

Sistem Pengontrolan pH Serta Kelembapan Tanah pada Tanaman Bayam Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy

¹ Muhammad Rifai Al Huda, ^{2*} Iksan Bukhori, ³ Mia Galina

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, President University

Jababeka Education Park, Jl. Ki Hajar Dewantara, Bekasi, 17530, Indonesia

¹ rifai0927.ht@gmail.com, ² iksan.bukhori@president.ac.id, ¹ miagalina@president.ac.id

Article Info

Keyword:

IoT
Tanaman Bayam
Fuzzy Logic Controller
pH Tanah
Kelembapan Tanah

Copyright © 2025 -SNTE
All rights reserved

ABSTRACT

Abstrak— Ada beberapa jenis media tanam yang digunakan dalam dunia pertanian, salah satunya merupakan media tanam berupa tanah. Untuk menjaga hasil pertanian, diperlukan upaya untuk menjaga kualitas tanah dengan mengoptimalkan pH dan kelembapannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan berbasis IoT (Internet of Things) dan pengontrolan pH serta kelembapan tanah pada tanaman bayam menggunakan Fuzzy Logic Controller (FLC). Nilai pH dan kelembapan tanah yang berasal dari sensor pH dan sensor kelembapan HD-38 diolah menggunakan FLC mamdani yang diimplementasikan pada mikrokontroler ESP-32. FLC digunakan untuk mengoptimalkan media tanam bayam pada pH 6-7 dan kelembapan 40%-60%. Hasil dari proses defuzzifikasi digunakan untuk mengontrol pompa air dan pompa cairan dolomit. Banyaknya air dan cairan dolomit dari pompa menentukan perubahan kelembapan dan nilai pH tanah. Data dari sensor juga dikirimkan ke Firebase untuk dapat dipantau secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada media tanam dengan volume 2300 cm³ membutuhkan cairan dolomit 1,74 L/pH dan Air sebesar 0,16 L/Menit. Selain itu, telah ditunjukkan bahwa penyemaian benih bayam dengan menggunakan kontrol dari sistem yang ditawarkan jumlah benih yang berkecambah lebih banyak jika dibandingkan dengan penyemaian bayam pada media tanam pH normal tanpa sistem kontrol.

Corresponding Author:

Iksan Bukhori

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, President University

Email: iksan.bukhori@president.ac.id

I. PENDAHULUAN

Bayam merupakan salah satu jenis sayuran yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena kaya akan kandungan nutrisi seperti vitamin, mineral, serat, dan antioksidan. Olahan bayam memiliki berbagai manfaat bagi kesehatan baik dalam bentuk makanan [1]–[4], sebagai masker wajah [5], [6], hingga perawatan rambut [7]. Namun, pertumbuhan bayam sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tumbuhnya, khususnya pH dan kelembapan tanah. Kondisi pH dan kelembapan tanah yang tidak optimal dapat menyebabkan pertumbuhan

bayam menjadi terhambat, bahkan mengalami kematian. Oleh karena itu, pemantauan pH dan kelembapan media tanam secara berkala sangat penting untuk menjaga kualitas dan kuantitas produksi bayam [8]

Pada umumnya, pemantauan pH dan kelembapan media tanam masih jarang dilakukan oleh petani dan masih banyak petani yang belum menjadikan indikator penting. Untuk petani yang sudah melakukan pemantauan rutin, metode kontrol dan pemantauan umumnya masih dilakukan secara manual dengan menggunakan alat ukur pH meter dan sensor kelembapan tanah. Namun, cara ini memerlukan waktu dan tenaga yang cukup banyak serta rentan terhadap kesalahan manusia. Oleh karena itu, telah banyak penelitian yang mendorong kontrol dan pemantauan media tanam di bidang pertanian ke ranah otomasi, tidak hanya pada tanaman bayam.

Sungkono dkk dalam [9] mendesain alat kontrol kelembapan untuk budidaya tanaman anggrek. Devinta dkk menggunakan Arduino dalam sistem IoT untuk melakukan pemantauan dan kontrol penyiraman tanaman kangkung [10]. Kontrol penyiraman tanaman otomatis juga menjadi perhatian Nadindra dan Chandra pada [11] dengan memanfaatkan integrasi Arduino dengan Telegram. Bagaskara dalam [12] menawarkan sistem kontrol dan pemantauan untuk bawang merah. Budidaya stroberi menjadi fokus objek sistem pemantau dan kontrol pada [13]. Di dalam [14], Karna dkk menciptakan sistem pemantauan dan kontrol Aeroponik untuk tanaman selada. Sistem pemantauan untuk tanaman selada dengan media hidroponik ditawarkan oleh Muriyatmoko dalam [15]. Tanaman-tanaman lain dengan media tanam hidroponik juga menjadi fokus utama pada [16]–[19].

Dalam ranah budidaya bayam sendiri, berbagai sistem otomasi juga telah dikembangkan. Aji pada [20] mengembangkan sistem pemantauan dan otomatisasi kelembapan tanah, udara, dan suhu untuk budidaya bayam berbasis Android, namun masih mengabaikan aspek pH tanah yang tergolong krusial bagi pertumbuhan bayam [8]. Beberapa penelitian berfokus pada sistem pemberian nutrisi pada bayam hidroponik [21], [22]. Thooriq dkk memberikan perhatian lebih pada penyiraman dan pembasmi hama pada bayam [23].

