah [1].

Hidroponik merupakan metode budidaya tanaman yang tidak melibatkan penggunaan media tanah. Dalam hidroponik, pertanian dilakukan dengan menggunakan air sebagai pengganti tanah. Sistem ini memungkinkan pertumbuhan tanaman tanpa memerlukan tanah sebagai media tumbuh. Selain itu, kebutuhan air pada hidroponik cenderung lebih efisien dibandingkan dengan budidaya tanah. Kebutuhan air pada hidroponik lebih sedikit dibandingkan dengan kebutuhan air pada budidaya tanah. Hidroponik menggunakan air lebih efisien sehingga cocok diterapkan di area dengan persediaan

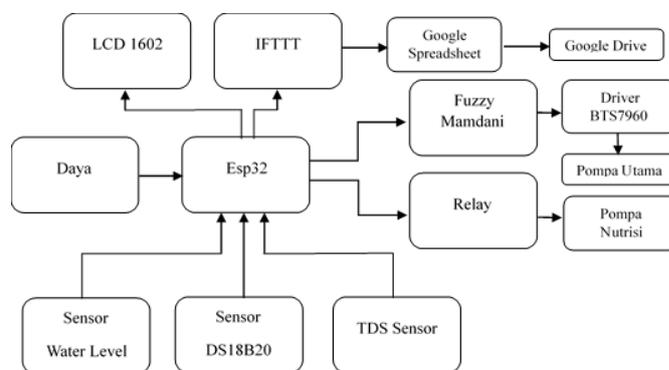
air terbatas dan juga cocok digunakan pada lahan sempit [2]. Beberapa system hidroponik yang umum digunakan adalah *drip irrigation system*, *ebb and flow system*, *passive hydroponic*, *floating hydroponic*, *nutrient film technique*, dan *aeroponics*. Pada penelitian ini menggunakan system hidroponik nutrient film technique (NFT).

Nutrient Film Technique (NFT) merupakan System hidroponik dengan pemberian larutan nutrisi melalui aliran yang sangat dangkal. Air yang mengandung semua nutrisi terlarut dialirkan terus menerus selama 24 jam. Idealnya, kedalaman sirkulasi pada sistem ini harus kecil, karena kata film berarti lapisan air yang tipis atau sedikit. Hal ini memastikan akar tanaman selalu menerima air dan nutrisi. [3]. Nutrient Film Technique (NFT) merupakan sistem hidroponik yang tergolong relatif mudah dibuat, Tetapi memerlukan monitoring dan kontrol terus-menerus. Untuk mengatasi masalah tersebut dan membuat penggunaan NFT lebih efisien, teknologi Internet of Things (IoT) menjadi solusi yang menarik. Dalam penelitian ini, kita akan mengeksplorasi bagaimana penerapan IoT dapat membantu memfasilitasi penggunaan NFT untuk meningkatkan produktivitas pertanian, dan memberikan hasil yang lebih baik.

II. PERANCANGAN SISTEM

A. Blok Diagram Sistem

Gambaran umum pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut.

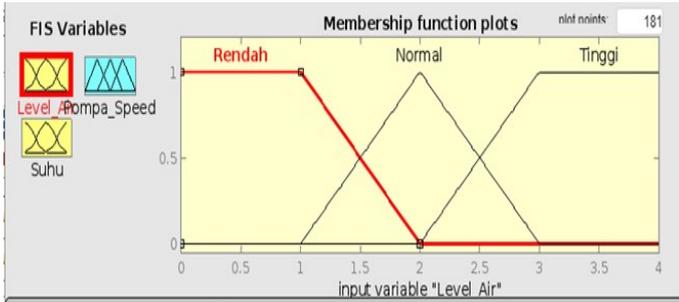


Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Didalam desain blok diagram system dapat dijelaskan terdapat beberapa komponen – komponen utama dari input maupun output. Komponen input terdiri dari 3 sensor yaitu sensor water level, sensor DS18B20, dan TDS sensor, selanjutnya komponen output yaitu Pompa, LCD 1602, dan

tingkat kesesuaian setiap anggota dengan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan dalam himpunan fuzzy. Basis aturan dari nilai variable linguistik tersebut berdasarkan pada nilai masing-masing atribut data.

