



Implementasi *Fuzzy Logic* dalam Mengendalikan *Input* dan *Output* pada Penyiraman dan Pemupukan Tanaman Otomatis Berbasis IoT

Rinaldi¹, Yurni Oktarina², Tresna Dewi³

^{1,2,3}Department of Electrical Engineering, State Polytechnic of Sriwijaya, Palembang, Indonesia

²rinaldialdi919402@gmail.com*, ²yurni_oktarina@polsri.ac.id, ³tresna_dewi@polsri.ac.id

Abstract

One of the challenges in agriculture is the problem of watering and fertilizing plants. