

Sistem Pengendalian Waktu Penyiraman Otomatis pada Tanaman Cabai Rawit Menggunakan Metode Fuzzy Logic

Edi Prihartono^{a*}, Dimas Pondra Oktafianto^b

^{a,b} Informatics Engineering Department, Dr. Soetomo University Surabaya, Indonesia

email: ^a edi.prihartono@unitomo.ac.id, ^b dimaspondrao@gmail.com

*Corresponding Author

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah artikel:

Received 15 Maret 2024

Reviewed 30 Maret 2024

Revised 1 April 2024

Accepted 15 Mei 2024

ABSTRACT

Chili pepper is one of the vegetable commodities that is very much needed by the Indonesian people in everyday life. The current watering method is carried out by farmers manually, this measurement of soil moisture, temperature and time by farmers is not precise, so the amount of water given does not match what is needed by the chili pepper plants. In this study, the author created an automatic watering time control system as a tool that can help farmers in watering and monitoring soil moisture and temperature via the website. This system uses two sensors, namely a soil moisture sensor and a temperature sensor which are used to detect soil moisture and air temperature in chili pepper plants. The system uses the fuzzy logic method to process the soil moisture and temperature data obtained, to produce a watering duration that suits the needs of the plants. From the results of testing the device with the matlab application, the difference in watering duration in phase 1 is 0.12 seconds while in phase 2 it is 0.06 seconds. From the test, both phase 1 and phase 2 have a difference of less than 1 second, so it can be concluded that the device is running well. While the results of testing for 33 days on the object of chili pepper plants with 3 watering methods. For the 1st cayenne pepper plant (T1) which was watered using the System, the number of cayenne pepper fruit ovary flowers was 4 flowers, while for cayenne pepper plants with manual watering (T2 and T3), the fruit ovary flowers had not yet appeared. Meanwhile, the height and number of leaves were superior in the 2nd (T2) and 3rd (T3) plants.

Keyword: Chili Pepper, Soil Moisture Sensor, Temperature Sensor, Monitoring, Fuzzy Logic.

ABSTRAK

Cabai rawit merupakan salah satu komoditas sayuran yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia dalam kehidupan sehari-hari. Cara penyiraman saat ini dilakukan petani secara manual, hal ini pengukuran kelembaban tanah, suhu dan waktu oleh petani kurang tepat, sehingga jumlah air yang diberikan tidak sesuai dengan yang dibutuhkan oleh tanaman cabai rawit. Pada penelitian ini penulis membuat sistem pengendalian waktu penyiraman secara otomatis sebagai alat yang dapat membantu petani dalam melakukan penyiraman dan memonitoring kelembaban tanah serta suhu melalui website. Pada sistem ini

menggunakan dua sensor yaitu sensor kelembaban tanah dan sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi kelembaban tanah dan suhu udara pada tanaman cabai rawit. System menggunakan metode fuzzy logic untuk memproses data kelembaban tanah dan suhu yang diperoleh, untuk menghasilkan durasi penyiraman yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Dari hasil pengujian perangkat dengan aplikasi matlab, selisih durasi penyiraman pada fase 1 adalah 0.12 detik sedangkan pada fase 2 adalah 0.06 detik. Dari pengujian tersebut baik fase 1 maupun fase 2 mempunyai selisih di bawah 1 detik, sehingga dapat disimpulkan bahwa perangkat berjalan dengan baik. Sedangkan hasil pengujian selama 33 hari pada objek tanaman cabai rawit dengan 3 cara penyiraman. Untuk tanaman cabai rawit ke 1(T1) yang penyiramannya menggunakan Sistem, jumlah bunga bakal buah cabai berjumlah 4 bunga, sedangkan tanaman cabai rawit dengan penyiraman secara manual (T2 dan T3) bunga bakal buah belum muncul Sedangkan untuk tinggi dan jumlah daun lebih unggul pada tanaman ke 2 (T2) dan 3 (T3).

Kata Kunci: Cabai rawit, Sensor Kelembaban Tanah, Sensor Suhu, Pemantauan, Logika Fuzzy.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara agraris, yang memiliki potensi pertanian yang sangat besar dari berbagai macam jenis tanaman, sayuran, dan buah-buahan. Salah satu potensi pertanian pada jenis sayuran adalah cabai rawit. Kondisi lingkungan, topografi, serta iklim Indonesia sangat mendukung untuk pembudidayaan tanaman cabai rawit [1]. Cabai rawit merupakan salah satu komoditas sayuran yang keberadaannya sangat dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia dalam kehidupan sehari-hari. Cabai rawit biasa digunakan sebagai bahan bumbu dapur atau bahan dalam produk industri. Selain digunakan sebagai campuran bahan masakan, cabai mengandung kapsaisin, kapsantin, karotenoid, alkaloid asiri, resin, minyak atsiri, vitamin A dan vitamin C. Kapsaisin memberikan rasa pedas dan berkhasiat untuk melancarkan aliran darah serta menghilangkan rasa sakit pada kulit. Pada biji cabai rawit mengandung solanine, solamidine, solamargine, solasodine, solasomine, dan steroid saponin (kapsisidin). Kapsisidin sendiri berkhasiat sebagai anti-biotik [2].