• Fungsi Keanggotaan Level Air



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Variable Input Level Air

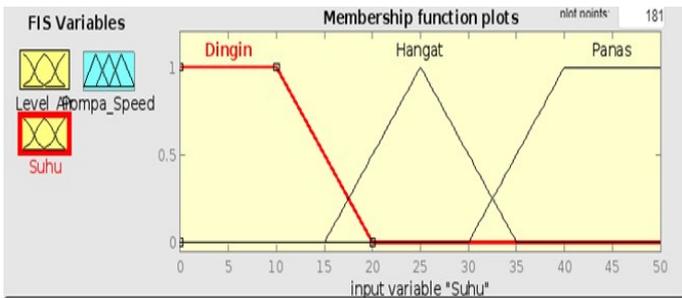
Fungsi Keanggotaan Level Air Ditunjukkan Oleh persamaan 1 – 3 dibawah :

$$\mu_R \text{ RENDAH}[x] = \begin{cases} 1 & x < 1 \\ \frac{2-x}{2-1} & 1 \leq x \leq 2 \\ 0 & x > 2 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_R \text{ Normal}[x] = \begin{cases} 1 & x = 2 \\ \frac{x-1}{2-1} & 1 < x < 2 \\ \frac{3-x}{3-2} & 2 < x < 3 \\ 0 & x \leq 2 \text{ atau } x \geq 3 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_R \text{ TINGGI}[x] = \begin{cases} 1 & x < 4 \\ \frac{x-2}{4-2} & 2 \leq x \leq 4 \\ 0 & x > 4 \end{cases} \quad (3)$$

• Fungsi Keanggotaan Variable Input Suhu



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Variable Input Suhu

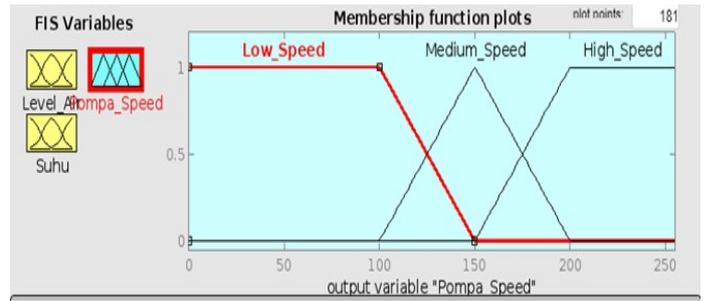
Fungsi Keanggotaan Suhu Ditunjukkan Oleh persamaan 4 – 6 dibawah :

$$\mu_R \text{ DINGIN}[x] = \begin{cases} 1 & x < 10 \\ \frac{20-x}{20-10} & 10 \leq x \leq 20 \\ 0 & x > 20 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_R \text{ HANGAT}[x] = \begin{cases} 1 & x = 20 \\ \frac{x-10}{20-10} & 10 < x < 20 \\ \frac{25-x}{25-15} & 15 < x < 25 \\ 0 & x \leq 10 \text{ atau } x \geq 25 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_R \text{ PANAS}[x] = \begin{cases} 1 & x < 50 \\ \frac{x-30}{50-30} & 30 \leq x \leq 50 \\ 0 & x > 30 \end{cases} \quad (6)$$

• Fungsi Keanggotaan Output Pompa Speed



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Variable Output Pompa Speed

Fungsi Keanggotaan Pompa Speed Ditunjukkan Oleh persamaan 7 – 9 dibawah:

$$\mu_R \text{ LAMBAT}[x] = \begin{cases} 1 & x < 100 \\ \frac{150-x}{150-100} & 100 \leq x \leq 150 \\ 0 & x > 150 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_R \text{ SEDANG}[x] = \begin{cases} 1 & x = 150 \\ \frac{x-100}{150-100} & 100 < x < 150 \\ \frac{200-x}{200-150} & 150 < x < 200 \\ 0 & x \leq 100 \text{ atau } x \geq 200 \end{cases} \quad (8)$$

