
Smart Monitoring Hidroponik Berbasis Internet of Things

Muh Fahmi Rustan^{*1}, Muh Fuad Mansyur², Muh Abrar Akbar³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Sulawesi Barat

e-mail: ^{*1} muhfahmi@unsulbar.ac.id, ² muh.fuadm@unsulbar.ac.id,

³ d02abrarakbar@unsulbar.ac.id

Abstrak

Smart farming atau smart agriculture adalah pengaplikasian internet of things keladarn sebuah sistem pertanian konvensional. Implementasi smart system keladarn sebuah pertanian hidroponik dapat membantu petani dalam memaksimalkan hasil pertaniannya karena dapat mengontrol kebutuhan nutrisi sesuai dengan kebutuhan tanaman, sistem yang dibangun memantau dan menjaga kondisi tanaman hidroponik agar tetap dalam kondisi normal, nutrisi (ppm) yang dibutuhkan tanaman selada 560-840 ppm. Penelitian ini menggunakan logika fuzzy dalam mengatur kebutuhan nutrisi tanaman hidroponik, hasil sistem yang dibuat dapat melakukan pemantauan kondisi Nutrisi, PH Air dan Ketinggian Air secara realtime serta diperoleh hasil pengujian akurasi terhadap sistem sebesar 98.16%.

Kata kunci— *Internet of things, logika fuzzy, tds, hidroponik*

Abstract

Smart farming or smart agriculture is the application of Internet of Things into a conventional farming system. The implementation of smart system into hydroponic farming helps farmers to maximize their agricultural products that can control nutrients according to the plant needs. The built system monitors and maintains the condition of hydroponic plants in order to keep the plants in a normal condition. The lettuce plant needs 560-840 nutrient (ppm) This research used fuzzy logic in regulating the nutritional needs of hydroponic plants. The result of this research shows that the system created can monitor the conditions of Nutrition, PH, and Water Level in real time hence the accuracy testing of the system are 98.16%.

Keywords— *Internet of things, fuzzy logic, tds, hydroponic*

1. PENDAHULUAN

Smart farming adalah penerapan Internet of Things untuk menanam tanaman dengan kemampuan untuk melakukan penghematan tenaga kerja dan sumber daya [1]. Saat ini kebutuhan pangan yang melonjak tinggi di pasaran khususnya seperti sayuran dan buah-buahan, seiring perkembangan jumlah penduduk. Namun hal itu tidak dibarengi dengan pertumbuhan lahan pertanian yang justru semakin sempit [2]. Pertanian merupakan sektor yang sangat penting bagi masyarakat Indonesia. Sektor pertanian sebagai sumber penghasilan bagi masyarakat, karena sebagian besar kawasan Indonesia adalah wilayah pertanian. Melihat banyaknya lahan yang di pakai oleh masyarakat sebagai lahan pemukiman, maka saat ini ada cara lain untuk memanfaatkan lahan sempit sebagai usaha dalam mengembangkan hasil pertanian, yaitu dengan cara bercocok tanam secara hidroponik [3]