Dalam menanam cabai rawit ketersediaan air menentukan produk tanaman, baik secara vegetatif maupun generatif karena air merupakan kebutuhan dasar bagi tanaman. Tanaman cabai rawit membutuhkan kelembaban tanah berkisar 60-80% [1]. Tanaman ini lebih tahan panas daripada jenis sayuran yang lain seperti tomat dan terung. Suhu ideal pada siang hari rata-rata berkisar antara 20°-25°C, pertumbuhan tanaman juga dapat meningkat ketika suhu pada malam hari tidak melebihi 20°C sedangkan suhu rendah cenderung membatasi perkembangan pada aroma dan warna, serta tanaman dan buah rentan terhadap kerusakan jika suhu dingin. Dalam proses penyerbukan dan pembuahan suhu idealnya berkisar antara 20°-25°C, jika suhu dibawah 16°C atau diatas 32°C bunga tidak terbuahi karena produksi tepung sari menjadi tidak baik [3].

Perawatan cabai rawit dengan memperhatikan ketentuan kebutuhan tanaman cabai rawit akan mengoptimalkan pertumbuhan dan menghasilkan cabai rawit berkualitas. Namun yang perawatan dilakukan petani pada saat ini terutama pada waktu penyiraman dan kontrol terhadap kelembaban tanah dan suhu masih dilakukan secara manual atau konvensional. Dimana petani hanya berdasarkan kebiasaan dan tidak dapat mengukur dengan pasti kadar kelembaban tanah dan suhu. Sehingga waktu penyiraman dan jumlah pemberian air tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman. hal ini mengakibatkan pertumbuhan cabai rawit kurang optimal dan mengurangi jumlah hasil serta kualitas.

Dari penelitian sebelum telah dibuat, sistem untuk mengontrol kelembaban tanah dan suhu, sehingga waktu penyiraman pada tanaman cabai rawit secara otomatis dan real time serta monitoring kelembaban tanah dan suhu pada website [6,9]. Namun pada sistem masih terdapat

kekurangan tidak mempertimbangkan adanya faktor perubahan pada kelembaban tanah dan suhu pada pagi, siang dan malam sehingga waktu penyiraman tidak tepat dan efisien.

Dengan permasalahan tersebut, diangkat oleh penelitian dengan membuat Sistem pengendali waktu penyiraman pada cabai rawit dengan menambahkan metode fuzzy logic control. Dimana pada sistem ini untuk mendapatkan data kelembaban tanah dan suhu, komponen yang digunakan adalah sensor-sensor HDT22, Soil Moisture YL 69, dan penyimpan waktu pada komponen **RTC DS3231** serta NodeNCU ESP32 sebagai mikrokontroler pengolah data[7,8,10]. Metode yang digunakan untuk memproses data pada perangkat adalah metode fuzzy logic control[5]. Pemilihan metode fuzzy logic ini diharapkan dapat menghasilkan nilai waktu penyiraman yang lebih tepat, sesuai kebutuhan di tiap fase pertumbuhan. berdasarkan pembacaan dari sensor kelembaban tanah dan suhu serta diharapkan dapat lebih mengoptimalkan pertumbuhan tanaman cabai rawit dan kualitas serta jumlah buah cabai rawit.