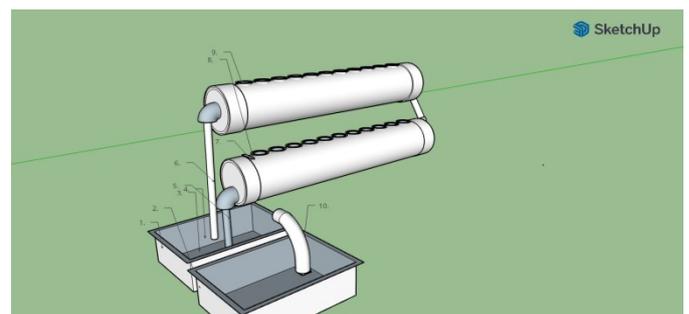
$$\mu_R \text{ CEPAT}[x] = \begin{cases} 1 & x < 255 \\ \frac{x-150}{255-150} & 150 \leq x \leq 255 \\ 0 & x > 150 \end{cases} \quad (9)$$

Rules Fuzzy yang akan digunakan untuk basis aturan output dari nilai level air, dan suhu adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Rules Fuzzy Mamdani

NO	IF	LEVEL AIR	IF	SUHU	THEN	POMPA SPEED
1	IF	RENDAH	IF	DINGIN	THEN	CEPAT
2	IF	RENDAH	IF	HANGAT	THEN	CEPAT
3	IF	RENDAH	IF	PANAS	THEN	CEPAT
4	IF	NORMAL	IF	DINGIN	THEN	LAMBAT
5	IF	NORMAL	IF	HANGAT	THEN	SEDANG
6	IF	NORMAL	IF	PANAS	THEN	CEPAT
7	IF	TINGGI	IF	DINGIN	THEN	LAMBAT
8	IF	TINGGI	IF	HANGAT	THEN	LAMBAT
9	IF	TINGGI	IF	PANAS	THEN	LAMBAT

D. Desain Perencanaan Prototype



Gambar 7. Desain Prototype

Keterangan dari gambar 7 sebagai berikut:

1. Tandon Utama
2. Tandon Nutrisi
3. Pompa Utama
4. TDS Sensor
5. Saluran Irigasi Keluar
6. Saluran Irigasi Masuk
7. Sensor DS18B20
8. Sensor Water Level
9. Netpot
10. Pompa Nutrisi

III. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas pengujian kesesuaian dari parameter-parameter alat yang digunakan dalam penelitian ini dan juga pengujian pertumbuhan tanaman. Pada bab ini juga akan dilakukan analisa terhadap setiap bagian yang telah mendapatkan hasil pengujian. Pengujian yang dilakukan diantaranya sebagai berikut :

- A. Pengujian Metode Fuzzy Logic Mamdani
- B. Pengujian Sensor TDS
- C. Pengujian Sensor DS18B20
- D. Pengujian Pertumbuhan Tanaman Kangkung

A. Pengujian Metode Fuzzy Logic Mamdani

Metode fuzzy logic mamdani pada system ini berfungsi untuk mengatur kecepatan pompa utama sesuai parameter sensor DS18B20 dan Water Level sensor. Pengujian metode fuzzy logic mamdani ini dilakukan untuk mengetahui respon fuzzy logic mamdani untuk mengatur kecepatan pompa utama sesuai parameter sensor dan rules fuzzy mamdani yang sudah ditentukan.

Metode ini memungkinkan sistem untuk secara adaptif menyesuaikan kecepatan pompa utama sesuai dengan kondisi suhu yang diukur oleh DS18B20 dan tingkat air yang dideteksi oleh sensor Water Level. Hasil pengujian dari fuzzy logic mamdani dapat dilihat pada table 1.