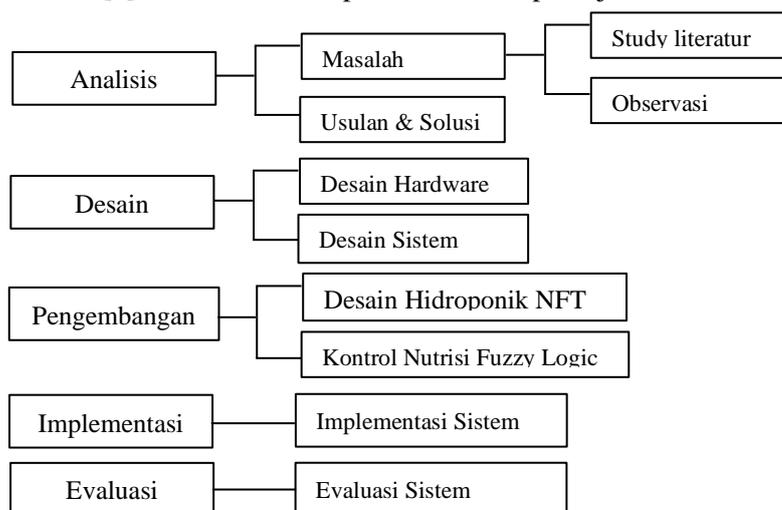
Petani kadang menemui kendala seperti tidak maksimalnya hasil panen yang dikarenakan tidak memperhatikan kualitas air yang digunakan. Penyerapan larutan nutrisi merupakan komponen utama dari budidaya hidroponik. Seringkali larutan nutrisi yang diberikan tidak dapat diserap tanaman karena aliran larutan nutrisi yang tidak dapat merata di seluruh permukaan talang sehingga akar yang tidak terkena atau tersentuh aliran nutrisi mengakibatkan pertumbuhan tanaman terhambat [2].

Pertumbuhan tanaman hidroponik sangat dipengaruhi oleh media airnya, pada akhirnya akan mempengaruhi hasil produksi tanaman tersebut. Pemantauan berkelanjutan dan tindakan korektif diperlukan untuk pertumbuhan tanaman yang sehat [4]. Untuk memberikan nutrisi yang baik pada tanaman diberikan nutrisi AB Mix, yang terdiri dari unsur mikro (A) dan unsur makro (B). Pada unsur A (makro) mengandung campuran kalium nitrat, dan zat besi. Sedangkan unsur B (mikro) mengandung campuran kalium dihidrofosfat, amonium sulfat, kalium sulfat, seng sulfat serta berbagai unsur lainnya [5].

Untuk dapat mengatasi kebutuhan nutrisi diperlukan sebuah sistem yang dapat mengontrol pemberian nutrisi secara otomatis dan memonitoring tingkat keasaman (pH). Otomasi mengurangi kesalahan manusia dan dapat meningkatkan akurasi dan stabilitas [6], sistem yang digunakan yaitu mikrokontroler ESP32 sebagai sistem utama untuk memperoleh data dari Sensor TDS (*Total Dissolved Solid*) dimana memiliki fungsi sebagai pendeteksi kadar ppm atau nutrisi yang akan dialirkan pada pipa paralon untuk mendistribusikan nutrisi pada tanaman, air akan mengalir secara terus menerus agar nutrisi tidak mengendap di dalam pipa paralon yang dapat menyebabkan tanaman tidak dialiri nutrisi secara merata. Penggunaan metode *Fuzzy logic* dalam sistem ini sebagai pengatur pemberian nutrisi AB Mix agar sesuai dengan kebutuhan nutrisi tanaman. Untuk mengetahui bagaimana sistem bekerja dengan baik atau mengetahui kadar nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman dibutuhkan teknologi IoT agar dapat mengetahui kadar ppm/nutrisi dan pH pada tanaman secara *realtime*.

2. METODE

Metode dalam merancang smart monitoring hidroponik berbasis Internet of Things ini adalah metode *research and development* [7]. Model pengembangan sistem ini mengacu pada model pengembangan ADDIE yaitu dengan melakukan analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi [8]. Prosedur dalam penelitian ini dapat dijelaskan dalam gambar 1.