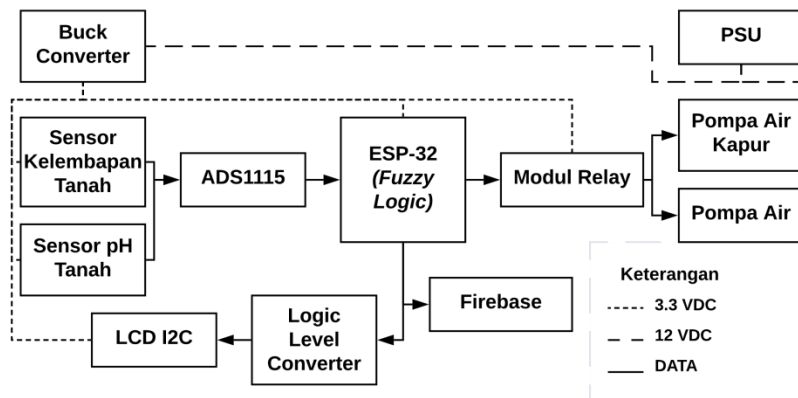
Sebagaimana dapat dilihat di atas, sistem kontrol dan pemantauan budidaya bayam dengan media tanam berupa tanah masih belum banyak dilakukan. Penelitian ini menawarkan sistem dengan kontrol dan pemantauan kelembapan dan pH tanah untuk budidaya bayam. Dalam penelitian ini, kontrol kelembapan dan pH tanah dilakukan dengan mengontrol durasi dibukanya pompa air dan cairan kapur/dolomit cair ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) sesuai dengan kondisi kelembapan dan pH terbaru untuk mencapai nilai yang optimal bagi pertumbuhan bayam. Metode kontrol yang digunakan adalah dengan menggunakan metode kontrol Fuzzy.

Pemilihan sistem kontrol logika fuzzy didasari pada fakta pemrograman yang lebih simpel dan menghemat memori dibandingkan kendali PID dan sistem kontrol *neural network* serta adanya timbal balik sistem dibandingkan menggunakan sistem kontrol terbuka. Dalam konteks pemantauan dan pengontrolan pH serta kelembapan tanah pada tanaman bayam, nilai pH dan kelembapan tanah yang diukur dapat diolah dengan menggunakan logika fuzzy sehingga dapat memberikan hasil yang diinginkan dan dapat diinterpretasikan secara lebih mudah. Data tersebut kemudian akan dikirimkan tampilan website berbasis Firebase untuk dilakukan pengamatan bagi pengguna. Di dalam laman ini dapat diketahui kondisi pompa (aktif/tidak aktif) terkini, nilai kelembapan, dan nilai pH tanah terbaru. Seluruh data ini diperbaharui setiap satu jam.

II. METODE PENELITIAN

A. Spesifikasi Sistem

Sistem ini dirancang berdasarkan pada blok diagram pada **Error! Reference source not found.**



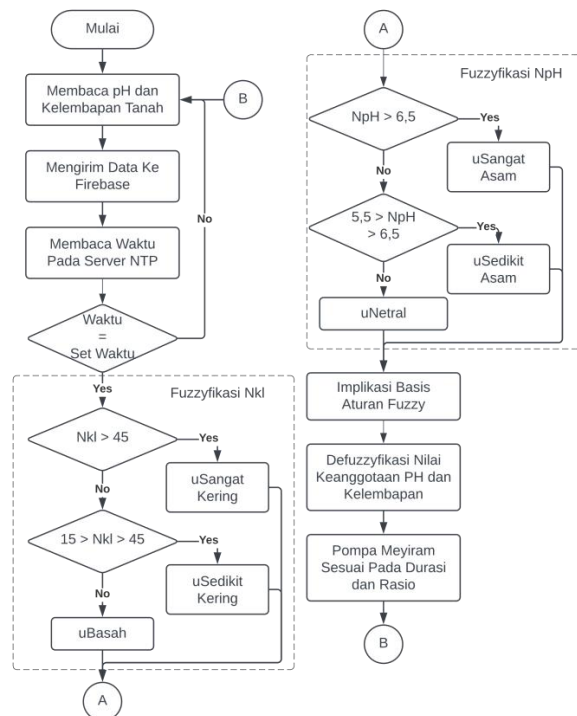
Gbr. 1 Diagram blok sistem

Secara keseluruhan sistem pada Gbr. 1 terdiri atas beberapa komponen. Komponen pertama Adalah mikrokontroler ESP-32 sebagai inti dari sistem ini yang mana berfungsi untuk menjalankan logika fuzzy. ESP-32 sudah dilengkapi dengan fitur WiFi sehingga sistem dapat terhubung ke *database* untuk sistem IoT tanpa memerlukan modul tambahan. Sensor kelembapan tanah HD-38 merupakan sensor resistif, yang mana sensor membaca perubahan kelembapan tanah berdasarkan perubahan nilai resistansinya. Untuk mengukur pH, sensor pH tanah ditambahkan ke dalam sistem. Bacaan dari kedua sensor ini diteruskan ke modul Analog to Digital Converter (ADC) ADS1115 untuk mengonversi sinyal analog yang di hasilkan oleh sensor menjadi sinyal digital yang dapat di proses oleh mikrokontroler. *Liquid Crystal Display* (LCD) digunakan dapat menampilkan 16 x 2 karakter untuk menampilkan kondisi sistem atau media tanam yang di control dengan Logic Level Converter untuk mengubah *logic level* dari ESP32 ke LCD. Firebase digunakan sebagai *database* untuk mengawasi kondisi media tanam secara daring.