Table 2. Tabel Pengujian Fuzzy Logic Mamdani

No	Tanggal	Level Air	Suhu	Respon Fuzzy	Respon Matlab	Error (%)
1	18/12/23	2	31.87	172.39	173	-0.35
2	26/12/23	2	29.19	150	150	0
3	2/1/2024	2	33.25	189.67	190	-0.17
4	10/1/2024	2	35.94	209.51	210	-0.23
Rata - rata error						-0,18

Dari hasil pengujian pada tabel 2 untuk menghitung nilai error respon fuzzy denan respon matlab menggunakan rumus presentase sebagai berikut. Disini saya menggunakan salah satu data sebagai contoh penggunaan rumus presentase.

$$Error(\%) = \frac{(Respon\ Fuzzy)-(Respon\ Matlab)}{Respon\ Matlab} \times 100\% \quad (10)$$

$$Error(\%) = \frac{(172.39)-(173)}{173} \times 100\%$$

$$Error(\%) = \frac{-0.61}{173} \times 100\%$$

$$Error(\%) = -0,35$$

Selanjutnya rumus perhitungan rata – rata error menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Rata - rata\ error\ (\%) = \frac{\sum (Error(\%))}{Jumlah\ data} \quad (11)$$

$$Rata - rata\ error\ (\%) = \frac{(-0.35\%+0+(-0.17\%)+(-0.23\%))}{4}$$

$$Rata - rata\ error\ (\%) = \frac{(-0.75\%)}{4}$$

$$Rata - rata\ error\ (\%) = -0.18\%$$

B. Pengujian TDS Sensor

TDS sensor pada system ini berfungsi sebagai input sensor yang mengatur nutrisi pada tanaman dengan cara mengatur nyala ataupun mati pompa nutrisi sesuai setpoint yang sudah ditentukan. Pada sistem ini setpoint TDS sensor berganti di setiap minggu karena tanaman kangkung membutuhkan nutrisi yang berbeda – beda tergantung umur kangkung sendiri, Minggu pertama 500 PPM, Minggu kedua 800 PPM, minggu ketiga 1100 PPM, dan di minggu keempat dan seterusnya 1300 PPM [4]. Pengujian TDS sensor dilakukan dengan TDS meter untuk mendapatkan nilai data actual TDS sebagai referensi untuk menghitung error. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Tabel Pengujian Sensor TDS

No	Tanggal	Data TDS	Data Aktual TDS	Error (%)
1	18/12/2023	526 PPM	523 PPM	0,57
2	26/12/2023	848 PPM	844 PPM	0.47
3	2/1/2024	1184 PPM	1183 PPM	0,08
4	10/1/2024	1309 PPM	1291 PPM	1.39
Rata – rata error				0.62

Dari hasil pengujian pada tabel 3 untuk menghitung nilai error Tds sensor menggunakan rumus presentase sebagai berikut. Disini saya menggunakan salah satu data sebagai contoh penggunaan rumus presentase.

$$Error(\%) = \frac{(Data\ TDS)-(Data\ Aktual\ TDS)}{Data\ Aktual\ TDS} \times 100\% \quad (12)$$

$$Error(\%) = \frac{(526)-(523)}{530} \times 100\%$$

$$Error(\%) = \frac{3}{530} \times 100\%$$

$$Error(\%) = 0,57$$

Selanjutnya rumus perhitungan rata – rata error menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Rata - rata\ error\ (\%) = \frac{\sum (Error(\%))}{Jumlah\ data} \quad (13)$$

$$Rata - rata\ error\ (\%) = \frac{(0,57\%+0,47\%+0,08\%+1,39\%)}{4}$$

$$Rata - rata\ error\ (\%) = \frac{(2,51\%)}{4}$$

$$Rata - rata\ error\ (\%) = 0.62\%$$

C. Pengujian Sensor DS18B20

Sensor DS18B20 berfungsi pada penelitian ini sebagai parameter input sensor yang digunakan di dalam fungsi keanggotaan input pada metode fuzzy logic mamdani. Pentingnya suhu sebagai fungsi keanggotaan input dalam fuzzy logic Mamdani adalah untuk memberikan respons yang adaptif terhadap perubahan suhu lingkungan. Sebagai contoh, pada suhu yang lebih tinggi, sistem dapat memutuskan untuk meningkatkan kecepatan pompa utama agar dapat mengakomodasi kebutuhan pendinginan yang lebih tinggi. Sebaliknya, pada suhu yang lebih rendah, kecepatan pompa utama dapat dikurangi untuk menghemat energi. Pengujian DS1820 sensor dilakukan dengan Tds meter di mode suhu untuk mendapatkan nilai data actual suhu sebagai referensi