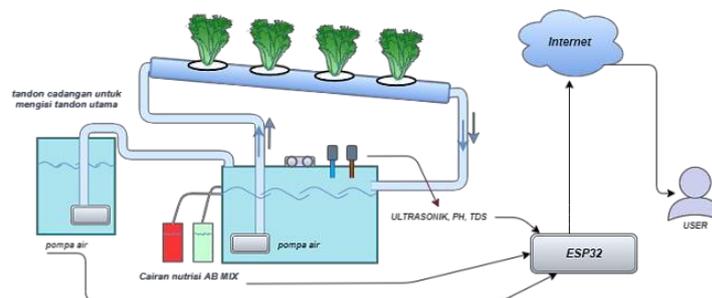


Gambar 1 Alur Pengembangan Sistem

2.1 Analisis

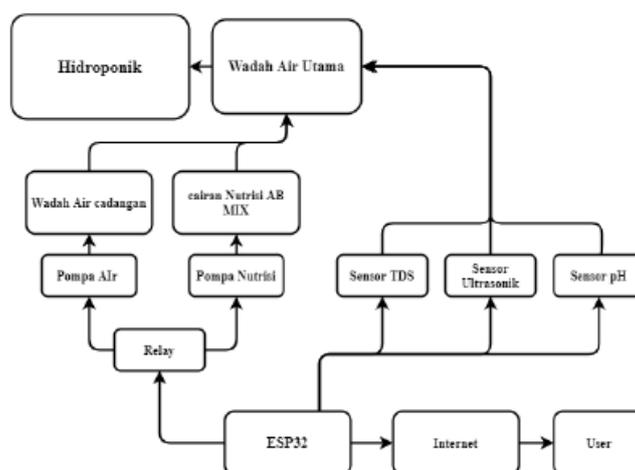
Pada tahap ini dilakukan tahapan identifikasi masalah melalui studi literatur dengan mengumpulkan kebutuhan seperti waktu yang dibutuhkan tanaman selada dalam pertumbuhannya, berapa jumlah ppm atau nutrisi dan kadar pH yang dibutuhkan tanaman, berapa takaran pencampuran nutrisi AB Mix yang dituangkan ke wadah. Langkah selanjutnya mendefinisikan format seluruh perangkat lunak, mengidentifikasi semua kebutuhan, dan garis besar sistem yang akan dibuat seperti cara kerja ESP32, sensor TDS, sensor pH, sensor ultrasonik, relay dan pompa air serta proses kerja alur *fuzzy logic* sebagai pengatur cairan nutrisi yang akan dituangkan kedalam wadah nutrisi hidroponik.

2.2 Desain



Gambar 2 Desain Perancangan

Pada gambar 2 menunjukkan desain perancangan hidroponik NFT yang dibuat. Hidroponik sistem NFT yang dirancang memiliki bagian-bagian seperti talang, selang, yang berfungsi sebagai media dalam memberikan nutrisi yang dialirkan dari wadah, netpot sebagai wadah untuk menyimpan tanaman, botol sebagai penyimpan cairan nutrisi A dan B, rangka pipa yang berguna sebagai penopang talang, pompa air untuk memompa air wadah dan air cadangan yang ada pada wadah air cadangan apabila air pada wadah utama berkurang, mikrokontroler *ESP32* sebagai pengendali utama dari sensor TDS yang menampilkan data *ppm*, sensor *pH* yang menampilkan kadar keasaman pada air, serta sensor ultrasonik membaca ketinggian air pada wadah, hasil pembacaan sensor dikirim ke user melalui *internet*.