Aktuator untuk system ini berbentuk relay yang terhubung ke pompa DC 12V. Keseluruhan sistem mendapat sumber tegangan sebesar 12 Volt, dengan *Buck Converter* digunakan untuk menurunkan tegangan ini ke tegangan yang sesuai untuk mikrokontroler dan modul-modul lain yang membutuhkan tegangan sebesar 3.3 V.

B. Diagram Alir Sistem

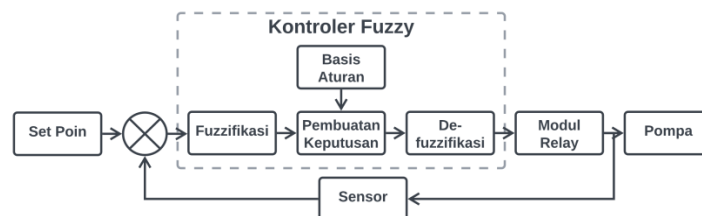
Program kendali pada mikrokontroler dibuat berdasarkan pada diagram alir Gbr. 2 sebagai berikut:



Gbr. 2 Diagram alir program kendali

C. Kontroler

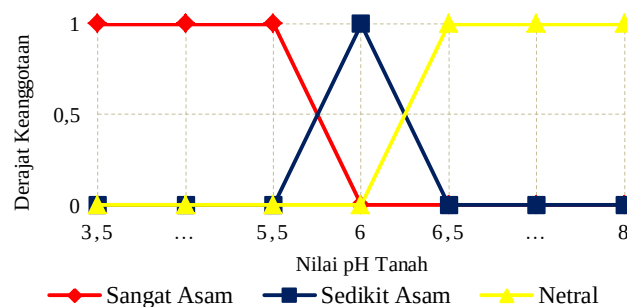
Pada sistem ini, logika fuzzy digunakan untuk mengontrol durasi bukaan pompa untuk mengontrol jumlah cairan dolomit dan air yang di perlukan pada media tanam berdasarkan pada pembacaan sensor sesuai dengan Gbr. 3.



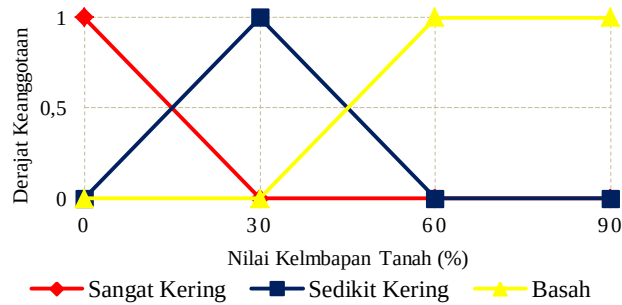
Gbr. 3 Diagram blok sistem kendali fuzzy

1) Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses pengubahan nilai yang berupa angka menjadi variabel linguistik. Proses ini membuat fungsi keanggotaan dan derajat keanggotaan dari setiap nilai kelembapan dan pH tanah yang terbaca oleh sensor. Batasan-batasan dari fungsi keanggotaan yang dibuat seperti pada Gbr. 4 dan Gbr. 5, berdasarkan pada nilai pH dan kelembapan yang optimal untuk tanaman bayam, yaitu pada nilai pH 6-7 dan kelembapan 40-60% [8].



Gbr. 4 Fungsi keanggotaan pH tanah



Gbr. 5 Fungsi keanggotaan kelembapan tanah

2) Implikasi Basis Aturan

Basis aturan digunakan untuk menentukan respons sistem kontrol berdasarkan nilai keanggotaan fuzzy, yaitu:

Rule 1: Jika pH Sangat Asam maka rasio dolomit Banyak

Rule 2: Jika pH Sedikit Asam maka rasio dolomit Seimbang

Rule 3: Jika pH Netral maka rasio dolomit Sedikit

Rule 4: Jika kelembapan Kering maka durasi Lama

Rule 5: Jika kelembapan Normal maka durasi Normal

Rule 6: Jika kelembapan Basah maka durasi Sejenak

3) Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses mengubah variabel linguistik berupa derajat keanggotaan fuzzy ke nilai tegas atau CRIPS untuk bisa dipahami oleh mesin. Sistem ini menggunakan metode defuzzifikasi Weighted Average Area yaitu:

$$Z^* = \frac{\sum f(z) \times z}{\sum f(z)} \quad (1)$$

Di mana pada Persamaan 1, Z^* adalah nilai tegas hasil defuzzifikasi, $f(z)$ adalah derajat keanggotaan saat z dan z adalah nilai titik tengah dari fungsi keanggotaan.

