

Rancang Bangun Sistem Kontrol Untuk Pencampur Nutrisi Hidroponik Metode Pengairan DFT Berbasis Logika Fuzzy

Fikri Dio Zakaria*, Gigih Priyandoko, Mohamad Mukhsim

Teknik Elektro, Universitas Widyagama, Malang
*fikridiozakadiningrat@gmail.com

Abstrak— Hidroponik menjadi salah satu alternatif bagi masyarakat yang ingin berkebun tetapi tidak memiliki lahan yang luas. Hidroponik dengan metode pengairan *Deep Flow Technique* (DFT) adalah jenis bercocok tanam dimana tanaman ditanam pada air yang dangkal, dan larutan nutrisi terus mengalir di sekitar akar tanaman. Kadar nutrisi yang diperlukan pada setiap jenis tanaman tentunya berbeda beda. Perlunya pemantauan tingkat kepekatan larutan nutrisi secara rutin akan menjadikan masalah bagi masyarakat yang hanya memiliki sedikit waktu luang maka dibuatlah sistem kontrol dengan menggunakan kontrol fuzzy, sistem kontrol yang dirancang pada penelitian ini memiliki kemampuan mengatur nilai atau kadar kepekatan larutan nutrisi teknik hidroponik sistem DFT secara berkelanjutan berdasarkan tingkat penyerapan nutrisi pada tanaman tersebut. Berdasarkan hasil pengujian tingkat keberhasilan 96,875 % untuk nutrisi dan 96,375% untuk air dalam mencapai *set point*. Pada ketercapaian durasi output memiliki nilai keberhasilan 98,4% untuk output nutrisi dan 98,5% untuk durasi output air dari perbandingan pemodelan di MatLab. Hasil pengujian pada tanaman packcoy, yang menggunakan sistem kontrol pertumbuhannya sedikit lebih baik dari pada packcoy tanpa sistem kontrol, dengan tanaman tertinggi 16 cm dengan menggunakan sistem kontrol sedangkan packcoy tanpa sistem kontrol tertinggi 15 cm.

Kata Kunci— Fuzzy, Hidroponik, Irigasi, Nutrisi, Teknik Deep Flow.

DOI: 10.22441/jte.2022.v13.i3.008

I. PENDAHULUAN

Hidroponik menjadi salah satu alternative bagi masyarakat yang ingin berkebun tetapi tidak memiliki lahan yang luas [1]. Hidroponik merupakan metode bercocok tanam yang dapat diimplementasikan pada semua jenis tanaman tanpa menggunakan tanah sebagai media tanam, tetapi menggunakan air, oksigen, dan nutrisi sebagai pengganti media tanamnya [2]. Ada 6 jenis teknik dalam hidroponik itu sendiri, yaitu *Wick System*, *Deep Flow Tehcnique*, *Nutrient Flim Technique*, *Aeroponic System*, *Drip System*, *Water Culture System*.

Hidroponik dengan metode pengairan *Deep Flow Technique* (DFT) adalah jenis bercocok tanam dimana tanaman ditanam pada air yang dangkal, dan larutan nutrisi terus mengalir di sekitar akar tanaman. Teknik ini cocok diterapkan pada masyarakat yang ingin berkebun karena memiliki banyak keunggulan [3]. Dari pembuatannya dapat menggunakan pipa PVC atau menggunakan botol air mineral bekas yang dapat ditemukan dimanapun. Selain itu teknik ini memungkinkan

adanya sisa genangan air saat pompa air tidak beroperasi. Kadar nutrisi yang diperlukan pada setiap jenis tanaman tentunya berbeda beda, semisal pada tanaman jenis sawi-sawian membutuhkan nilai kepekatan nutrisi antara 1050 ppm sampai 1400 ppm [3]. Umur tanaman juga sangat berpengaruh dalam penyerapan nutrisi yang dibutuhkan, umur ketika tanaman saat masih dalam pembibitan tingkat kepekatan nutrisinya tentu berbeda dengan tanaman pada umur dewasa. Perlunya pemantauan tingkat kepekatan larutan nutrisi secara rutin akan menjadikan masalah bagi masyarakat yang hanya memiliki sedikit waktu luang, larutan nutrisi harus disesuaikan kadarnya terhadap air dan kadar nutrisi akan berkurang karena penyerapan oleh tanaman atau juga karena adanya perubahan suhu disekitar. Umumnya pemantauan dan penambahan kadar nutrisi masih dilakukan secara manual dengan mengukur pada bak penampungan menggunakan alat TDS meter (*Total Dissolved Solid*) pada waktu tertentu [4]. Kekurangan pemantauan secara manual ini adalah tidak diketahui waktu perubahan kadar nutrisi secara pasti.

Pengembangan sistem kontrol pencampur nutrisi menggunakan logika fuzzy kontrol. Dalam penerapannya sistem kontrol logika fuzzy memanfaatkan pengalaman seorang pakar yang oleh perancang di ekstrak kedalam bentuk jika-maka (if-then) [5][6]. Adapun kelebihan dari sistem kendali fuzzy adalah kemampuannya untuk melakukan proses pengendalian dengan mengikuti pendekatan secara linguistik dan dalam aksi kontrolnya tidak tergantung pada variabel-variabel proses kendali [7]. Berdasarkan penelitian sistem kendali hybrid PID-logika fuzzy pada pengatur kecepatan motor DC, menunjukkan sistem kontrol PID unggul pada peredaman overshoot, sedangkan sistem kontrol fuzzy unggul pada kecepatan rise time, kecepatan *setting time*, kecepatan *recovery time*, dan peredaman *Steady State Error* [8]

II. PENELITIAN TERKAIT

Derajat kemutakhiran bahan yang diacu dengan melihat proporsi 10 tahun terakhir dan mengacu pustaka primer (jurnal nasional, internasional atau konferensi internasional) [2, 3]. Permasalahan dan tujuan, serta kegunaan penelitian ditulis secara naratif dalam paragraf-paragraf, tidak perlu diberi subjudul khusus. Demikian pula definisi operasional, apabila dirasa perlu, juga ditulis naratif [4].

A. Hidroponik

Hidroponik merupakan budidaya menanam dengan media air tanpa menggunakan tanah dengan menekan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi pada tanaman. Pada saat ini,

hidroponik tidak terlepas dari penggunaan media tumbuh lain yang bukan tanah sebagai penopang pertumbuhan tanaman [1].

Deep Flow Technique (DFT)

Ciri khusus teknik hidroponik sistem DFT adalah adanya genangan air di dalam pipa penanaman setinggi 4-6 cm. Teknik hidroponik sistem DFT atau sistem *Deep Flow Technique* memerlukan pasokan listrik, yang digunakan untuk mensirkulasikan air nutrisi ke dalam pipa-pipa penanaman tersebut, sehingga tanaman tidak akan kekurangan nutrisi. Kemudian air akan dialirkan kembali menuju bak penampungan. Kelebihan pada system ini jika saat listrik padam, pada pipa penanaman masih terdapat genangan air nutrisi, sehingga nutrisi untuk tanaman tetap tersedia [3].