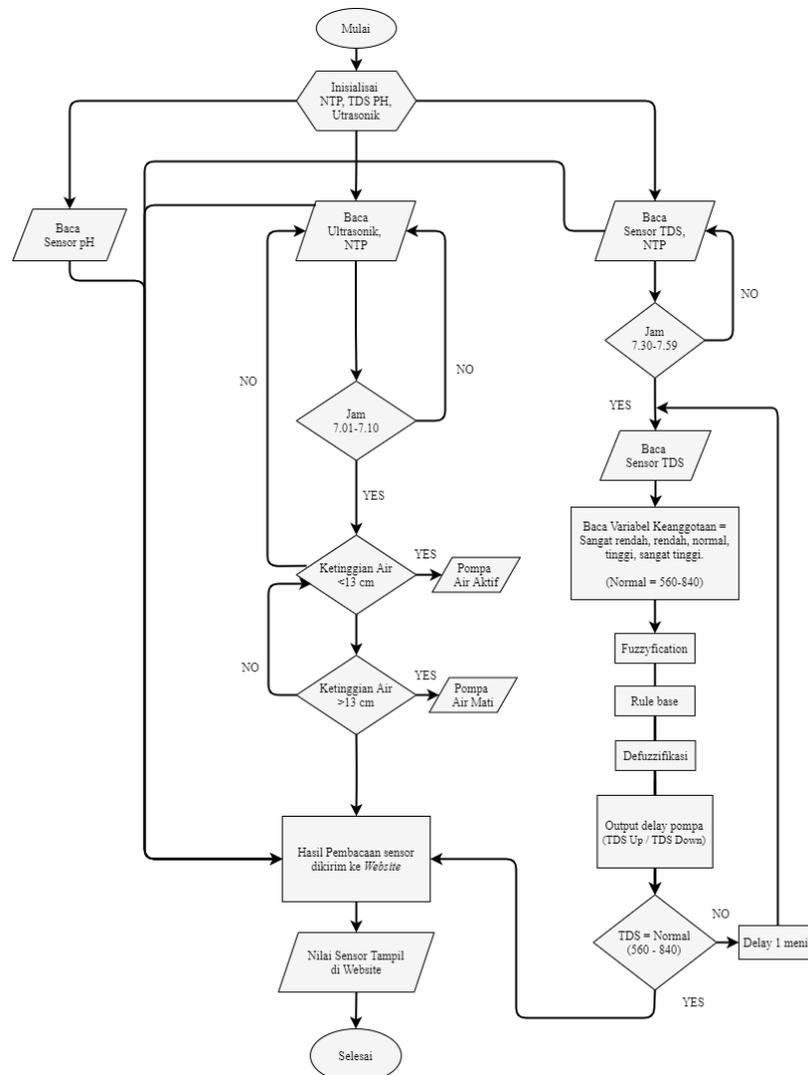


Gambar 3 Alur Pengembangan Sistem

Gambar 3 merupakan perancangan *hardware* yang dimana Sensor TDS mendeteksi kadar nutrisi dan Sensor pH mendeteksi keasaman pada air dalam wadah. Ketika nutrisi rendah ESP32 akan memerintahkan relay untuk mengaktifkan pompa nutrisi bekerja, nutrisi yang sudah terlarut dalam wadah air dialirkan ke tanaman. Pompa cadangan air akan aktif ketika air pada wadah berkurang yang dideteksi dari pembacaan sensor Ultrasonik. Data sensor TDS, sensor pH, dan sensor Ultrasonik dikirim ke user untuk menampilkan berapa nilai ppm, nilai kadar keasaman dan ketinggian air pada wadah air utama.

2.3 Pengembangan

Dalam penelitian ini, proses pengembangan yang dilakukan berupa perancangan sistem pemberian nutrisi otomatis menggunakan metode *fuzzy logic*, sistem dibuat dapat melakukan pemantauan terhadap kondisi air yang di atur menggunakan *NTP Client*. Informasi yang ditampilkan website dapat mengetahui berapa nutrisi/ppm, kadar keasaman (pH) air dan banyaknya air pada wadah penjelasan pengembangan sistem dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 4 Flowchart system smart monitoring hidroponik

Gambar 4 merupakan *flowchart system* secara keseluruhan, untuk tahap pertama akan dilakukan inisialisasi sensor TDS, pH, ultrasonik serta NTP *Client*. Selanjutnya hasil pembacaan sensor TDS, pH, dan ultrasonik ditampilkan pada website secara *realtime*. Pada jam 07.01-07.10 sensor ultrasonik aktif untuk melakukan cek kondisi ketinggian air, apabila sensor ultrasonik mendeteksi ketinggian air <13 cm pompa akan aktif untuk mengisi wadah dan saat pembacaan ultrasonik mendeteksi >13 cm pompa akan berhenti. Selanjutnya pada jam 07.30-07.59 sensor TDS akan aktif untuk mendeteksi kadar nutrisi yang kemudian dimasukkan pada variabel keanggotaan yang memiliki lima kondisi yaitu sangat rendah, rendah, normal, tinggi, dan sangat tinggi. Selanjutnya tahap *fuzzification* dimana nilai *crisp* atau hasil pembacaan sensor TDS diubah dalam bentuk fuzzy yang kemudian ditentukan dalam *rule base*. Tahap akhir adalah proses defuzzifikasi yang dimana hasil *rule base* akan dikonversi kembali dalam bentuk *crisp* yang berupa *output delay* untuk menghidupkan pompa TDS UP dan TDS DOWN. Saat angka normal ppm belum mencapai 560-840 ppm sistem akan kembali bekerja dengan jeda/delay waktu selama 1 menit kemudian kembali ke tahap pembacaan sensor TDS.