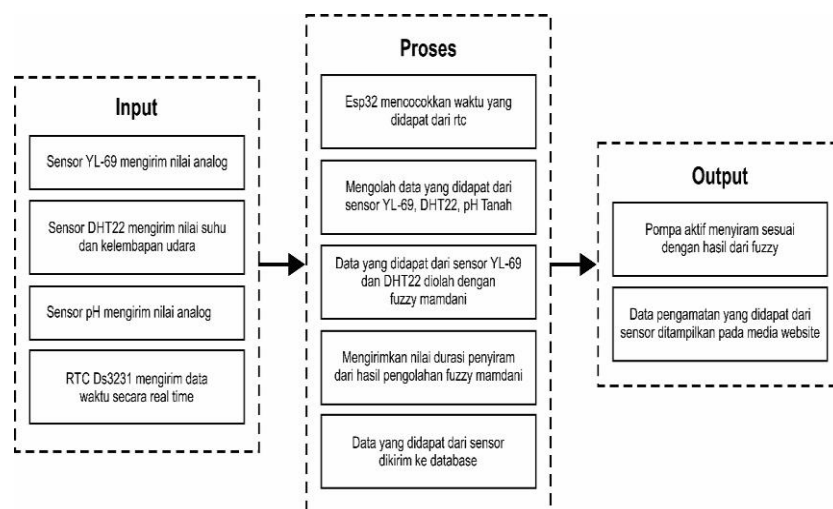
2. Metode

Sistem yang akan dibangun dalam penelitian ini yaitu sistem pengendalian waktu penyiraman otomatis pada tanaman cabai rawit, sistem ini diperuntukan untuk para petani agar dapat membantu dalam melakukan penyiraman tanamannya secara otomatis. Selain itu sistem ini dapat menyesuaikan kebutuhan air yang dibutuhkan oleh tanaman cabai rawit itu sendiri, yaitu dengan cara membaca terlebih dahulu kadar air dalam tanah pada tanaman cabai rawit kemudian dilanjutkan membaca kondisi suhu disekitar tanaman.

Data yang didapatkan dari hasil pembacaan sensor-sensor tersebut kemudian akan diolah kembali lebih lanjut menggunakan metode fuzzy logic control (fuzzy mamdani) yang sudah tertanam pada system, agar mendapatkan kebutuhan air yang lebih tepat untuk tanaman cabai rawit yaitu menggunakan metode fuzzy logic control (fuzzy mamdani)[5].

A. Diagram Blok

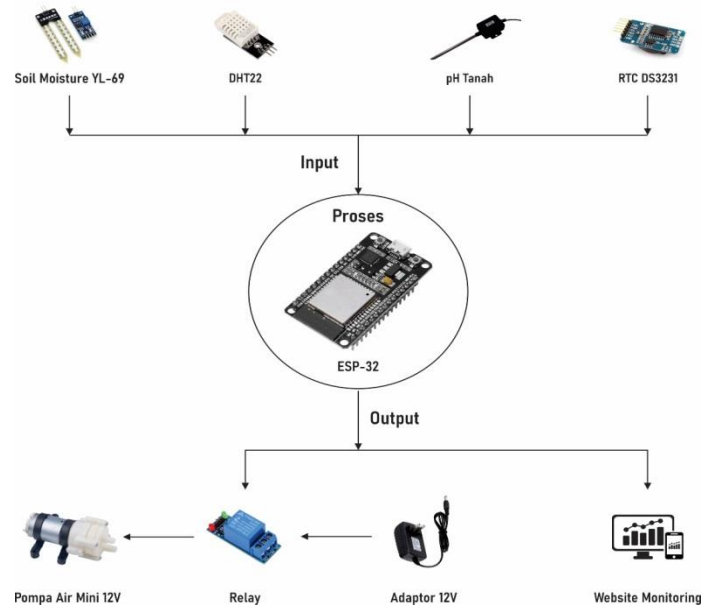
Diagram blok dari keseluruhan sistem pengendalian waktu penyiraman otomatis pada tanaman cabai rawit menggunakan metode fuzzy logic. Diagram blok pada Gambar 1, menjelaskan tentang alur kerja keseluruhan sistem dimulai dari Proses Input data, Proses Pengolahan data dan Proses Output data.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Penyiraman Otomatis

B. Arsitektur Sistem

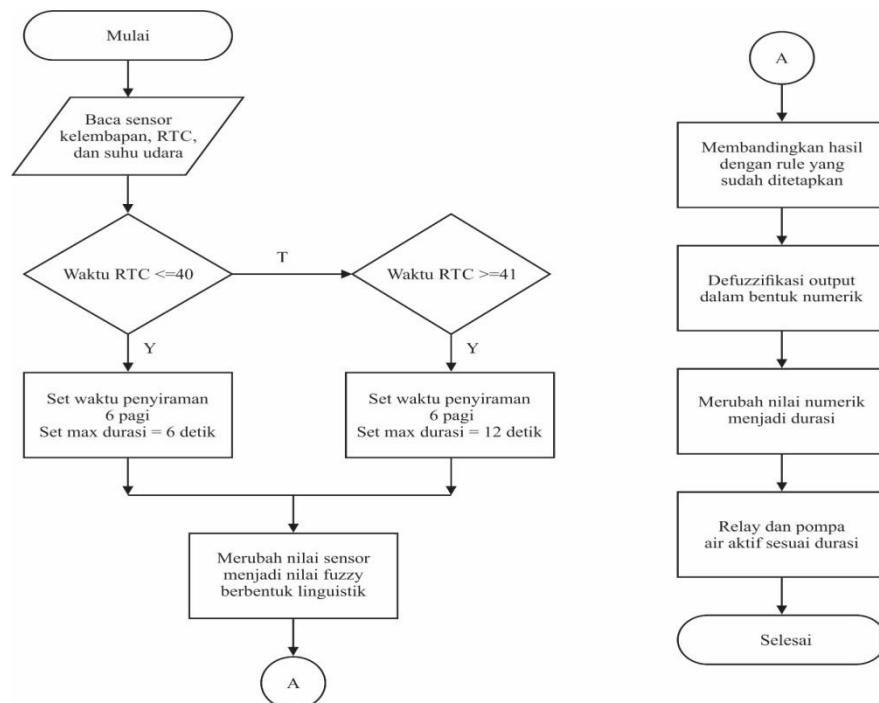
Pada arsitektur sistem ini bertujuan untuk menjelaskan alur kerja sistem yang akan dibangun. Arsitektur sistem sebagai istilah untuk menyatakan bagaimana mendefinisikan fungsi dan hubungan komponen-komponen yang lebih spesifik secara terstruktur. Alur arsitektur sistem ini dapat dilihat pada Gambar 2.