Nutrisi Tanaman Pakcoy Hidroponik

Pemberian nutrisi pada pakcoy berbeda beda tingkat kepekatan tergantung umur pakcoy. Pakcoy dapat tumbuh pada sistem hidroponik dengan air baku yang memiliki ppm dibawah 100 ppm dengan kadar Ph air antara 6,8 - 7 atau air dalam keadaan netral. Angka toleransi pemberian nutrisi pada pakcoy sebesar ± 50 ppm, tanaman pakcoy hidroponik dapat dipanen pada saat pakcoy berusia 40 – 60 hari setelah tanam (HST) [9]. Pemberian nutrisi pada pakcoy berdasarkan umur adalah sebagai berikut :

- Pemberian nutrisi pada minggu I sebesar 500 ppm
- Pemberian nutrisi pada minggu II sebesar 700 ppm
- Pemberian nutrisi pada minggu III sebesar 900 ppm
- Pemberian nutrisi pada minggu ke IV-V sebesar 1200 ppm
- Pemberian nutrisi pada minggu ke VI – panen 1400 ppm

B. Fuzzy Logic Controller

Istilah fuzzy dapat diartikan sebagai *blurred* (kabur atau remang-remang), *confused* (membingungkan), *vague* (tidak jelas). Logika fuzzy memiliki derajat keanggotaan diantara nilai rentang 0 (nol) hingga 1(satu), berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua nilai yaitu 1(satu) atau 0 (nol) [5][6].

Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*Membership Function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (biasa disebut derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui nilai pendekatan fungsi.

Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses yang dibutuhkan untuk mengubah masukan tegas atau nyata (*Crisp Inputs*) yang bersifat bukan fuzzy menjadi nilai fuzzy dari beberapa nilai variabel linguistic masukan yang telah didefinisikan. Hasil pengubahan data inilah yang dinamakan masukan fuzzy (*Fuzzy Inputs*) [10].

Sistem Inferensi Fuzzy

1. Metode Mamdani

Metode Mamdani yang diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani dikenal juga dengan nama metode Max-Min. Fuzzy mamdani memiliki kelebihan yakni lebih intuitif yaitu suatu analisa pemikiran manusia sehingga input bisa dari manusia langsung (bukan mesin) [11].

2. Defuzzifikasi

Input dari proses *defuzzification* adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output.

C. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (*Integrated Circuit*) yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal output sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal input mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal output ditujukan kepada actuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan[12]. Mikrokontroler terdiri dari CPU (Central Processing Unit), memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti *Analog-to-Digital Converter* (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya [13].

NodeMCU ESP8266

NodeMCU adalah sebuah perangkat elektronik yang berbasis chip ESP8266 yang dapat menjalankan fungsi mikrokontroler dan juga dapat terkoneksi dengan jaringan internet (WiFi) [14].



Gambar 1. NodeMCU ESP8266

Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah software yang digunakan untuk memprogram di Arduino, dengan kata lain Arduino IDE sebagai media untuk memprogram board Arduino. Arduino IDE berfungsi sebagai text editor untuk membuat, mengedit, mevalidasi kode program, serta mengupload ke board Arduino [4].



Gambar 2. Tampilan Arduino IDE



Gambar 4. Sensor Ultrasonic HC-SR04

D. Sensor TDS (Total Dissolved Solid)

TDS meter V1.0 merupakan sensor kompatibel Arduino yang digunakan untuk mengukur kadar TDS (*Total Dissolve Solid*) pada air. TDS sendiri merupakan kadar konsentrasi objek solid yang terlarut dalam air. Sensor ini mendukung input tegangan antara 3.3 - 5V, serta output tegangan analog yang dihasilkan berkisar pada 0 - 2.3V[15].



Gambar 3. Sensor TDS V.10

E. Sensor Ultrasonic HC-SR04

HC-SR04 adalah sebuah modul sensor ultrasonik yang biasanya digunakan untuk alat pengukur jarak. Pada HC-SR04 terdapat sepasang transducer ultrasonik yang satu berfungsi sebagai transmitter yang bertugas untuk mengubah sinyal elektrik menjadi sinyal pulsa gelombang suara ultrasonik dengan frekuensi 40KHz, dan satunya berfungsi sebagai receiver yang bertugas untuk menerima sinyal gelombang suara ultrasonik.

F. DC Water Pump 12 Volt

Pada penelitian ini, aktuator yang digunakan adalah DC Water Pump 12V. DC Water Pump 12V tersebut memiliki tegangan kerja dari 3-12 volt dan dapat memompa air hingga sejauh 3 meter. DC Water Pump tersebut akan dipasang sebagai pemompa nutrisi dan air pada tanki nutrisi dan tanki air [9].



Gambar 5. DC Water Pump 12V

G. Modul Relay

Relay adalah komponen yang dapat digunakan sebagai saklar elektronik. Secara singkat, cara kerja relay adalah memanfaatkan magnet buatan untuk memicu kontak dari keadaan off menjadi on, atau sebaliknya.



Gambar 6. Modul Relay

III. METODOLOGI PENELITIAN

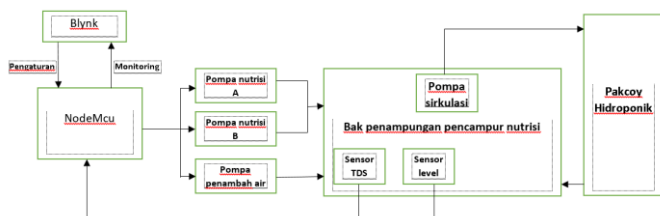
A. Tahap Pencarian Referensi

Pencarian referensi dilakukan dengan cara mencari data melalui internet, studi pustaka serta menjalani bimbingan dari pembimbing.

B. Tahap Pembuatan Sistem

Sistem ini menggunakan mikrokontroler NODEMCU sebagai unit pengendali dengan *Fuzzy Logic* Mamdani. Pada *Fuzzy Logic* nilai inputan dari membandingkan antara nilai kepekatan nutrisi yang telah dibaca sensor dengan set point yang sesuai dengan kebutuhan tanaman, sementara untuk outputnya berupa durasi Motor DC pada pupuk A dan B serta penambah air dengan debit 2 liter per menit dan Motor DC sirkulasi hidroponik dengan debit 4 liter per menit.

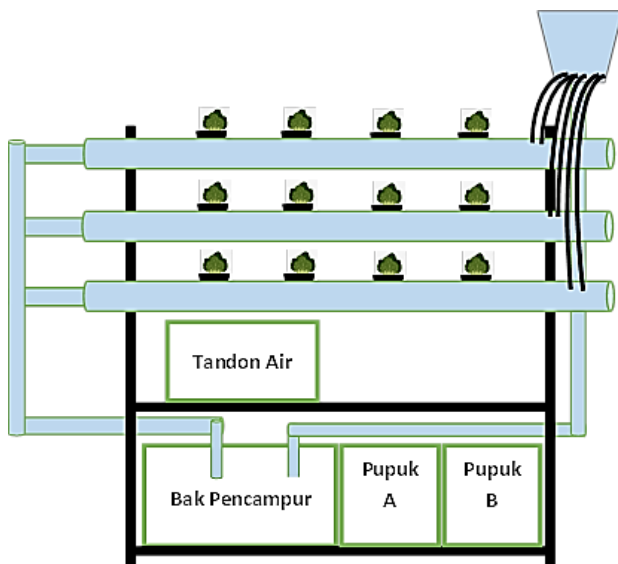
Kepekatan nutrisi pada bak pencampur akan dibaca menggunakan sensor TDS V.10, sedangkan untuk pembacaan level air diukur menggunakan sensor ultrasonic HC-SR04, sehingga kendali *fuzzy logic* dapat menghitung durasi kerja motor pompa nutrisi dan air yang diperlukan untuk mencapai set point kadar nutrisi dan level air pada larutan nutrisi di dalam bak penampungan.