D. Firebase Database

Sebuah database digunakan untuk menyimpan data hasil pembacaan sensor dan mengaksesnya secara online. Firebase merupakan sebuah media penyimpanan database dari google yang dapat bekerja secara realtime. Dengan firebase, sistem dapat dikontrol atau menyimpan dan menampilkan data secara online sistem terhubung dengan internet.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sensor

Pengujian ini dilakukan agar data hasil pembacaan sensor yang berupa besaran ADC dapat di ubah menjadi nilai kelembapan atau pH tanah. Hasil dari pengambilan data pembacaan sensor pH ditampilkan pada Tabel I dan sensor kelembapan pada Tabel II.

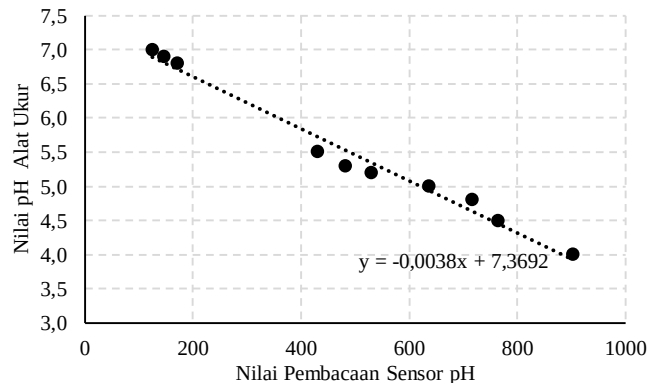
TABEL I
PERBANDINGAN NILAI PEMBACAAN SENSOR PH DENGAN ALAT UKUR

Nilai Kelembapan (%)	Hasil Pembacaan Sensor
0	5
10	1617
30	3956
40	5496
50	6752

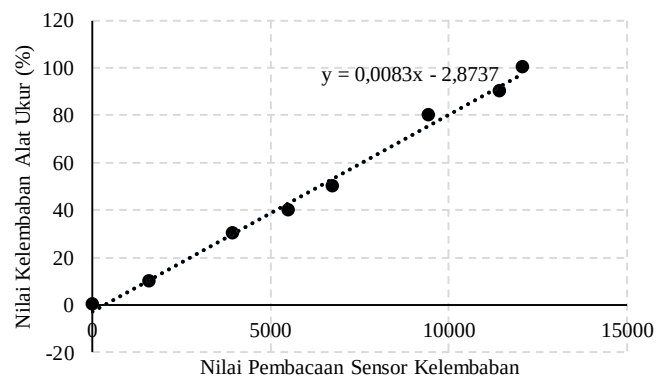
TABEL II
PERBANDINGAN NILAI PEMBACAAN SENSOR KELEMBAPAN DENGAN ALAT UKUR

Nilai pH	Hasil Pembacaan Sensor
4	903
4,5	765
4,8	717
5	637
5,2	530

Data pada Tabel I dan Tabel II digunakan untuk mendapatkan nilai regresi linear untuk mengubah hasil pembacaan sensor menjadi nilai pH dan kelembapan tanah yang ditampilkan pada Gbr. 6 dan Gbr. 7.



Gbr. 6 Garis regresi pembacaan sensor pH tanah



Gbr. 7 Garis regresi pembacaan sensor kelembapan tanah

Nilai pH dan kelembapan yang diperoleh berdasarkan persamaan regresi pada Gbr. 6 dan Gbr. 7. Oleh karena itu, akan ada selisih nilai bacaan sensor dengan bacaan alat ukur yang sebenarnya. Akurasi pembacaan sensor pH ditampilkan pada Tabel III dan sensor kelembapan ditampilkan pada Tabel IV.

TABEL III
AKURASI PEMBACAAN SENSOR PH DENGAN ALAT UKUR

Nilai pH Sensor	Nilai pH Alat	% Error	Selisih	Akurasi
7,0	7,0	0	0	1,00
6,9	6,9	0	0	1,00
6,8	6,8	0	0	1,00
5,8	5,5	5,4	0,4	0,95
5,6	5,3	5,6	0,3	0,95

TABEL IV
AKURASI PEMBACAAN SENSOR PKELEMBAPAN DENGAN ALAT UKUR

Nilai Kelembaban Sensor	Nilai Kelembaban Alat	% Error	Selisih	Akurasi
-------------------------	-----------------------	---------	---------	---------

0	0	0	0	1,00
13	10	30	3	0,77
33	30	10	3	0,91
46	40	15	6	0,87
56	50	12	6	0,89

B. Pengujian Pada Media Tanam

Untuk menemukan takaran cairan dolomit dan air yang perlu ditambahkan pada media tanam dengan tepat, maka dilakukan pengujian-pengujian dengan cara mengamati perubahan pada media tanam saat diberikan cairan dolomit dan air pada takaran tertentu. Hasil pengujian efektifitas cairan dolomit pada media tanam di sajikan pada Tabel V.