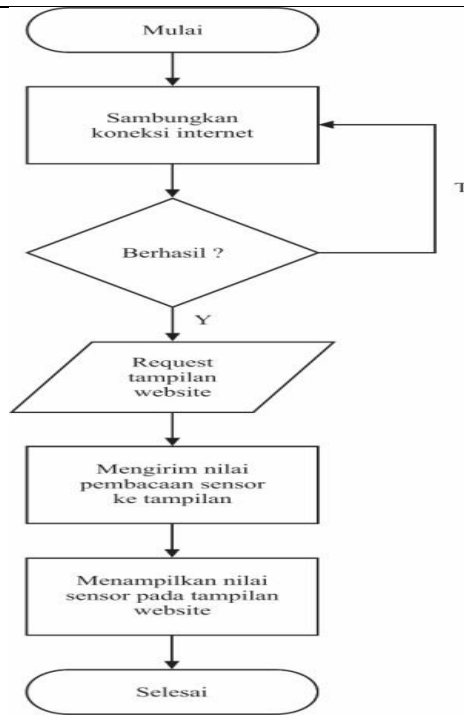
Gambar 2. Arsitektur Sistem Penyiraman Otomatis

C. Flowchart System

Proses sistem pengendalian waktu penyiraman otomatis pada tanaman cabai rawit menggunakan metode fuzzy logic memerlukan flowchart yang terbagi menjadi 2 yaitu flowchart sistem penyiraman otomatis yang dilihat pada Gambar 3 dan flowchart monitoring website yang dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3 . Flowchart Sistem Penyiraman Otomatis



Gambar 4. Flowchart Website Monitoring

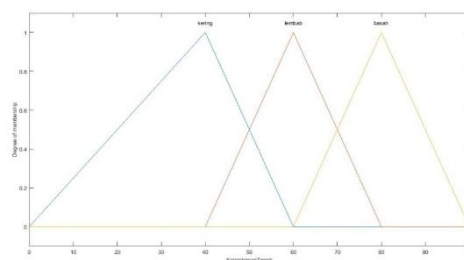
D. Implementasi Metode Fuzzy Mamdani

Dalam proses pengolahan data digunakan adalah metode fuzzy mamdani, metode ini digunakan untuk mendapatkan nilai durasi yang akan digunakan untuk menentukan pergerakan aktuator, dalam metode ini dibagi menjadi tiga proses yaitu :

1) Menentukan fuzzifikasi

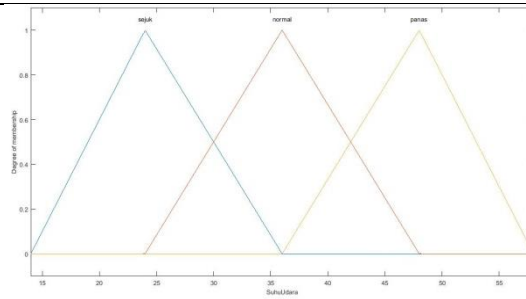
Pada proses fuzzifikasi ini terjadi pengambilan keputusan cara mengubah masukan crisp (bentuk tegas) menjadi fuzzy (variabel linguistik). Adapun beberapa penentuan dari crisp input dan crisp output fuzzy yaitu :

- a) Variabel kelembapan tanah dibentuk menjadi tiga himpunan yaitu kering, lembab, dan basah. Penjabaran nilai dari tiap himpunan sebagai berikut : Kering [0 40 60], Lembab [40 60 80], Basah [60 80 100] dari penjabaran tiap nilai diatas menghasilkan bentuk himpunan yang dapat dilihat pada Gambar 5.