Gambar 7. Diagram Blok Sistem Keseluruhan

C. Perancangan Mekanik

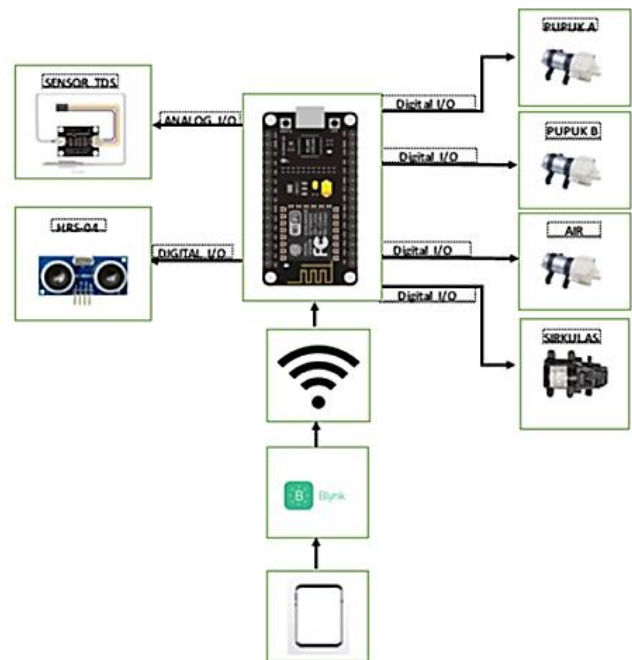
Media yang dipakai pada perancangan mekanik menggunakan pipa PVC. Untuk panjang pipa PVC sepanjang 1 meter dengan 4 lubang untuk tanaman, jarak antara lubang sebesar 15 cm, dengan debit air pada masing lubang sebanyak 2 liter air.



Gambar 8. Rancangan Mekanik Hidroponik DFT

D. Perancangan Elektronika

Pada modul NODEMCU sudah terdapat modul ESP-01 yang terpasang IC ESP8266 sehingga modul NODEMCU sebagai perangkat mikrokontroler bisa terhubung langsung dengan wifi pada Access Point. Access Point tersebut digunakan agar sistem dapat terkoneksi ke internet dan terhubung dengan Blynk server sehingga dapat mengirim dan menerima data ke perangkat yang digunakan sebagai antar muka melalui aplikasi Blynk pada Android.



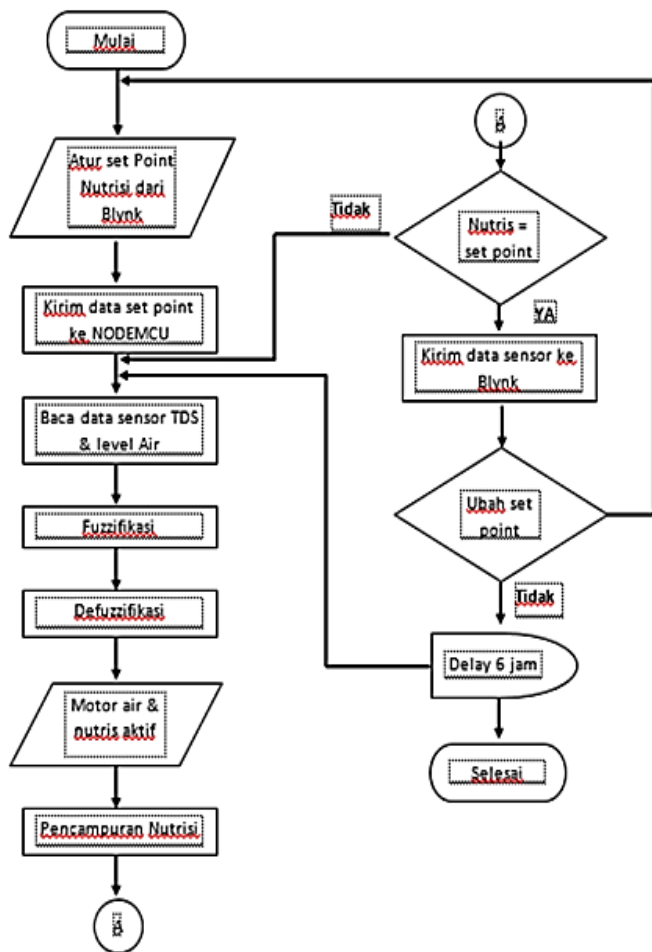
Gambar 9. Perancangan Elektronika

E. Perencanaan Perangkat Lunak

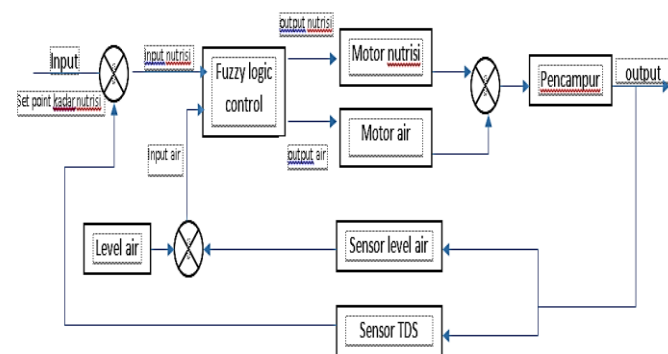
Jika penyesuaian nilai level air dan nutrisi sudah selesai, maka sensor akan membaca kembali nilai kepekatan nutrisi untuk dibandingkan dengan set point. Jika hasilnya belum sesuai dengan set point yang ditentukan, maka kendali fuzzy dilakukan kembali. Tetapi jika sudah sesuai set point maka akan dilakukan pengaliran nutrisi dan data nilai kepekatan yang terbaca oleh sensor akan dikirimkan ke HP android sebagai perangkat *interface* untuk monitoring dalam bentuk tampilan data real time. Jika tidak ada perubahan dalam pengaturan nilai kepekatan, sistem kendali fuzzy akan berulang secara otomatis setiap 6 jam.

F. Perancangan Sistem Kendali Logika Fuzzy

Sistem kendali yang di rancang menggunakan *fuzzy logic control* pada matlab dengan metode mamdani, untuk sistem perancangan pengendalian kepekatan nutrisi dengan inputan berupa *set point* dari kadar kepekatan nutrisi yang dibandingkan dengan umpan balik nilai yang terbaca oleh sensor TDS untuk mendapat nilai *offset/ error* yang nantinya dijadikan sebagai salah satu input fuzzy.



Gambar 10. Diagram Alir Sistem Kendali Logika Fuzzy



Gambar 11. Diagram Alir FLC

Sistem *Fuzzy Logic Control* (FLC) dibuat dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Adapun langkah pembuatannya :

1. Mengidentifikasi nilai input dan output pada sensor TDS dan pompa dc.
2. Menghitung transfer function dari hasil identifikasi nilai input dan output.
3. Membuat Simulasi sistem Fuzzy Logic Control dengan Simulink pada matlab.