2.4 Implementasi

Tahap implementasi dilakukan setelah produk dievaluasi dan disetujui oleh pakar. Tahapan yang dilakukan dalam menguji kinerja perangkat yang dirancang dan untuk mengetahui kinerja masing-masing komponen. Komponen yang diuji antara lain sensor TDS, sensor Ultrasonik. Hasil pengujian komponen yang digunakan pada *smart monitoring* hidroponik dapat dilihat pada hasil dan pembahasan.

2.5 Evaluasi

Tahapan evaluasi dilakukan agar sistem yang telah dibuat sudah sesuai dengan yang diharapkan. Uji coba dilakukan dalam beberapa tahap uji coba (*testing*) diantaranya pengujian menggunakan *blackbox*, pengujian dengan membandingkan hasil pembacaan sensor-sensor yang digunakan dengan alat ukur konvensional yang terkalibrasi untuk membuktikan apakah aplikasi yang telah dibuat sudah sesuai dengan tujuan yang akan dicapai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem yang dikembangkan telah berhasil melakukan monitoring dan mengatur kadar nutrisi air pada wadah hidroponik. Konektivitas dari internet sangat mendukung untuk melakukan proses monitoring dari jarak jauh. Sistem yang dibuat secara otomatis untuk mengambil data kondisi wadah air sehingga pengguna tidak harus lagi memantau kondisi nutrisi secara intensif. Hasil Perancangan hardware dengan menggabungkan semua komponen seperti sensor TDS, sensor pH, sensor Ultrasonik, dan *relay*, dengan *ESP32*. Penyambungan *relay* dengan pompa nutrisi AB *Mix* dan pompa cadangan air yang berfungsi sebagai *Output*, tahapan selanjutnya adalah melakukan pengujian untuk masing-masing sensor dan proses fuzzy.

3.1 Pengujian Sensor TDS

Hasil pengujian sensor TDS yang dibanding dengan hasil pembacaan TDS Meter pada Gambar 4.1.

Tabel 1 Pengujian Sensor TDS

No	Sensor TDS (PPM)	TDS Meter (PPM)	Akurasi (%)
1	906	996	90

Title of manuscript is short and clear, implies research results (First Author)

No	Sensor TDS (PPM)	TDS Meter (PPM)	Akurasi (%)
2	819	850	96
3	740	781	94
4	662	669	98
5	627	642	97
6	532	546	97

Berdasarkan tabel 1 yang dilakukan percobaan sebanyak 6 sampel diperoleh rata-rata akurasi sebesar 95,33%, hasil pengujian sensor yang dibandingkan dengan TDS Meter memiliki selisih yang tidak terlalu jauh dengan nilai sensor TDS meter yang terhubung pada mikrokontroller.

3.2 Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan untuk memperoleh jarak yang dihasilkan oleh sensor ultrasonik yang dibandingkan dengan jarak menggunakan alat ukur penggaris.