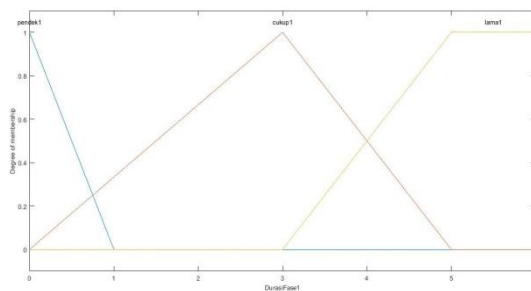
Gambar 5. Himpunan Kelembapan Tanah

- b) Variabel suhu udara dibentuk menjadi tiga himpunan yaitu sejuk, normal, dan panas. Penjabaran nilai dari tiap himpunan sebagai berikut : Sejuk [14 24 36], Normal [24 36 48], Panas [36 48 58] dari penjabaran tersebut menghasilkan bentuk himpunan yang dapat dilihat pada Gambar 6.
-



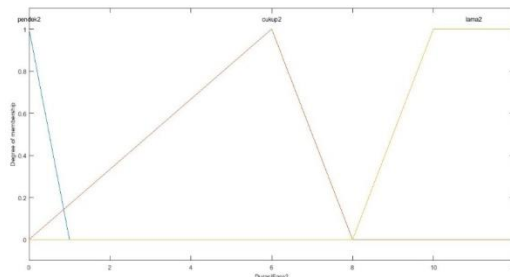
Gambar 6. Himpunan Suhu

- c) Variabel output durasi pada fase 1 mempunyai tiga himpunan yaitu pendek1, cukup1, dan lama1. Penjabaran nilai dari tiap himpunan sebagai berikut : Pendek1 [0 0 1], Cukup1 [0 3 5], Lama1 [3 5 6] dari penjabaran tersebut menghasilkan bentuk himpunan yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Himpunan Durasi Fase 1

- d) Variabel output durasi pada fase 2 mempunyai tiga himpunan yaitu pendek2, cukup2, lama2. Penjabaran nilai dari tiap himpunan sebagai berikut : Pendek1 [0 0 1], Cukup1 [0 6 8], Lama1 [8 10 12] dari penjabaran tersebut menghasilkan bentuk himpunan yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Himpunan Durasi Fase 2

2) Mekanisme Inferensi

Mekanisme inferensi merupakan acuan untuk menjelaskan hubungan antara variabel-variabel masukan dan keluaran dimana variabel yang diproses dan yang dihasilkan berbentuk fuzzy. Untuk menjelaskan hubungan antara masukan dan keluaran biasanya menggunakan “if-then” seperti berikut if x is A then y is B dimana A dan B adalah nilai linguistik yang didefinisikan dalam rentang X dan Y. pernyataan “x is A” disebut premis sedangkan pernyataan “y is B” disebut kesimpulan. Untuk aturan fuzzy yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Aturan Fuzzy Penentuan Durasi Penyiraman

IF	Kelembapan tanah	Suhu	Durasi Fase 1	Durasi Fase 2
----	------------------	------	---------------	---------------

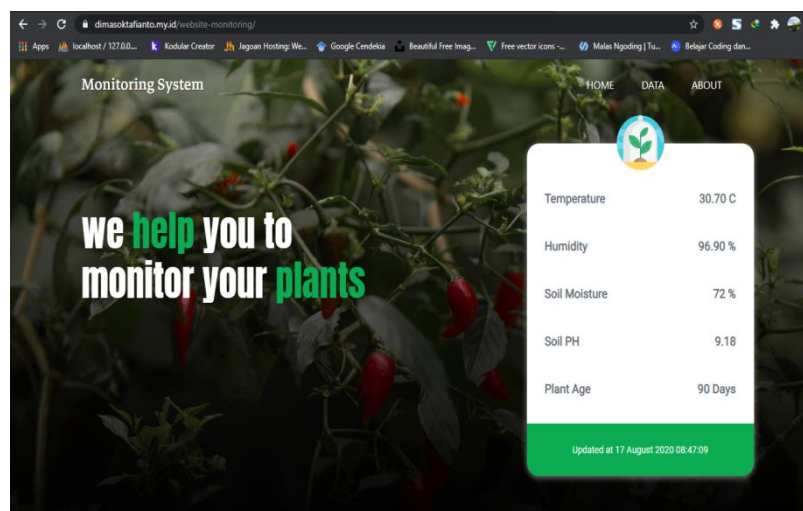
R1	Kering	Sejuk	Lama1	-
R2	Lembab	Sejuk	Cukup1	-
R3	Basah	Sejuk	Pendek1	-
R4	Kering	Normal	Lama1	-
R5	Lembab	Normal	Cukup1	-
R6	Basah	Normal	Pendek1	-
R7	Kering	Panas	Lama1	-
R8	Lembab	Panas	Cukup1	-
R9	Basah	Panas	Pendek1	-
R10	Kering	Sejuk	-	Lama2
R11	Lembab	Sejuk	-	Cukup2
R12	Basah	Sejuk	-	Pendek2
R13	Kering	Normal	-	Lama2
R14	Lembab	Normal	-	Cukup2
R15	Basah	Normal	-	Pendek2
R16	Kering	Panas	-	Lama2
R17	Lembab	Panas	-	Cukup2
R18	Basah	Panas	-	Pendek2

3) Defuzzifikasi

Tahap terakhir dari prosedur metode fuzzy mamdani adalah proses defuzzifikasi. Proses defuzzifikasi dipergunakan untuk menafsirkan nilai keanggotaan fuzzy menjadi keputusan tertentu atau bilangan real. Hal ini berarti mengembalikan nilai besaran fuzzy menjadi nilai crisp (bilangan pasti), dan mengubah fuzzy output menjadi nilai crisp berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Proses defuzzifikasi ini perlu dilakukan, karena keputusan fuzzy atau output masih berbentuk variabel linguistik. Metode yang digunakan dalam proses defuzzifikasi ini adalah metode Centroid (titik pusat). Metode centroid yaitu suatu metode dimana semua daerah fuzzy dari hasil komposisi aturan digabungkan dengan tujuan untuk membentuk hasil yang optimal dan mengambil titik pusat daerah fuzzy.