TABEL V
PENGARUH CAIRAN DOLOMIT TERHADAP PH MEDIA TANAM

Media Tanam	Volume Media Tanam (cm³)	Jumlah dolomit cair (mL)	pH Tanah Awal	pH Tanah Akhir	Selisih pH
1	628	100	5,5	7	1,5
2	628	50	5,5	6,3	0,8
3	628	25	5,5	6	0,5

Dari hasil pengukuran tersebut juga dapat diambil rata-rata jumlah kapur dolomit yang diperlukan untuk menaikkan pH tanah dari 5,5 ke 6,5 dan 6 ke 7 adalah 50 mL pada media tanam dengan volume 628 cm³. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk menaikkan 1 pH tanah, jumlah Cairan dolomit yang dibutuhkan adalah 0,0796 mL/cm³. Dengan mengasumsikan kebutuhan dolomit cair berbanding lurus dengan volume media tanam, didapatkan kesimpulan bahwa untuk volume media tanam 23000 cm³ diperlukan 1.74L cairan dolomit untuk menaikkan pH tanah 1 level. Pengujian untuk mengetahui jumlah air yang diperlukan untuk mengubah nilai kelembapan media tanam ditampilkan pada Tabel VI.

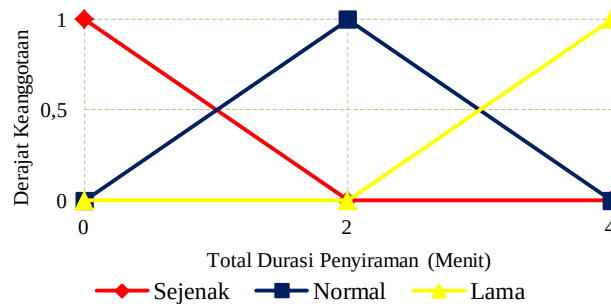
TABEL VI
LAMA PENYIRAMAN YANG DIPERLUKAN PADA MEDIA TANAM

Kelembapan Tanah Awal (%)	Kelembapan Tanah Setelah Penyiraman(%)	Waktu Penyiraman (Detik)
10	22	60
20	31	61
32	40	58
40	51	62
51	60	60
60	70	63
71	81	59
80	88	57
90	100	60

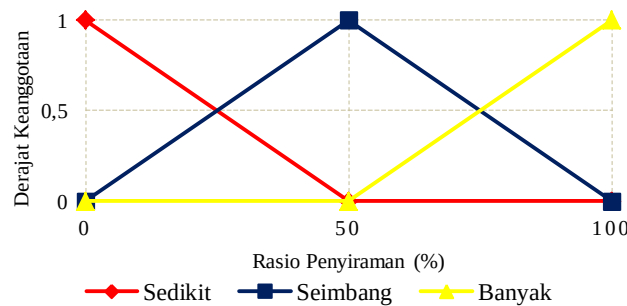
Dari percobaan tersebut dibutuhkan waktu ± 60 detik untuk menaikkan nilai kelembapan setiap 10% dengan konfigurasi pompa yang ada.

C. Pengujian Algoritma Fuzzy

Setelah mengetahui jumlah cairan dolomit dan air yang diperlukan agar mencapai nilai optimal pH (6-7) dan kelembapan tanah (40-60%) untuk tanaman bayam, sehingga dapat dibentuk fungsi keanggotaan keluaran fuzzy yang bertujuan untuk menentukan durasi penyiraman cairan dolomit dan air seperti pada Gbr. 8 dan rasio cairan dolomit yang diperlukan pada siklus penyiraman tersebut seperti pada Gbr. 9.



Gbr. 8 Fungsi keanggotaan keluaran durasi penyiraman



Gbr. 9 Fungsi keanggotaan keluaran rasio penyiraman

Selanjutnya sistem kendali fuzzy diuji untuk mengetahui apakah keluaran sistem sudah sesuai dengan set point (pH antara 6-7, kelembapan antara 40%-60%). Hasil dari pengujian tersebut di tampilkan pada Tabel VII

TABEL VII
HASIL PENGUJIAN KENDALI FUZZY PADA SISTEM

Masukan		Keluaran		Hasil	
pH Tanah	Kelembapan Tanah (%)	Durasi Cairan Dolomit (Detik)	Durasi Penyiraman air (Detik)	pH Tanah	Kelembapan Tanah (%)
6,2	23	57	66	6,3	44
6,2	68	21	18	6,2	61
5	26	102	19	6,5	46
5	80	33	6	5,9	63
5,9	19	65	63	6,0	40
5,9	54	40	38	6,0	61
7,4	13	22	117	7,1	36
7,4	52	14	71	7,2	60

Dapat dilihat pada Tabel VII bahwa ada selisih antara nilai referensi dan hasil pH dan kelembapan yang didapatkan. Hal ini dikarenakan dolomit cair digunakan untuk menormalkan pH tanah. Karena dolomit berbentuk cair, pengaruh terhadap kelembapan tidak dapat dihindarkan meskipun pompa air tidak aktif. Di sisi lain, penggunaan dolomit cair lebih efisien untuk media tanah karena dengan menggunakan sprinkler, dolomit cair dapat disebar secara lebih merata.