No	Jarak (cm)		Akurasi (%)
	Sensor Ultrasonik	Penggaris	
1	16.5	16.9	97
2	14.2	14.5	97
3	13.3	13.5	98
4	10.7	11	97
5	9.7	10	97

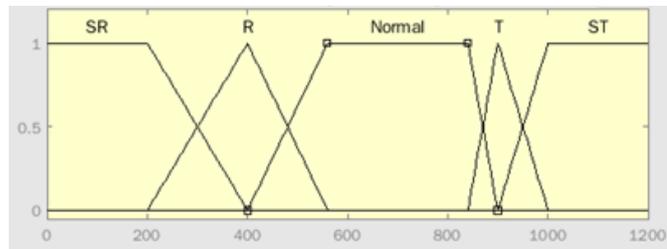
Berdasarkan tabel 2 yang dilakukan percobaan sebanyak 5 sampel diperoleh rata-rata akurasi sebesar 97,2%. hasil pengujian sensor yang dibandingkan dengan alat ukur penggaris dimana sesuai datasheet yang menerangkan bahwa akurasi mencapai ± 3 mm.

3.3 Implementasi Fuzzy Logic

Implementasi fuzzy logic diawali dengan tahapan penentuan Membership Function Input yang memiliki lima variabel keanggotaan, dan *Membership Output* yang berupa *delay (millisecond)* dengan tiga kondisi.

Keterangan	Ranges (ppm)			
	A	B	C	D
(SR) Sangat rendah	0	0	200	400
(R) Rendah	200	400	400	560
Normal	400	560	840	900
(T) Tinggi	840	900	900	1000
(ST) Sangat tinggi	900	1000	1200	1200

Tabel 3 menunjukkan *range* ppm yang memiliki lima variabel yaitu : sangat rendah, rendah, normal, tinggi, sangat tinggi. Nilai ranges dari 0-1200 dalam satuan ppm (*part per million*). Yang di visualisasikan pada *membership function input* pada gambar 5.



Gambar 5

Tabel 4 menunjukkan nilai *Ranges delay* yang memiliki tiga kondisi yaitu stop, sedikit dan banyak. Nilai Ranges dari 0-9000 dalam satuan *milisecond* sebagai output yang mengatur durasi waktu untuk menyalakan pompa.

Tabel 4 *Membership Function Output*

Keterangan	Ranges (<i>milisecond</i>)			
	A	B	C	D
Stop	0	0	0	0
Sedikit	1000	5000	5000	7000
Banyak	7000	8000	9000	9000

Tahap perancangan Inference sistem pada tabel 5, *inference* melakukan penalaran untuk mengambil kesimpulan dalam bentuk *rule base*/aturan.

Tabel 5 *Inference Sistem*

No	<i>Input</i>	<i>Output</i>	
	TDS	TDS UP	TDS DOWN
1	Sangat rendah	Banyak	Stop
2	Rendah	Sedikit	Stop
3	Normal	Stop	Stop
4	Tinggi	Stop	Sedikit
5	Sangat tinggi	Stop	Banyak

Tahapan akhir dalam *fuzzy logic* ialah defuzzifikasi dimana hasil pembacaan sensor yang sebelumnya diubah ke fuzzy kemudian ditentukan pada rule base yang kembali menjadi nilai

bilangan asli yang berbentuk output *delay* dari *membership* output hasilnya dapat dilihat pada gambar 6.

```

Berhasil ke server
berhasil kirim
TDS = 317.33

Ketinggian Air = 9
Minggu, 17:24:5

===== NUTRISI =====
ppm sangat kurang = 0.41
ppm kurang = 0.59
ppm normal = 0.00
ppm tinggi = 0.00
ppm sangat tinggi = 0.00
===== OUTPUT NUTRISI =====
ppm UP stop = 0.00
ppm UP banyak = 0.41
ppm UP sedikit = 0.59
ppm DOWN banyak = 0.00
ppm DOWN sedikit = 0.00
==HASIL==
OUTPUT PEM UP = 5177.81
OUTPUT PEM DOWN = 0.00
.....

Berhasil ke server
berhasil kirim
TDS = 517.50

Ketinggian Air = 10
Minggu, 17:28:57
===== NUTRISI =====
ppm sangat kurang = 0.00
ppm kurang = 0.27
ppm normal = 0.73
ppm tinggi = 0.00
ppm sangat tinggi = 0.00
===== OUTPUT NUTRISI =====
ppm UP stop = 0.73
ppm UP banyak = 0.00
ppm UP sedikit = 0.27
ppm DOWN banyak = 0.00
ppm DOWN sedikit = 0.00
==HASIL==
OUTPUT PEM UP = 3686.70
OUTPUT PEM DOWN = 0.00
.....
    
```