4. Membuat script m-file dari *Fuzzy Logic Control* Mamdani yang dibangun pada Simulink menggunakan Toolbox Library S-Function
5. Setelah dirunning maka akan memperoleh nilai E (error), DE (beda error) dan U (keluaran pengendali).

Pengambilan keputusan dilakukan berdasarkan harga-harga masukan error dan beda error untuk menghasilkan suatu keputusan berupa perintah atau tindakan pada pompa dc agar melaksanakan mengendalikan yang diinginkan

Berisi jenis penelitian, waktu dan tempat penelitian, target/sasaran, subjek penelitian, prosedur, instrumen dan teknik analisis data serta hal-hal lain yang berkaitan dengan cara penelitiannya. target/sasaran, subjek penelitian, prosedur, data dan instrumen, dan teknik pengumpulan data, serta teknik analisis data serta hal-hal lain yang berkaitan dengan cara penelitiannya dapat ditulis dalam sub-subbab, dengan sub-subheading [9, 10]. Subjudul perlu diberi notasi, A, B dan seterusnya. Sub-sub judul tidak perlu diberi notasi, namun ditulis dengan huruf kecil berawalkan huruf non-kapital, TNR-10 unbold, rata kiri [11].

IV. HASIL DAN ANALISA

A. Pengujian Sistem Setiap Blok

Untuk memastikan dan mengetahui kinerja sistem diperlukan pengujian sistem dan analisa agar sesuai dengan perencanaan yang sudah dibuat dan untuk memperkecil kesalahan dalam perancangan sistem. Pengujian sistem terdiri dari pengujian pada *hardware* (perangkat keras) dan pengujian pada *software* (perangkat lunak). Pengujian dilakukan secara terpisah dan secara keseluruhan. Sistem yang sudah terintegrasi kemudian diuji dan dianalisa sehingga ketercapaian sistem dapat dibandingkan dengan apa yang sudah direncanakan pada sistem. Aplikasi yang dibuat pada Android Blynk sebagai perangkat interface yaitu sebagai monitoring serta menampilkan pembacaan dari sensor nutrisi dan sensor ketinggian (level air).

B. Pengujian Sensor TDS

Pengujian pada sensor TDS dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor TDS dengan TDS meter, larutan yang dipakai dalam pengujian adalah larutan pupuk AB mix yang terlarut dalam 2 liter air dengan jumlah larutan pupuk yang berbeda beda agar mendapatkan nilai yang berbeda beda pula.

Tabel 1. Pengujian Akurasi TDS sensor

No	Larutan	TDS Meter	Sensor TDS	Error (%)	Akurasi (%)
1	2 liter air	216	191	13.0%	87.0 %
2	2 liter air + 5 ml pupuk AB mix	525	530	0.94	99.06
3	2 liter air + 10 ml pupuk AB mix	789	762	3.54	96.46
4	2 liter air + 15 ml pupuk AB mix	1040	1046	0.57	99.43

5	2 liter air + 20 ml pupuk AB mix	1264	1298	2.61	97.39
6	2 liter air + 25 ml pupuk AB mix	1463	1539	4.93	95.07
Rata-rata				4.26	95.73

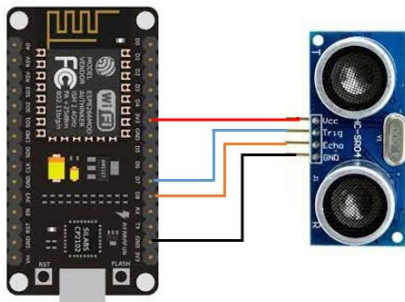
Untuk mencari nilai error dihitung dengan persamaan berikut.

$$Error = \frac{TDS\ Meter - Sensor\ TDS}{TDS\ Meter} \times 100\% \quad (1)$$

Pada pengujian sensor TDS didapatkan nilai rata-rata error pada sensor sebesar 4.26 % dan tingkat akurasi sensor sebesar 95.73 %.

C. Pengujian Sensor Level Air HC-SR04

Untuk pembacaan level air yang dipakai kedalam sistem menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 .



Gambar 12. Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pengujian sensor dilakukan dengan membaca ketinggian air pada bak penampungan dengan ketinggian yang bervariasi sehingga dapat dihasilkan hasil yang berbeda beda.

Tabel 2. Pengujian Akurasi Sensor Ultrasonic HC-SR04

No	Tinggi Air Aktual (Cm)	Sensor Hc-Sr04 (Cm)	Selesih	Error (%)	Akurasi (%)
1	5	5.08	0.08	1.6	98.4
2	8	7.99	0.01	0.12	99.88
3	12	11.68	0.32	2.6	97.4
4	18	17.97	0.03	0.16	99.84
5	20	19.93	0.07	0.35	99.65
Rata-rata				0.96	99.04

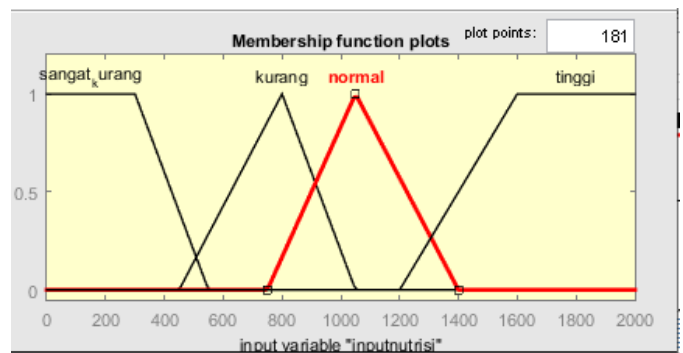
D. Pengujian Fuzzy Logic

Pengujian dilakukan dengan kadar nutrisi dan level air yang berbeda-beda meliputi semua yang terdapat dari *membership function* pada *fuzzy mapping rule* sehingga dapat dibandingkan dengan output pada simulasi *fuzzy* di MATLAB. Adapun tahapan antara lain :

1) Fuzzyfikasi

Untuk menggunakan metode mamdani yang pertama dilakukan adalah membentuk himpunan keanggotaan, ada empat variabel fuzzy yang terdiri dari

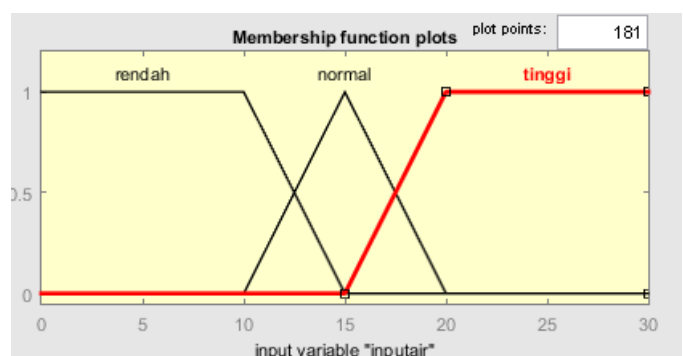
- Variabel Nutrisi ada 4 himpunan terdiri dari sangat kurang, kurang, normal, dan tinggi
- Variabel level air ada 3 himpunan terdiri dari rendah, normal, dan tinggi
- Variabel output nutrisi ada 6 himpunan terdiri dari off, sangat sedikit, sedikit, medium, banyak, sangat banyak
- Variabel output air ada 4 himpunan terdiri dari off, sedikit, medium, banyak.