D. Pengujian Sistem Firebase

Data pengukuran dan kondisi media tanam dikirim ke Firebase untuk pengawasan dari jarak jauh. Contoh tampilan data pada Firebase dapat dilihat pada Gbr. 10.



Gbr. 10 Tampilan data pada Firebase

Pada Gbr. 10, *field RealTime* menunjukkan data parameter tanah dan status pompa di setiap menit. *TimeLog* menunjukkan nilai parameter tanah rata-rata dalam 1 jam. Pada *Setting*, pengguna dapat mengontrol waktu aktivasi masing-masing pompa secara otomatis setiap harinya.

E. Penerapan Sistem Pada Tanaman Bayam

Sistem diterapkan pada media tanam tanaman bayam lalu dilakukan pengamatan dan membandingkannya pada media tanam yang tidak menerapkan sistem ini. Hasil dari pengamatan ditampilkan pada Tabel VIII, Tabel IX dan Tabel X.

TABEL VIII
HASIL PENGAMATAN PADA MEDIA TANAM PH ASAM (PH=4,5) DENGAN SISTEM KONTROL

Hari Ke -	Rata-rata pH Tanah	Rata-rata Kelembapan	Kondisi Tanaman (rata-rata)	Keterangan
1	4,5	40	Penyemaian	-
2	6,6	44	berkecambah	Kecambah Tumbuh Sangat Banyak
3	7	43	Muncul daun	Kecambah Tumbuh Sangat Banyak
4	6,8	44	Tumbuh 25.47mm	Kecambah Tumbuh Sedikit
5	7,5	40	Tumbuh 26.54mm	Tidak Ada Kecambah Baru
6	7,5	38	Tumbuh 28.23mm	Tidak Ada Kecambah Baru
7	6,5	41	Tumbuh 29.54mm	Tidak Ada Kecambah Baru
8	6	45	Tumbuh 29.54mm	Tidak Ada Kecambah Baru
9	7,1	47	Tumbuh 29.54mm	Tidak Ada Kecambah Baru
10	7,5	45	Tumbuh 30.23mm	Tidak Ada Kecambah Baru
11	7,5	40	Tumbuh 30.23mm	Tidak Ada Kecambah Baru
12	6,6	44	Tumbuh 30.23mm	Tidak Ada Kecambah Baru

TABEL IX
HASIL PENGAMATAN PADA MEDIA TANAM PH NORMAL (PH = 6,6) TANPA SISTEM KONTROL

Hari Ke -	Rata-rata pH Tanah	Rata-rata Kelembapan	Kondisi Tanaman (rata-rata)	Keterangan
1	6,6	73	Penyemaian	-
2	6,5	66	Berkecambah	Kecambah Tumbuh sedang
3	6,5	65	Muncul daun	Kecambah Tumbuh sedang
4	6,7	61	Tumbuh 25.47mm	Kecambah Tumbuh Banyak
5	6,8	68	Tumbuh 26.57mm	Tidak Ada Kecambah Baru
6	6,7	61	Tumbuh 28.23mm	Tidak Ada Kecambah Baru
7	6,4	64	Tumbuh 28.23mm	Tidak Ada Kecambah Baru
8	6,5	31	Tumbuh 29.54mm	Tidak Ada Kecambah Baru
9	6	45	Tumbuh 29.54mm	Tidak Ada Kecambah Baru
10	6,5	68	Tumbuh 29.54mm	Tidak Ada Kecambah Baru
11	6,6	58	Tumbuh 30.23mm	Tidak Ada Kecambah Baru
12	6,3	63	Tumbuh 30.23mm	Tidak Ada Kecambah Baru

TABEL X
HASIL PENGAMATAN PADA MEDIA TANAM PH ASAM (PH = 4,5) TANPA SISTEM KONTROL

Hari Ke -	Rata-rata pH Tanah	Rata-rata Kelembapan	Kondisi Tanaman (rata-rata)	Keterangan
1	4,5	63	Penyemaian	-
2	4,5	68	Berkecambah	Kecambah Tumbuh Sangat Sedikit
3	4,5	70	Muncul daun 11mm	Kecambah Tumbuh Sangat Sedikit
4	4,5	75	Muncul daun 11mm	Kecambah Tumbuh Sangat Sedikit
5	4,5	60	Muncul daun 12mm	Tidak Ada Kecambah Baru
6	4,5	65	Muncul daun 15mm	Tidak Ada Kecambah Baru
7	4,3	60	Muncul daun 15mm	Tidak Ada Kecambah Baru
8	4,3	38	Muncul daun 15mm	Tidak Ada Kecambah Baru
9	4,3	44	Muncul daun 15mm	Tidak Ada Kecambah Baru
10	4,3	61	Muncul daun 16mm	Tidak Ada Kecambah Baru
11	4,3	71	Muncul daun 16mm	Tidak Ada Kecambah Baru
12	4	53	Muncul daun 16mm	Tidak Ada Kecambah Baru

Secara visual, implementasi sistem terlihat berpengaruh terhadap pertumbuhan bayam. Hal ini dapat dilihat pada Tabel XI dimana bibit disemai pada media tanam dengan media tanam dengan pH normal (pH=6.6 pada saat penyemaian) untuk kemudian dikontrol oleh sistem. Pertumbuhan tanaman bayam terlihat lebih lebat dibandingkan jika benih dengan jumlah yang sama disemai pada tanah dengan pH normal tanpa dikontrol oleh sistem (Tabel XII).