E. Implementasi Website Pada Sistem

Berikut adalah halaman utama website pada aplikasi yaitu tampilan berupa nilai dari hasil pengamatan berisikan data seperti nilai suhu, kelembapan suhu, kelembapan tanah, ph tanah, dan umur tanaman. Bentuk tampilan website dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Tampilan Website Monitoring Desktop

3. Hasil dan Pembahasan

A. Uji Coba Sistem

Pengujian alat terhadap sistem pengendalian waktu penyiraman otomatis pada tanaman cabai rawit menggunakan metode fuzzy logic dilakukan untuk mendapatkan hasil output berupa durasi penyiraman yang dihasilkan dari pengolahan metode fuzzy yang tertanam pada mikrokontroler, yang dapat diartikan pembuat sistem memilih menggunakan library fuzzy tanpa harus menambahkan file fuzzy dari matlab lagi. Namun pembuat sistem disini akan membandingkan hasil output durasi penyiraman dari library fuzzy dan matlab, agar perbedaannya dapat diketahui. Percobaan sistem ini dilakukan sebanyak 20 kali. Hasil dari percobaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Hasil Output Fuzzy Mamdani

Uji Ke	KT	SH	O1-L	O2-L	O1-M	O2-M
1	52	25.10	3.31	6.22	3.20	6.25
2	54	25.00	3.17	5.88	3.05	5.90
3	59	25.90	2.77	4.90	2.72	4.90
4	59	24.80	2.77	4.91	2.73	4.92
5	46	30.00	3.57	7.03	3.59	7.07
6	57	24.80	2.95	5.34	2.85	5.35
7	60	23.90	2.67	4.67	2.67	4.67
8	55	24.10	3.10	5.70	2.98	5.73
9	29	24.00	4.82	10.34	4.84	10.40
10	58	25.30	2.86	5.14	2.79	5.15
11	61	25.00	2.61	4.60	2.66	4.65
12	55	24.80	3.10	5.70	2.98	5.73
13	57	25.10	2.95	5.34	2.85	5.35
14	47	24.60	3.67	7.23	3.69	7.27
15	59	24.10	2.77	4.92	2.73	4.92
16	59	24.20	2.77	4.92	2.73	4.92
17	57	25.90	2.95	5.34	2.85	5.35
18	41	45.00	4.51	9.48	4.59	9.52
19	40	41.00	4.77	10.28	4.78	10.30
20	52	39.00	3.31	6.22	3.20	6.25

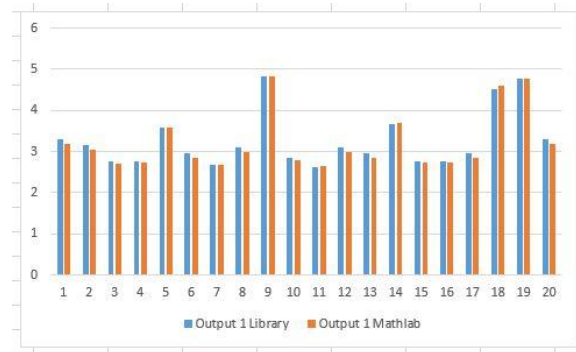
Keterangan

1. KT : Kelembapan tanah (%).
2. SH : Suhu Udara (Celcius).
3. O1-L : Output fase 1 dari library fuzzy (Detik).
4. O2-L : Output fase 2 dari library fuzzy (Detik).

5. O1-M : Output fase 1 dari matlab (Detik).
 6. O2-M : Output fase 2 dari matlab (Detik).

Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa perbedaan selisih hasil output durasi penyiraman dari metode fuzzy antara fuzzy pada library dan matlab yaitu sebagai berikut :

- 1) Selisih hasil durasi penyiraman pada fase 1 paling besar yaitu 0,12 detik dan paling rendah 0 detik. Detailnya dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Perbandingan Output Fase 1

- 2) Selisih hasil durasi penyiraman pada fase 2 paling besar yaitu 0,06 detik dan paling rendah 0 detik. Detailnya dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Output Fase 2