Gambar 13. Fungsi Keanggotaan Kadar Nutrisi

Tabel 3. Membership Function Input Nutrisi

No	Keterangan	Range/ppm
1	Sangat Kurang	<500
2	Kurang	450-1050
3	Normal	750-1400
4	Tinggi	1200-1600

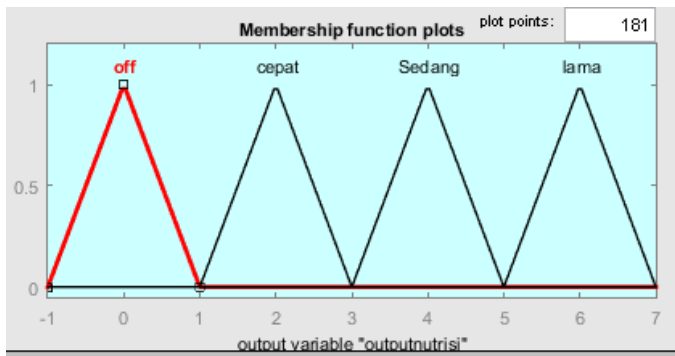


Gambar 14. Fungsi Keanggotaan Level Air

Tabel 4. Membership Function Input Level Air

No.	Keterangan	Range/cm
1	Rendah	0-15
2	Normal	10-25
3	Tinggi	20-30

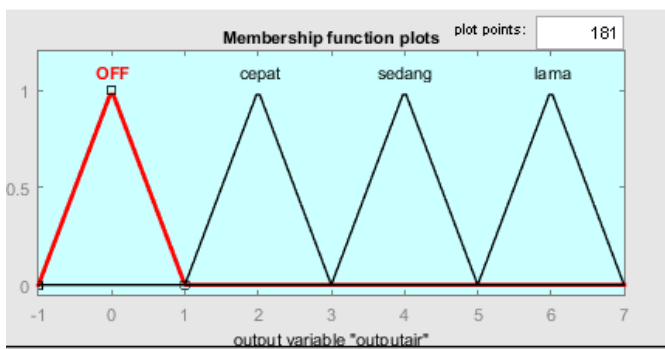
Untuk pembentukan fungsi keanggotaan pada output nutrisi dan output air di sesuaikan dengan debit air pompa nutrisi sebagai aktuator pada sistem, pompa yang digunakan memiliki spesifikasi debit air sebesar 40 ml per 1 detik.



Gambar 15. Fungsi Keanggotaan Durasi Output Nutrisi

Tabel 5. Membership Function Output Nutrisi

Membership Output Nutrisi				
No	Keterangan	Range /Detik		
		a	b	c
1	Mati	-1	0	1
2	Cepat	1	2	3
3	Sedang	3	4	5
4	Lama	5	6	7



Gambar 16. Fungsi Keanggotaan Durasi Output Air

Tabel 6. Membership Function Output Air

Membership Output Air				
No	Keterangan	Range /Menit		
		a	b	c
1	Off	-1	0	1
2	Cepat	1	2	3
3	Sedang	3	4	5
4	Lama	5	6	7

2) Rule Base

Setelah tahap fuzzyfikasi selanjutnya menentukan aturan-aturan fuzzy atau rule base. Aturan-aturan ini digunakan untuk output yang akan digunakan sebagai parameter untuk mengendalikan berapa lama pompa nutrisi dan air akan aktif. Aturan-aturan yang akan pada sistem pemberian nutrisi otomatis menggunakan kendali fuzzy berjumlah 12 aturan

3) Inferensi

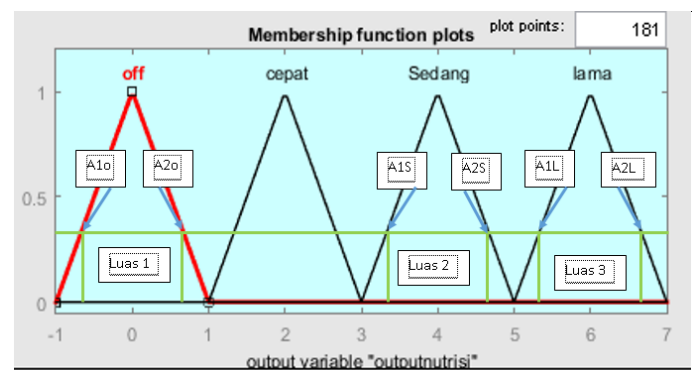
Setelah menentukan aturan fuzzy, langkah selanjutnya adalah proses inferensi dari 12 aturan fuzzy yang sudah ditentukan, kemudian menentukan nilai a dan z untuk masing-masing aturan dengan mengambil nilai minimal pada setiap aturan yang digunakan. Perhitungan dilakukan ketika nilai air sebesar 900 dan ketinggian air sebesar 13 cm, pada nilai 900 berada di curva kurang dan sangat kurang, sedangkan ketinggian 13 cm berada di curva rendah dan normal.

Tabel 7a. Rule Base Output Nutrisi

Rule Base					
Nutrisi Output		Nutrisi			
		Sangat Kurang	Kurang	Normal	Tinggi
Air	Rendah	L	L	S	S
	Normal	L	S	Off	Off
	Tinggi	C	S	Off	Off

Tabel 7b. Rule Base Output Air

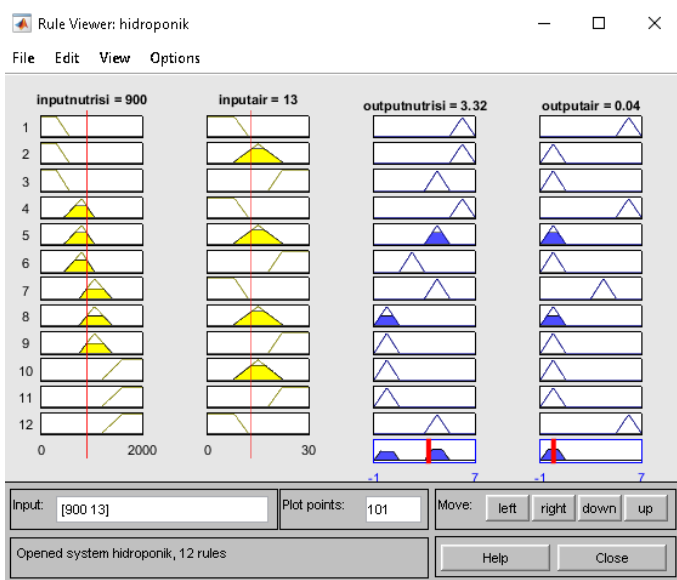
Rule Base					
Nutrisi Output		Nutrisi			
		Sangat Kurang	Kurang	Normal	Tinggi
Air	Rendah	L	L	S	L
	Normal	Off	Off	Off	Off
	Tinggi	Off	Off	Off	Off



Gambar 17. Menentukan Luas dan Moment

4) Defuzzyfikasi

Tahap ini adalah langkah terakhir dalam logika fuzzy yang bertujuan untuk mengkonversi setiap hasil dari inference yang diekspresikan dalam bentuk fuzzy set ke suatu bilangan real.