TABEL XI
PENGAMATAN TERHADAP KONDISI TANAMAN PADA MEDIA TANAM TERKONTROL DENGAN PH NORMAL (P1)

Hari Ke-	Kondisi Tanaman	Keterangan
1		Benih bayam disebarkan pada media tanam yang dikontrol dengan alat

3		Bayam mulai berkecambah seluruhnya
6		Daun kecambah bayam mulai membesar

TABEL XII
PENGAMATAN TERHADAP KONDISI TANAMAN PADA MEDIA TANAM TIDAK TERKONTROL DENGAN PH NORMAL (P2)

Hari Ke-	Kondisi Tanaman	Keterangan
1		Biji bayam disebar pada media tanam yang tidak terkontrol dengan pH normal
3		Bayam mulai berkecambah sebagian
6		Jumlah kecambah dan tinggi bayam bertambah

IV. PENUTUP

Penelitian ini berfokus pada perancangan serta implementasi sistem pemantauan dan pengontrolan pH serta kelembapan tanah dalam konteks budidaya tanaman bayam melalui pendekatan logika fuzzy sebagai kontroler. Teknologi IoT berbasis Firebase digunakan untuk melakukan pemantauan secara real-time. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pemantauan secara real-time disajikan melalui platform Firebase, memungkinkan visualisasi data pH dan kelembapan media tanam serta pengumpulan data harian yang diperbarui setiap jam.

Pengujian pemantauan media tanam mengidentifikasi kebutuhan cairan dolomit sebanyak 1,74 L serta kebutuhan air sebanyak 0,16 L untuk mengatur pH dan kelembapan pada media dengan volume 2300 m³.

Integrasi logika fuzzy membantu mengoptimalkan penggunaan kedua parameter tersebut. Pengaplikasian sistem pemantauan dan pengontrolan pada media tanam menunjukkan pertumbuhan benih bayam yang lebih subur dibandingkan dengan pertumbuhan pada media tanah yang tidak dikontrol oleh sistem.