untuk menghitung error. Hasil pengujian sensor DS1820 dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Tabel Pengujian Sensor DS1820

No	Tanggal	Data Suhu (C°)	Data Aktual Suhu (C°)	Error (%)
1	18/12/2023	31.8	31.4	1.2
2	26/12/2023	29.1	28.5	2.1
3	2/1/2024	30.3	29.7	2.02
4	10/1/2024	36.4	34.5	5.5
Rata – rata error				2.7

Dari hasil pengujian pada tabel 4 untuk menghitung nilai error sensor DS1820 menggunakan rumus presentase sebagai berikut. Disini saya menggunakan salah satu data sebagai contoh penggunaan rumus presentase.

$$Error(\%) = \frac{(Data\ Suhu)-(Data\ Aktual\ Suhu)}{Data\ Aktual\ Suhu} \times 100\% \quad (14)$$

$$Error(\%) = \frac{(31.8)-(31.4)}{31.4} \times 100\%$$

$$Error(\%) = \frac{0.4}{31.4} \times 100\%$$

$$Error(\%) = 1.2\%$$

Selanjutnya rumus perhitungan rata – rata error menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Rata - rata\ error\ (\%) = \frac{\sum (Error(\%))}{Jumlah\ data} \quad (15)$$

$$Rata - rata\ error\ (\%) = \frac{(1.2\%+2.1\%+2.02\%+5.5\%)}{4}$$

$$Rata - rata\ error\ (\%) = \frac{(10.82\%)}{4}$$

$$Rata - rata\ error\ (\%) = 2.7\%$$

D. Pengujian Pertumbuhan Tanaman Kangkung

Pengujian pertumbuhan tanaman kangkung bertujuan untuk mengamati dan mencatat perkembangan tanaman pada berbagai tahap pertumbuhannya. Fokus pada pengujian ini adalah untuk memahami kontribusi dan respons sistem terhadap lingkungan tumbuh tanaman kangkung. Dalam pengujian ini, peran alat-alat seperti sensor suhu DS18B20, Water Level Sensor, TDS Sensor, dan metode fuzzy logic Mamdani diintegrasikan untuk mendukung keberhasilan pertumbuhan tanaman. Berikut adalah keterangan mengenai pengujian pertumbuhan tanaman kangkung pada beberapa tahap tertentu dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Tabel Pertumbuhan Tanaman

NO	Tahap Pertumbuhan	Waktu Observasi	Tinggi Tanaman (Cm)	Suhu (C°)	TDS (PPM)	Level Air
1	Penyemaian	10 Hari	9	-	-	-
2	Pertumbuhan awal	Minggu Ke-1	23	31.87	517.89	2
3	Pertumbuhan lanjutan	Minggu Ke-2	32	29.19	848.11	2
4	Pertumbuhan lanjutan	Minggu Ke-3	35	28.19	1134	2
5	Pertumbuhan akhir	Minggu Ke-4	35	36.4	1309	2

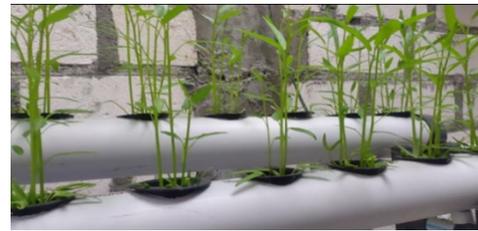
Pada gambar 8 menampilkan kondisi tanaman dalam masa penyemaian selama 10 hari, dapat dilihat pada gambar terlihat benih kangkung yang mulai bercambah dengan tumbuhnya

batang sekitar 9 cm, serta perkembangan daun dan akar. Pada tahap ini merupakan tahap awal sebelum tanaman di pindahkan ke system hidroponik nft.