Gambar 18. Hasil Defuzzyfikasi Pada Matlab

Pengujian kendali fuzzy logic dilakukan dengan input kadar nutrisi dan level air yang bervariasi yang meliputi seluruh block dari membership function pada fuzzy mapping dan dibandingkan dengan output pada pemodelan fuzzy logic MatLab.

$$\begin{aligned}
 \text{Defuzzyfikasi nutrisi} &= \frac{\sum M}{\sum \text{luas}} \\
 &= \frac{0.275 + 1.876 + 2.336}{0.4405 + 0.4405 + 0.4405} \\
 &= \frac{4.387}{1.325} \\
 &= 3.32
 \end{aligned}$$

Tabel 8. Pengujian Logika Fuzzy Pada Output Nutrisi

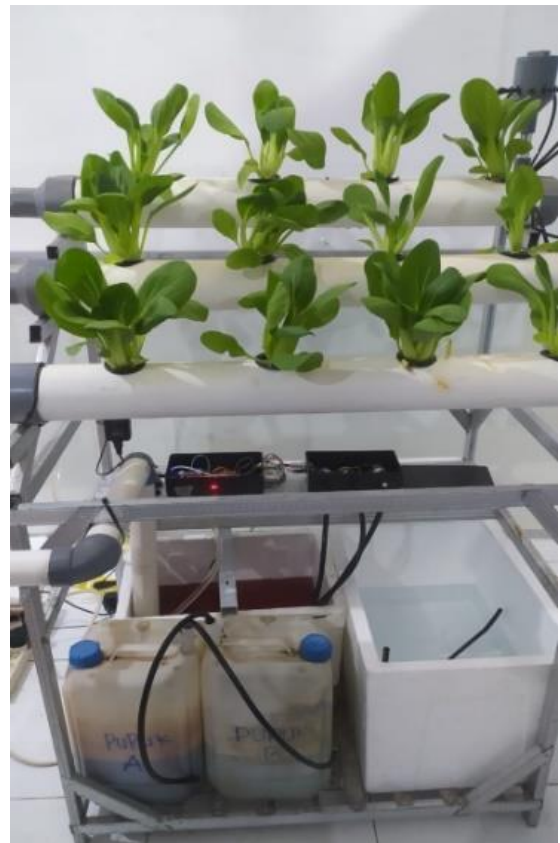
No	Input			Output Nutrisi			
	Set Point (Ppm)	Offset (Ppm)	Level Air (cm)	Output Matlab (S)	Output Sistem (S)	Error (%)	Akura si (%)
1	1200	-157	5	4.04	4.2	3.2	96.8
2		-343		5.48	5.40	1.4	98.6
3		-527	12	3.96	3.90	1.5	98.5
4		-246		0.52	0.50	3.84	36.16
5		+ 56	18	0	0	0	100
6		-674		4.44	4.23	4.7	95.3
7		+ 58	20	0	0	0	100
8		+108		0	0	0	100
9		+ 23	21	0	0	0	100
10		-565		2.36	2.40	1.6	98.4
Rata-Rata						1.6	98.4

Tabel 9. Pengujian Logika Fuzzy Pada Output Air

No.	Input Air		Output Air			
	Setpoint (cm)	Offset level air (cm)	Ouput matlab (m)	Output system (m)	Error (%)	Akurasi (%)
1	20 cm	-15	5.96	5.87	1.5	98.5
2		-14	5.96	5.88	1.3	98.7
3		-13	5.96	5.92	0.6	99.4
4		-12	5.96	5.89	1.17	98.83
5		-10	5.48	5.23	4.56	95.44
6		+5	0.04	0.04	0	100
Rata-rata					1.5	98.5

E. Pengujian Keseluruhan

Pengujian sistem pencampur nutrisi secara keseluruhan dengan menggabungkan semua perangkat baik hardware, perangkat software, maupun perangkat mikrokontrolernya. Pada perangkat keras terdapat motor sebagai aktuator dan bak penampungan air, nutrisi, serta maket hidroponik yang terbuat dari susunan pipa, untuk perangkat software membuat program yang akan di isikan ke bagian mikrokontroler, bagian mikrokontroler perangkat yang digunakan adalah NODEMCU sebagai otak sistem, yang terhubung dengan sensor TDS dan sensor ultrasonic sebagai pembaca dan mengirim data ke mikrokontroler, yang nantinya mikrokontroler akan memerintahkan ke motor sebagai aktuator.



Gambar 19. Penggabungan Perangkat Sistem

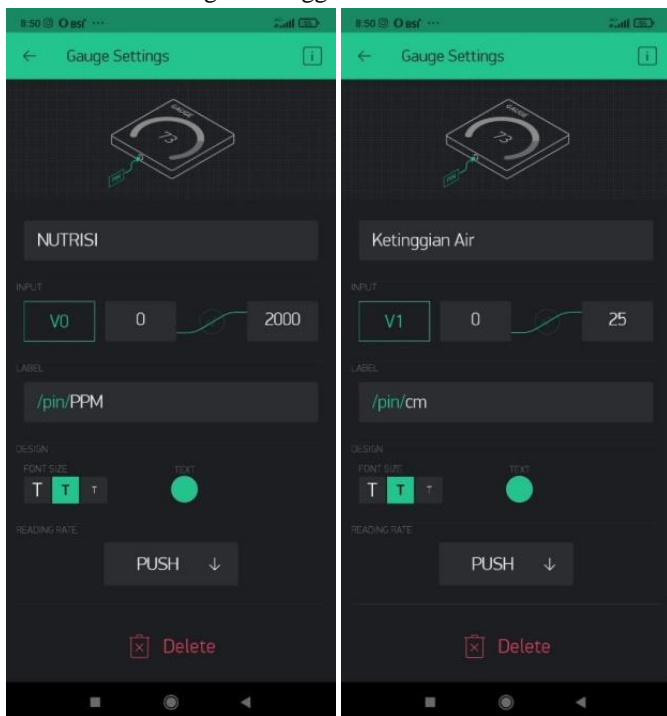


Gambar 20. Pemasangan Komponen

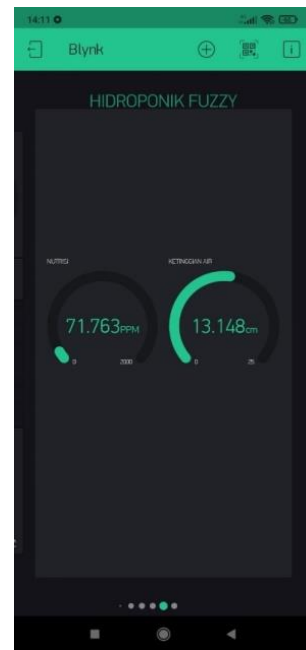
Setelah itu sebelum semua *script* di upload yang harus dilakukan adalah mengatur pada aplikasi BLYNK android sebagai monitoring hasil pembacaan nutris dan ketinggian level air.

Setelah itu melakukan pengujian hasil pencampuran nutrisi berdasarkan kendali fuzzy logic dengan melakukan perbandingan antara kadar nutrisi dan level air terhadap set point yang diatur.

Set point nutrisi diatur sebesar 1200 PPM sedangkan pada level air diatur dengan ketinggian 20 cm.