Gambar 6

3.4 Hasil perancangan sistem monitoring



Gambar 7

Gambar 7 merupakan hasil perancangan sistem dibuat dalam bentuk tampilan web secara *realtime* dimana pengguna dapat melihat data ppm, pH air, dan ketinggian air pada wadah secara *realtime*. Aplikasi web juga mendukung pembacaan nilai sensor TDS yang ditampilkan dalam bentuk grafik.



Gambar 8

Smart monitoring hidroponik yang telah dirancang dapat dilihat pada gambar 8. Hasil perancangan hidroponik menggunakan metode NFT dengan sistem otomatisasi nutrisi menggunakan *fuzzy logic* berhasil dibuat. Untuk melakukan monitoring dapat menggunakan smartphone atau komputer yang terkoneksi dengan internet, mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama dari sensor TDS yang menampilkan data ppm, pH serta ketinggian air.

3.4 Tahapan pengujian sistem

Tahap pengujian sistem, setelah melakukan perancangan *hardware* dan *software* tahapan selanjutnya melakukan pengujian dan analisa terhadap sistem dan alat yang telah dibuat. Apakah sistem dan alat dapat bekerja dengan baik sesuai dengan fungsi dan kegunaan perancangannya. Tahap pengujian bertujuan untuk melihat kemungkinan kesalahan yang terjadi dari setiap proses yang berjalan. Adapun pengujian sistem yang dilakukan adalah pengujian *Black Box* atau pengujian fungsional merupakan metode pengujian tanpa mengetahui struktur internal kode atau program yang dimana dapat mengetahui apakah fungsi dari sistem yang telah dibuat sudah berjalan dengan baik.

Tabel 6 pengujian sistem

Waktu NTP Client	Kondisi	Hasil yang diharapkan	Pengamatan
07:01	Pompa Aktif	Pada pukul 7.01 pompa air aktif jika Ultrasonik Membaca pada ketinggian di bawah 13 cm.	Pompa air Mengisi wadah air utama
07:06	Pompa Mati	Pada pukul 7.06 pompa air tidak aktif saat Ultrasonik membaca pada ketinggian di atas 13 cm.	Pompa air mati saat mencapai Ketinggian yang ditentukan
07:10	Pompa Mati	Pada pukul 7.10 pompa air mati	Pompa air tetap mati, waktu sudah selesai

Berdasarkan tabel 6, penambahan air pada wadah utama berjalan sesuai dengan pewaktuan dan pembacaan ultrasonik. Pompa cadangan air akan aktif pada jam 7.01 dan ultrasonik membaca ketinggian air di bawah 13 cm. Saat ketinggian air mencapai diatas 13 cm pompa akan mati. Pompa akan menyala selama 10 menit kedepan, sebagai rentang waktu dalam pengisian air.

Tabel 7 Pengujian Fuzzy Logic

Input Kadar nutrisi (ppm)	Output				Akurasi (%)
	Output Sistem	Output Matlab	Output Sistem	Output Matlab	
7	7916	8250	-	-	96,0%
274	5753	5670	-	-	98,5%
317	5177	5160	-	-	99,7%
431	4311	4290	-	-	99,5%

Title of manuscript is short and clear, implies research results (First Author)

Input Kadar nutrisi (ppm)	Output				Akurasi (%)
	Output Sistem	Output Matlab	Output Sistem	Output Matlab	
517	3686	3940			93,6%
528	3641	3840	-	-	94,8%
662	0	0	0	0	100,0%
824	0	0	0	0	100,0%
934	-	-	5013	5020	99,9%
1000	-	-	8222	8250	99,7%