B. Uji Coba Simulasi Sistem pada Objek

Sebagai hasil output dari penelitian ini peneliti mengimplementasikan sistem pengendalian waktu penyiraman otomatis pada tanaman cabai rawit menggunakan metode fuzzy. Implementasi tersebut dimaksudkan sebagai penerapan hasil sebuah perangkat yang telah dirancang. Objek penelitian yang diterapkan pada tanaman cabai rawit yaitu mulai dari masa awal tanam hingga berumur 33 hari. Dalam Pengujian pada objek ini. Sebagai pembandingnya adalah tanaman yang disiram secara otomatis menggunakan perangkat yang dibuat, ada 2 tanaman lagi yang berumur sama namun penyiraman dilakukan secara manual penjelasannya dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perlakuan Penyiraman

Tanaman Ke	Metode Penyiraman
---------------	-------------------

1	Dilakukan penyiraman menggunakan sistem pengendalian waktu otomatis menggunakan metode fuzzy.
2	Dilakukan penyiraman secara manual yaitu pada umur dibawah 40 hari sebanyak 200 ml air, dan untuk 41 hari keatas akan diberi sebanyak 400ml air.
3	Dilakukan penyiraman secara manual sebanyak 200 ml air dan mengabaikan umur tanaman.

Hal-hal yang diamati pada uji coba yaitu proses pertumbuhan dari ketiga tanaman seperti pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, hingga bunga bakal buah yang muncul. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Pengamatan Perkembangan Tanaman

Tanggal	Tinggi Tanaman			Jumlah Daun			Jumlah Bunga		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
21/6/2020	11	13	11	18	17	17	-	-	-
22/6/2020	11.5	14	11.5	18	19	17	-	-	-
23/6/2020	11.5	14	11.5	20	19	18	-	-	-
24/6/2020	12	15	12	20	19	18	-	-	-
25/6/2020	12	15	12	20	19	19	-	-	-
26/6/2020	12,5	16	13	22	20	22	-	-	-
27/6/2020	13,5	16,5	14	22	23	21	-	-	-
28/6/2020	14	17,5	15	22	23	21	-	-	-
29/6/2020	14,5	17,5	15,5	23	22	25	-	-	-
30/6/2020	14,5	17,5	15,5	23	25	25	-	-	-
1/7/2020	15	18	15,5	22	27	26	-	-	-
2/7/2020	15	18	15,5	22	30	26	-	-	-
3/7/2020	15,5	19	16	24	30	25	1	-	-
4/7/2020	16	20	16	23	26	24	2	-	-
5/7/2020	16	21	18,5	23	27	24	2	-	-
6/7/2020	16	21	19	23	27	27	2	1	-
7/7/2020	16,5	21,5	19	22	30	27	4	1	-

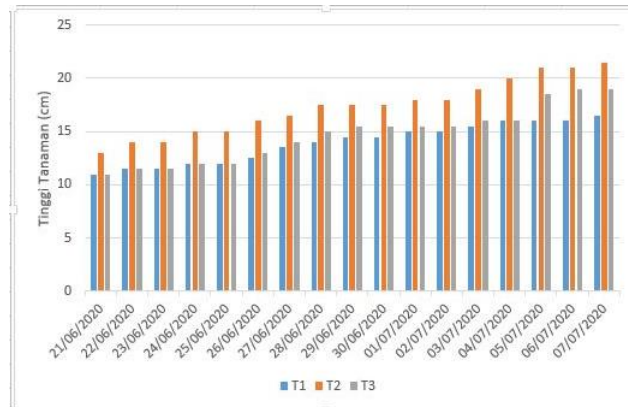
Keterangan :

T1 = Tanaman yang penyiramannya menggunakan sistem.

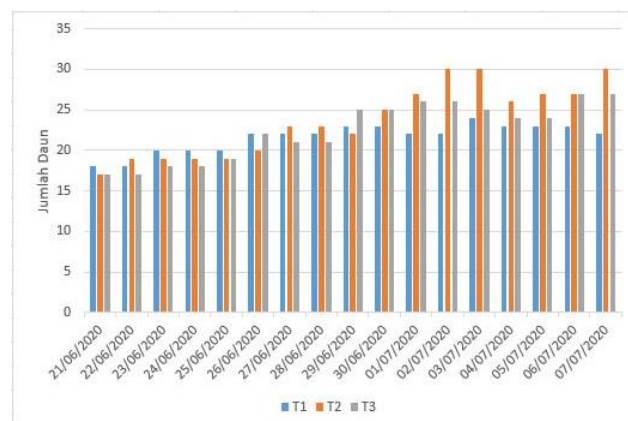
T2 = Tanaman yang penyiramannya dilakukan secara manual, namun memperhatikan kebutuhan air berdasarkan umur tanaman.

T3 = Tanaman yang penyiramannya dilakukan secara manual, namun tidak memperhatikan kebutuhan air berdasarkan umur tanaman (hanya diberi air 200 ml/hari).