Gambar 8. Tahap Penyemaian

Pada gambar 9 menampilkan fase pertumbuhan di tahap awal pada minggu pertama setelah benih kangkung melewati tahap penyemaian selama 10 hari dan dipindahkan di system hidroponik nft. Terlihat akar sudah mulai beradaptasi dengan lingkungan di hidroponik nft dan tinggi tanaman mencapai 23 cm. Daun – daun mulai berkembang dengan baik dan semakin bertambah.



Gambar 9. Tahap Pertumbuhan Awal Minggu Ke-1

Pada gambar 10 menggambarkan fase pertumbuhan lanjut pada minggu kedua. Tanaman kangkung terlihat makin berkembang dengan tinggi tanaman mencapai 32 cm. Terlihat tanaman semakin rapat menandakan pertumbuhan jumlah daun dan ukuran daun semakin meningkat.



Gambar 10. Tahap pertumbuhan Lanjutan Minggu ke-2



Gambar 11. Tahap pertumbuhan Lanjutan Minggu ke-3

Pada gambar 11 menggambarkan fase pertumbuhan lanjut pada minggu ketiga. Tanaman kangkung makin berkembang dengan tinggi tanaman mencapai 35 cm, Jumlah dan kualitas daun terus meningkat. Tanaman kangkung menunjukkan respons positif terhadap lingkungan hidroponik, dengan perkembangan daun yang sehat dan subur. Dengan mendekati

masa panen, nutrisi tanaman ditingkatkan menjadi 1300 PPM untuk memastikan hasil yang optimal.

Pada gambar 12 menunjukkan fase pertumbuhan tahap akhir yang berarti tanaman kangkung siap untuk dipanen. Terlihat pada gambar tanaman mencapai tinggi sekitar 35 cm, daun-daun yang berkembang dengan baik, dan batang tumbuhan sudah berkembang dengan optimal. Semua tanda-tanda ini mengindikasikan bahwa tanaman kangkung telah mencapai kondisi optimal untuk dipanen, sehingga hasil panen dapat diharapkan berkualitas tinggi dan memuaskan.



Gambar 12. Tahap Pertumbuhan akhir

Pada gambar 13 menampilkan tahapan akhir dalam penelitian ini, di mana tanaman kangkung telah mencapai matang penuh dan siap untuk dipanen. Penggunaan alat telah meningkatkan efisiensi dan objektivitas dalam mempengaruhi pertumbuhan tanaman.



Gambar 13. Tahap panen

E. Tampilan Gambar Alat

Dalam gambar alat penelitian ini, dapat dilihat beberapa komponen utama yang digunakan untuk mengembangkan sistem monitoring dan kontrol nutrisi tanaman di hidroponik NFT. Berikut adalah rincian komponen-komponen tersebut terdapat pada gambar 14 sebagai berikut.



Gambar 14. Tampilan Gambar Alat

1. Dua batang pipa PVC 2 inci tipe D (Tebal) merek TrillionBasic dengan panjang 1 meter per batang, membentuk struktur dasar rangka pipa PVC tipe AW yang telah terpasang dengan nomor untuk memudahkan perakitan.