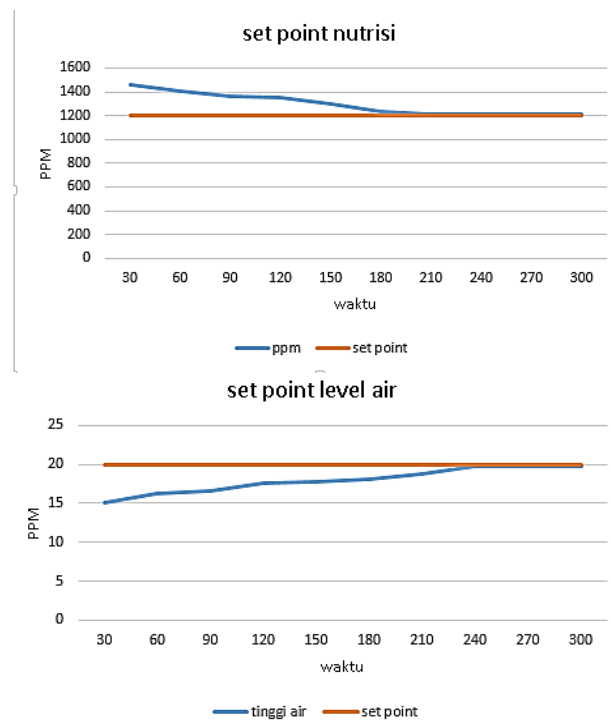


Gambar 21. Setting Komponen Pada Aplikasi Blynk



Gambar 22. Tampilan Hasil Pembacaan Pada Aplikasi BLYNK

Dari sepuluh percobaan pada tabel 10 dengan data sebagai input fuzzy yang tersebar di area fuzzy mapping rules, untuk menghasilkan output durasi nyala pompa nutrisi dan/atau pompa air untuk mencapai set point nutrisi dan level air pada bak pencampur. data pembacaan kadar nutrisi setelah proses penambahan nutrisi dan/atau air dan pengadukan melalui sirkulasi pompa sirkulasi selama 5 menit. Daritabel diatas tingkat keberhasilan untuk mencapai set point pada sistem sebesar 96,875 % untuk nutrisi dan 96,375% untuk level air.



Gambar 23 Grafik Respon Terhadap Set Point Nutrisi dan Ketinggian Air

Tabel 10. Pengujian Terhadap Set Point

No	Input		Set Point Nutrisi		Output		Error		Akurasi	
	Nutrisi %	Level Air %	Nutrisi %	Level Air %	Nutrisi %	Level Air %	Nutrisi %	Level Air %	Nutrisi %	Level Air %
1	321	5	1200	20	1215	19,8	1,25	1	98,75	99
2	-362	8			1278	19,5	6,50	2,5	93,50	97,5
3	-88	9			1295	19,6	7,92	2	92,08	98
4	-110	11			1232	18,75	2,67	6,25	97,33	93,75
5	-230	12			1240	19,55	3,33	2,25	96,67	97,75
6	256	13			1237	20,5	3,08	2,5	96,92	97,5
7	-456	15			1217	19,75	1,42	1,25	98,58	98,75
8	-352	18			1229	20,7	2,42	3,5	97,58	96,5
9	100	21			1219	21	1,58	5	98,42	95
10	225	22			1213	22	1,08	10	98,92	90
Rata Rata							3,13	3,625	96,875	96,375

F. Pengujian Pertumbuhan Tanaman

Setelah sistem berjalan sesuai rencana selanjutnya dilakukan pengujian pertumbuhan tanaman dengan cara membandingkan pertumbuhan 24 tanaman pakcoy yang ditanam bersama, dan diberikan nutrisi awal dengan PPM yang sama, tanaman dibagi menjadi dua, 12 tanaman diberikan sistem kendali nutrisi dengan fuzzy logic dan 12 tanaman lagi tidak dilakukan kendali nutrisi logika fuzzy.



a). Tanpa fuzzy logic



b). Menggunakan fuzzy logic

Gambar 24. Hasil Pertumbuhan Tanaman Pakcoy

Dapat dilihat ada sedikit perbedaan dari segi visual dan pertumbuhan tanaman, dari hasil pengamatan selama 15 hari pada sistem kendali dengan logika fuzzy.

Tabel 11. Pertumbuhan Tanaman dengan Logika Fuzzy

Hari	Tinggi Tanaman												Jumlah Daun											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	6,5	7	7	7,5	7,5	8	8	7	7	9	8	8	6	7	7	8	8	7	7	9	9	10	7	8
2	6,5	7	7	7,5	7,5	8	8	7	7	9	8	8	6	7	7	8	8	7	7	10	10	10	7	8
3	6,5	7,6	7,6	8,2	8,2	8,4	8,4	7,6	7,6	9,2	8,4	8,4	6	8	7	8	9	7	7	10	10	11	7	8
4	7,2	7,6	7,6	8,5	8,5	9	9	7,6	7,6	9,2	9	9	7	8	8	9	9	8	8	10	10	11	8	9
5	7,2	8	8	8,5	8,5	9,5	9,5	8	8	9,2	9,5	9,5	7	8	8	9	9	8	8	11	11	11	8	9
6	7,2	8	8	9,5	9,5	9,5	9,5	8	8	10,5	9,5	9,5	7	9	9	9	10	9	9	11	11	12	9	9
7	8,3	8,5	8,5	9,5	9,5	10,2	10,2	8,5	8,5	10,5	10,2	10,2	8	9	9	10	10	9	9	11	11	12	9	10
8	8,3	8,5	8,5	10,2	10,2	11	11	8,5	8,5	11,3	11	11	8	9	9	10	10	9	9	12	12	12	9	10
9	8,3	8,8	8,8	11	11	11,2	11,2	8,8	8,8	11,3	11,2	11,2	8	9	9	10	11	9	9	12	12	13	9	10
10	9,2	9,5	9,5	11,2	11,2	12,5	12,5	9,5	9,5	12	12,5	12,5	9	10	10	11	11	10	10	12	12	13	10	11
11	9,2	10	10	12,5	12,5	13	13	10	10	13,3	13	13	9	10	10	11	11	10	10	13	13	14	10	11
12	10	11,4	11,4	13	13	13,5	13,5	11,4	11,4	14,2	13,5	13,5	9	10	10	11	12	10	10	13	13	14	10	11
13	11,5	12,2	12,2	13,5	13,5	14	14	12,2	12,2	15,2	14	14	10	11	10	11	12	10	10	13	13	14	10	11
14	12	12,5	12,5	14	14	14,5	14,5	12,5	12,5	15,5	14,5	14,5	10	11	11	12	12	11	11	14	14	15	11	12
15	12,5	13	13	14,5	14,5	15	15	13	13	16	15	15,5	10	11	11	12	13	11	11	14	14	15	11	12