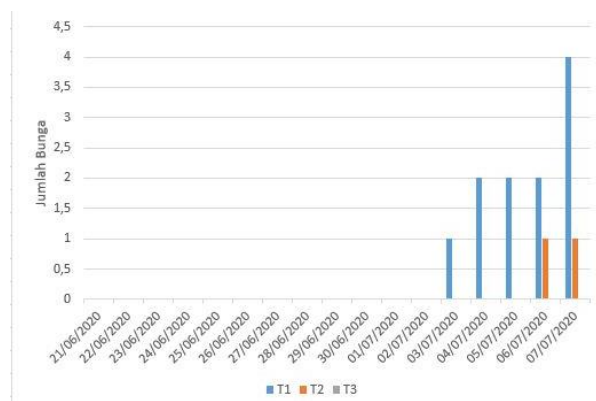
Pada hasil pertumbuhan tanaman yang telah dilakukan pengamatan seperti pada Tabel 4, dibuatkan grafik mengenai perbandingan tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah bunga. Adapun bentuk grafik perbandingan tinggi tanaman dapat dilihat pada Gambar 21, grafik perbandingan jumlah daun dapat dilihat pada Gambar 22, dan untuk grafik perbandingan jumlah bunga dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Tinggi Tanaman



Gambar 13. Grafik Perbandingan Jumlah Daun



Gambar 14. Grafik Perbandingan Jumlah Bunga

4. Kesimpulan

Berdasarkan data dari hasil pengujian perangkat dibandingkan dengan aplikasi matlab, selisih durasi penyiraman pada fase 1 adalah 0.12 detik sedangkan selisih durasi penyiraman pada fase 2 adalah 0.06 detik. Dari pengujian tersebut baik fase 1 maupun fase 2 mempunyai selisih di bawah 1 detik, sehingga dapat disimpulkan bahwa perangkat berjalan dengan baik. Sedangkan hasil pengujian selama 33 hari pada objek tanaman cabai rawit dengan 3 cara penyiraman dan 3 jenis pengamatan untuk tanaman cabai rawit tanaman ke 1 (T1) dengan penyiraman menggunakan Sistem jumlah bunga bakal buah cabai berjumlah 4 bunga, sedangkan tanaman cabai rawit dengan penyiraman secara manual (T2 dan T3) bunga bakal buah belum muncul. Sedangkan pengamatan untuk pengamatan tinggi dan jumlah daun pada tanaman ke 2 (T2) dan 3 (T3) lebih unggul.

5. Referensi

- [1] S. B. Irawan and T. Rismawan, "Sistem Pengontrolan Kelembaban Tanah Pada Media Tanam Cabai Rawit Menggunakan Mikrokontroler Atmega16 Dengan Metode PD (Proportional & Derivative)," *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, vol. III, pp. 45-56, 2015.
- [2] Z. Farhan, R. N. HT and M. Kromowartomo, "Pengaruh Pemberian Dosis Pupuk Organik Ampas Kelapa Terhadap Produksi Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescent* L)," *Jurnal Ilmiah Respati Pertanian*, vol. XII, pp. 770-776, 2018.
- [3] V. E. Rubatzky and M. Yamaguchi, *Sayuran dunia 3 prinsip, produksi, dan gizi*, Bandung: ITB, 1998.
- [4] A. Sumeru, *Hortikultura Aspek Budaya*, Jakarta: Universitas Indonesia, 1995.
- [5] M. Hidayat, E. Prihartono, Budi santoso, "Automatic Room Temperature Regulator for Making Tempe Based on Arduino with Fuzzy Logic Method " *Jurnal Inform*, vol V no. 1, 2020
- [6] C. Khairunisa, D. Triyanto and I. Nirmala, "Implementasi Sistem Pengendalian Pemupukan Dan Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Arduino Mega 2560 Dengan Antarmuka Website," *Jurnal Coding, Rekayasa Sistem Komputer*, vol. VI, pp. 87-96, 2018.
- [7] T. L. "Digital-output relative humidity & temperature sensor/module DHT22 (DHT22 also named as AM2302)," Aosong Electronics Co.,Ltd, [Online]. Available: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>. [Accessed 14 September 2020].
- [8] C. P. Yahwe, I. and L. F. Aksara, "Rancang Bangun Prototype System Monitoring Kelembaban Tanah Melalui SMS Berdasarkan Hasil Penyiraman Tanaman "Studi Kasus Tanaman Cabai dan tomat", *semanTIK*, vol. II, pp. 97-110, 2016.
- [9] Somantri, Cep Mamun " Sistem Monitoring Pemeliharaan Tanaman Cabe Berbasis Intenet Of Thing (IOT) Menggunakan Mobile Apps ", *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, vol 2 no.4 , 2021
- [10] How to Electronics " Esp32-ds3231-based-real-time-clock on Oled " : <https://how2electronics.com/esp32-ds3231-based-real-time-clock/>, [agustus 2022]