2. Empat tutup hidroponik yang dapat diubah sesuai kebutuhan menjadi NFT atau DFT, memungkinkan fleksibilitas dalam pengaturan sistem.
3. Empat elbow 1/2 inci digunakan sebagai bagian dari sistem irigasi, yang terhubung dengan tiga batang pipa 1/2 inci (7cm) sebagai saluran irigasi.
4. Satu batang pipa 1/2 inci (15cm) digunakan sebagai output nutrisi, yang terhubung dengan sistem utama.
5. Pipa 5/8 inci digunakan sebagai input nutrisi untuk memasukkan larutan nutrisi ke dalam sistem.
6. Rangka pipa PVC tipe AW (paling tebal) dengan penomoran untuk memudahkan perakitan.
7. Pompa hidroponik yang terletak di dalam bak nutrisi A dan B, dengan penomoran yang sesuai.
8. Netpot sebanyak 20 pcs, digunakan untuk menanam tanaman secara individual.
9. Bak nutrisi A dan B, dengan nutrisi A berwarna merah dan nutrisi B berwarna biru. Di dalam bak, terdapat pompa A dan B untuk mengalirkan nutrisi ke sistem.
10. Bak utama berwarna pink berisi nutrisi AB mix yang diukur menggunakan TDS meter sesuai dengan umur tanaman. Terdapat pompa utama, sensor TDS, dan sensor DS18B20 di dalam bak utama.
11. Badan hidroponik dilengkapi dengan LCD 12C yang menampilkan kondisi lingkungan hidroponik, termasuk suhu, TDS, dan level air pada saluran pipa hidroponik.
12. LCD 12C pada badan hidroponik juga menampilkan kondisi pompa A, B, dan utama, di mana status pompa A dan B (ON/OFF) ditampilkan, sementara pompa utama menampilkan speed PWM-nya.
13. Komponen utama untuk mengontrol semua sistem terletak di badan hidroponik, termasuk ESP32, relay 2 channel, modul driver BTS7960, soket baterai 6V (2x), dan sensor water level dalam saluran air.

F. Tampilan Google Spreadsheet

Pada sub bab ini berisi konfigurasi beberapa sensor yang digunakan pada alat ini dan juga terdapat konfigurasi pompa a, b dan pompa utama. Google spreadsheet pada alat ini digunakan sebagai pencatatan data dan menganalisis data yang diperoleh dalam penelitian ini. Gambar 15 dan Gambar 16 menggambarkan tentang konfigurasi sensor suhu, level air, serta konfigurasi pompa a, b dan pompa utama.

	Tanggal	Kategori	Suhu	TDS	Level
206	December 18, 2023 at 05:00PM	nutrision_Reading	31.61	518.63	2
207	December 18, 2023 at 05:10PM	nutrision_Reading	31.75	519.26	2
208	December 18, 2023 at 05:15PM	nutrision_Reading	31.69	528.20	2
209	December 18, 2023 at 05:15PM	nutrision_Reading	31.75	518.63	2
210	December 18, 2023 at 05:14PM	nutrision_Reading	31.75	524.49	2
211	December 18, 2023 at 05:14PM	nutrision_Reading	31.78	531.63	2
212	December 18, 2023 at 05:10PM	nutrision_Reading	31.75	523.24	2
213	December 18, 2023 at 05:10PM	nutrision_Reading	31.69	522.43	2
214	December 18, 2023 at 05:10PM	nutrision_Reading	31.69	523.01	2
215	December 18, 2023 at 05:10PM	nutrision_Reading	31.75	528.00	2
216	December 18, 2023 at 05:10PM	nutrision_Reading	31.69	528.07	2
217	December 18, 2023 at 05:22PM	nutrision_Reading	21.62	528.96	2
218	December 18, 2023 at 05:24PM	nutrision_Reading	31.69	522.43	2
219	December 18, 2023 at 05:20PM	nutrision_Reading	31.62	528.63	2
220	December 18, 2023 at 05:20PM	nutrision_Reading	21.52	518.02	2
221	December 18, 2023 at 05:10PM	nutrision_Reading	31.63	518.63	2
222	December 18, 2023 at 05:10PM	nutrision_Reading	31.63	518.63	2

Gambar 15 Tampilan Google Spreadsheet Konfigurasi Sensor

Pada gambar 15 menampilkan hasil pengukuran dari sensor-sensor yang digunakan pada alat ini yaitu sensor DS18B20, Water level, dan TDS sensor. Setiap kolom mencatat data hasil pengukuran secara real-time dari masing-masing sensor. Sebagai contoh, kolom suhu mencatat nilai suhu dari sensor DS18B20, kolom level air mencatat tingkat air dari sensor