Tabel 12. Pertumbuhan Tanaman Tanpa Logika Fuzzy

Hari	Tinggi Tanaman												Jumlah Daun											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	6,5	7	7	7,5	7,5	8	8	7	7	9	8	8	6	7	7	8	8	7	7	9	9	10	7	8
2	6,5	7	7	7,5	7,5	8	8	7	7	9	8	8	6	7	7	8	8	7	7	9	9	10	7	8
3	6,5	7,6	7,6	8,2	8,2	8,4	8,4	7,6	7,6	9,2	8,4	8,4	6	8	7	8	9	7	7	9	9	10	7	8
4	7,2	7,6	7,6	8,5	8,5	9	9	7,6	7,6	9,2	9	9	6	8	8	9	9	8	8	9	9	10	8	9
5	7,2	8	8	8,5	8,5	9,5	9,5	8	8	9,2	9,5	9,5	6	8	8	9	9	8	8	10	10	11	8	9
6	7,2	8	8	9,5	9,5	9,5	9,5	8	8	10,5	9,5	9,5	7	9	9	9	10	9	9	10	10	11	9	9
7	8,3	8,5	8,5	9,5	9,5	10,2	10,2	8,5	8,5	10,5	10,2	10,2	7	9	9	10	10	9	9	10	10	11	9	10
8	8,3	8,5	8,5	10,2	10,2	11	11	8,5	8,5	11,3	11	11	7	9	9	10	10	9	9	11	11	11	9	10
9	8,3	8,8	8,8	11	11	11,2	11,2	8,8	8,8	11,3	11,2	11,2	7	9	9	10	11	9	9	11	11	11	9	10
10	9,2	9,5	9,5	11,2	11,2	12,5	12,5	9,5	9,5	12	12,5	12,5	7	10	10	11	11	10	10	11	11	12	10	11
11	9,2	10	10	12,5	12,5	13	13	10	10	13,3	13	13	7	10	10	11	11	10	10	11	11	12	10	11
12	10	11,4	11,4	13	13	13,5	13,5	11,4	11,4	14,2	13,5	13,5	8	10	10	11	11	10	10	12	12	12	10	11
13	11,5	12,2	12,2	13,5	13,5	14	14	12,2	12,2	15,2	14	14	8	11	10	11	11	10	10	12	12	13	10	11
14	11,5	12,5	12,5	14	14	14,5	14,5	12,5	12,5	15,5	14,5	14,5	8	11	11	11	12	11	11	12	12	13	11	11
15	11,5	13	13	14,5	14,5	15	15	13	13	15,5	15	15,5	8	11	11	12	12	11	11	12	12	13	11	12

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sistem kontrol pencampur nutrisi hidroponik dirancang menggunakan fuzzy logic control pada perangkat Arduino yang disimulasikan pada software Matlab.
2. Berdasarkan hasil pengujian tingkat keberhasilan 96,875 % untuk nutrisi dan 96.375% untuk air dalam mencapai set poin
3. Pada ketercapaian durasi output memiliki nilai keberhasilan 98,4% untuk output nutrisi dan 98,5% untuk durasi output air dari perbandingan pemodelan di MatLab.
4. Berdasarkan hasil pengujian pada tanaman packcoy, packcoy yang menggunakan sistem kontrol pertumbuhannya sedikit lebih baik dari pada packcoy tanpa sistem kontrol, dengan tanaman tertinggi 16 cm

dengan menggunakan sistem kontrol sedangkan packcoy tanpa sistem kontrol tertinggi 15 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. M. P. Dyka, "Pengendalian pH dan Ec pada Larutan Nutrisi Hidroponik Tomat Ceri," Fakultas Teknologi Dan Informatika Institut Bisnis Dan Informatika Stikom Surabaya, 2018.
- [2] A. Suryanto, B. Irawan, and C. Setianingsih, "Pengembangan Sistem Otomatisasi Pengendalian Nutrisi pada Hidroponik Berbasis Android," *e-Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 2213–2219, 2017.
- [3] E. A. Suprayitno MT, R. D. M.Kom, and M. A. ST, "Otomasi Sistem Hidroponik DFT (Deep Flow Technique) Berbasis Arduino Android dengan Memanfaatkan Panel Surya sebagai Energi Alternatif," *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ.*, vol. 3, no. 2, pp. 30–37, 2019, doi: 10.21831/elinvo.v3i2.21161.
- [4] R. Zamora, H. Harmadi, and W. Wildian, "Perancangan Alat Ukur Tds (Total Dissolved Solid) Air Dengan Sensor Konduktivitas Secara Real Time," *Sainstek J. Sains dan Teknol.*, vol. 7, no. 1, p. 11, 2016, doi: 10.31958/js.v7i1.120.
- [5] D. Pancawati and A. Yulianto, "Implementasi Fuzzy Logic Controller untuk Mengatur Ph Nutrisi pada Sistem Hidroponik Nutrient Film

- Technique (NFT)," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 2, p. 278, 2016, doi: 10.25077/jnte.v5n2.284.2016.
- [6] F. Hunaini, I. Robandi, and N. Sutrinta, "Sistem Kontrol Optimal Fuzzy-Particle Swarm Optimization," *J. INTAKE J. Penelit. Ilmu Tek. Dan Ter.*, vol. 9, pp. 1–4, 2018.
- [7] F. Hunaini, I. Robandi, and N. Sutrinta, "Lateral and Yaw Motion Control of The Vehicle Using Fuzzy Logic and PID being Optimized by Firefly Algorithm," *J. Theor. Appl. Inf. Technol.*, vol. 87, no. 1, pp. 16–24, 2016.
- [8] S. M. Bachri, "Sistem Kendali Hybrid PID- Logika Fuzzy Pada pengaturan Kecepatan Motor DC," *Makara Teknol.*, vol. 8, no. 1, pp. 25–34, 2004.
- [9] B. Tripama and R. Yahya, "Respon Konsentrasi Nutrisi Hidroponik Terhadap Tiga Jenis Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.)," *J. Online UM Jember*, vol. 16, no. 2, pp. 237–249, 2018.
- [10] S. A. El Safura, M. R. Kirom, and A. Suhendi, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Logika Fuzzy Pada Pengaturan Nutrient Film Technique," *e-Proceeding Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 959–966, 2018.
- [11] S. Batubara, "Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani Dan Fuzzy Sugeno Untuk Penentuan Kualitas Cor Beton Instan," *It J. Res. Dev.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2017, doi: 10.25299/itjrd.2017.vol2(1).644.
- [12] M. N. Prio Handoko, Hendi Hermawan, "Sistem Kendali Alat Elektronika Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno R3 Dan Athernet Shield Dengan Antarmuka Berbasis Android," *Din. REKAYASA*, vol. 14, no. September 2015, pp. 1–7, 2016, doi: 10.13140/RG.2.1.4140.6165.
- [13] M. S. Son, "Pengembangan Mikrokontroler Sebagai Remote Control Berbasis Android," *J. Tek. Inform.*, vol. 11, no. 1, pp. 67–74, 2018, doi: 10.15408/jti.v11i1.6293.
- [14] N. S. Salahuddin and A. Kowanda, "Sistem Kontrol dan Monitoring Hidroponik berbasis Android," *STMIK Atma Luhur Pangkalpinang*, pp. 8–9, 2018.
- [15] H. Cahyani, H. Harmadi, and W. Wildian, "Pengembangan Alat Ukur Total Dissolved Solid (TDS) Berbasis Mikrokontroler Dengan Beberapa Variasi Bentuk Sensor Konduktivitas," *J. Fis. Unand*, vol. 5, no. 4, pp. 371–377, 2016, doi: 10.25077/jfu.5.4.371-377.2016