-
- [1] S. Rauf, M. Manjilala, N. Nursalim, M. Mustamin, and N. Azisah, "Cookies Substitusi Tepung Bayam Merah dan Tepung Kacang Tolo Sebagai Makanan Tambahan Remaja Putri Anemia," *Media Gizi Pangan*, vol. 29, no. 2, p. 90, Dec. 2022, doi: 10.32382/mgp.v29i2.3117.
 - [2] R. C. Purnama, V. Yulyani, A. Atina, A. R. A. Oktavio, and D. Anggraeni, "Puding Bayam sebagai Makanan Pendamping Asi (MP-ASI) dalam Upaya Pencegahan Stunting," *JURNAL KREATIVITAS PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (PKM)*, vol. 5, no. 11, pp. 4003–4013, Nov. 2022, doi: 10.33024/jkpm.v5i11.7527.
 - [3] I. A. Dewi Satiti, A. D. Wahyuningrum, and W. Amalia, "Bubuk Bayam Merah Sebagai Terapi Perbaikan Status Gizi Pada Balita Dengan Malnutrisi di Puskesmas Karangploso Kabupaten Malang," *Media Gizi Mikro Indonesia*, vol. 14, no. 1, pp. 43–54, Dec. 2022, doi: 10.22435/mgmi.v14i1.5677.
 - [4] T. Restu Handayani and S. Susmita, "Pemanfaatan Bayam Hijau Sebagai Upaya Mencegah Anemia Pada Ibu Hamil," *JUKESHUM: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 2, no. 1, pp. 18–23, Jan. 2022, doi: 10.51771/jukeshum.v2i1.177.
 - [5] S. Aisyah, "Kreasi Sayur Bayam Menjadi Masker Wasebagai Potensi Daerah Melalui Ekonomi Kreatif di Kelurahan Bonto Lebang Kabupaten Takalar Sulawesi Selatan," *E-Amal: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 2, pp. 183–188, May 2021, doi: 10.47492/eamal.v1i2.585.
 - [6] M. Ni'am, S. N. Afifta, N. Farlina, D. G. Deasa, and R. K. Saputri, "Formulasi dan Uji Aktivitas Antioksidan Sheet Mask Ekstrak Daun Bayam Merah (*Amarantus tricolor*)," *Medical Sains : Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, vol. 7, no. 4, pp. 743–750, Oct. 2022, doi: 10.37874/ms.v7i4.510.
 - [7] R. Rahmiati and T. Amelia, "Pengaruh Penggunaan Shampo Bayam Dan Penyubur Rambut Untuk Perawatan Rambut Rontok," *Jurnal Tata Rias dan Kecantikan*, vol. 1, no. 1, p. 36, Jan. 2022, doi: 10.24036/jitrk.v1i1.14.
 - [8] H. Susanto and A. Gunawan, "Buku Panduan Bertani Bayam Cerdas dan Organik Melalui Teknologi Cerdas dan Sistem Organik Terintegrasi," 2022.
 - [9] S. Sungkono, I. Nugrahanto, and Z. F. Putera, "Pemasangan Alat Kontrol Kelembapan Pada Usaha Budidaya Tanaman Anggrek Skala Kecil," *Dharma: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 2, no. 2, pp. 40–56, Jun. 2022, doi: 10.35309/dharma.v2i2.5658.
 - [10] S. Devinta, A. Fahrudi, and R. Primaswara, "Prototype Monitoring dan Kontrol Alat Penyiraman Tanaman Kangkung Menggunakan Arduino Berbasis Website," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 6, no. 1, pp. 229–236, Mar. 2022, doi: 10.36040/jati.v6i1.4601.
 - [11] D. E. Nadindra and J. C. Chandra, "Sistem IOT Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Arduino Dengan Kontrol Telegram," *SKANIKA*, vol. 5, no. 1, pp. 104–114, Jan. 2022, doi: 10.36080/skanika.v5i1.2887.
 - [12] K. Bagaskara, A. Mahmudi, and Y. Agus Pranoto, "Sistem Kontrol dan Monitoring Pada Tanaman Bawang Merah Berbasis IOT," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 7, no. 1, pp. 873–880, Jun. 2023, doi: 10.36040/jati.v7i1.6177.
 - [13] J. Tarigan, "Rancang Bangun Alat Pemantau Dan Kontrol Kondisi Ruangan Green House Untuk Budidaya Tanaman Stroberi Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan*, no. Vol. 9 No. 1 (2023), pp. 22–32, May 2023, doi: 10.35143/elementer.v9i1.5877.
 - [14] N. Karna, R. Naufal, S. Raniprima, I. K. A. P. Putra, D. A. P. Rahyuni, and I. K. Parti, "Sistem Monitoring dan Kontrol Aeroponik Menuju Smart Greenbox untuk Tanaman Selada berbasis IoT," *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 4, no. 4, Mar. 2023, doi: 10.47065/bits.v4i4.3125.
 - [15] D. Muriyatmoko, "Sistem Monitoring Jarak Jauh Kontrol pH Tanaman Selada Dengan Media Hidroponik," *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, vol. 11, no. 1, pp. 95–102, Apr. 2023, doi: 10.32487/jtt.v11i1.1707.
 - [16] Z. Z. Anggani, "Rancang Bangun Pengendalian pH Larutan Dengan Pid Controller Pada Budidaya Hidroponik," Undergraduate Thesis, Institut Teknologi Sepuluh September, Surabaya, 2018.
 - [17] P. Hidayatullah, M. Orisa, and A. Mahmudi, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things (IOT)," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 6, no. 2, pp. 1200–1207, Jan. 2023, doi: 10.36040/jati.v6i2.5433.
 - [18] R. Rouhillah, I. Salfikar, and M. Ichan, "Kontrol Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis Monitoring Internet of Things," *Elektron : Jurnal Ilmiah*, pp. 72–77, Dec. 2022, doi: 10.30630/eji.14.2.306.
-

-
- [19] M. M. F. Fatori, “Aplikasi IoT Pada Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik,” *Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer*, vol. 2, no. 02, pp. 350–356, Oct. 2022, doi: 10.47709/jpsk.v2i02.1746.
- [20] A. Iriawan Pratama Aji, “Sistem Monitoring dan Otomatisasi Kelembapan Tanah Udara dan Suhu Pada Bayam Berbasis Android,” *Computer Based Information System Journal*, vol. 9, no. 2, pp. 26–34, Sep. 2021, doi: 10.33884/cbis.v9i2.4448.
- [21] T. Supriyanto, T. A. Dewi, A. A. Zahra, and A. Wulandari, “Sistem Pemberian Nutrisi Bayam Hidroponik Berbasis IoT Terintegrasi Telegram,” *Spektral*, vol. 2, no. 2, pp. 64–69, Nov. 2021, doi: 10.32722/spektral.v2i2.4172.
- [22] K. D. Yulianto, A. Maududie, and N. El Maidah, “Implementasi Metode Fuzzy Sebagai Sistem Kontrol Kepekatan Nutrisi Otomatis Tanaman Hidroponik Berbasis Mikrokontroler Pasa Rangkaian Nutrient Film Technique (NFT),” *INFORMAL: Informatics Journal*, vol. 7, no. 1, p. 16, Apr. 2022, doi: 10.19184/isj.v7i1.29386.
- [23] M. A. Thooriq, A. R. Sujatmika, and I. Umami, “Rancang Bangun Alat Penyiraman Dan Pembasmi Hama Otomatis Pada Tanaman Bayam Dengan Monitoring Berbasis Website,” *Jurnal Sains dan Teknologi (JSIT)*, vol. 3, no. 1, pp. 178–183, Feb. 2023, doi: 10.47233/jsit.v3i1.554.