Berdasarkan tabel 7 menunjukkan nilai pembacaan kadar nutrisi (ppm), hasil output TDS UP dan output TDS DOWN dari hasil percobaan sebanyak 10 sampel menunjukkan perbandingan output yang dihasilkan *fuzzy logic* dan *output* dari Matlab tidak jauh berbeda dengan akurasi sebesar 98,16%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis kontrol nutrisi air pada tanaman hidroponik berbasis mikrokontroler, maka dapat disimpulkan, Hasil rancangan kontrol nutrisi air pada tanaman hidroponik berbasis mikrokontroler telah berhasil dibuat. Sistem akan berjalan secara otomatis pada pukul 07.01-07.10, pada rentang waktu ini pompa cadangan air akan berjalan untuk menambahkan air pada tandon utama apabila ketinggian air pada wadah kurang dari 13 cm dan akan berhenti pada ketinggian >13 cm. Pada jam 07.30-07.59, sistem kembali berjalan untuk menambahkan nutrisi. Hasil pembacaan sensor TDS yang dimasukkan dalam variabel keanggotaan *fuzzy logic* yang menghasilkan output delay berbeda-beda untuk menyalakan pompa nutrisi A dan B sehingga dapat menstabilkan nutrisi. Nutrisi atau ppm normal dari selada sekitar 560-840 ppm, hasil pengujian yang dihasilkan oleh fuzzy logic melalui mikrokontroler yang dibandingkan dengan output dari aplikasi Matlab tidak jauh berbeda dan diperoleh nilai akurasi sebesar 98,16%.

REFERENSI

- [1] T. Changmai, S. Gertphol, and P. Chulak, "Smart Hydroponic Lettuce Farm using Internet of Things," *2018 10th Int. Conf. Knowl. Smart Technol. Cybern. Next Decad. KST 2018*, pp. 231–236, 2018, doi: 10.1109/KST.2018.8426141.
- [2] W. S. P. Ahmad Yanuar Hadi Putra, "SISTEM KONTROL OTOMATIS PH LARUTAN NUTRISI TANAMAN BAYAM PADA HIDROPONIK NFT (NUTRIENT FILM TECHNIQUE)," *J. Mikrotek*, vol. 2, no. 4, pp. 11–20, 2017.
- [3] I. P. Hasbi Fardian Nugraha, Susijanto Tri Rasmana, "PENGATURAN AIR DAN NUTRISI SECARA OTOMATIS PADA TANAMAN HIDROPONIK BERBASIS

Title of manuscript is short and clear, implies research results (First Author)

- ARDUINO,” *JCONES - J. Control Netw. Syst.*, vol. 6, no. 2, p. 103, 2017.
- [4] A. Mehboob, W. Ali, T. Rifaqat, and A. Talib, “Automation and Control System of EC and pH for Indoor Hydroponics System,” pp. 1–6, 2019, [Online]. Available: https://ieec.neduet.edu.pk/2019/Papers_IEEC_2019/IEEC_2019_33.pdf.
- [5] V. Ivandito, “Realisasi Sistem Pengukuran Kadar Nutrisi, PH, dan Suhu pada Hidroponik Secara Jarak Jauh,” UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA., 2018.
- [6] S. Adhau, R. Surwase, and K. H. Kowdiki, “Design of fully automated low cost hydroponic system using LabVIEW and AVR microcontroller,” *Proc. 2017 IEEE Int. Conf. Intell. Tech. Control. Optim. Signal Process. INCOS 2017*, vol. 2018-February, no. March 2017, pp. 1–4, 2018, doi: 10.1109/ITCOSP.2017.8303091.
- [7] A. A. Gde Ekayana, “Pengembangan Modul Pembelajaran Mata Kuliah Internet of Things,” *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 16, no. 2, p. 159, 2019, doi: 10.23887/jptk-undiksha.v16i2.17594.
- [8] R. M. Branch, *Instructional Design: The ADDIE Approach*. New York: Springer, 2009.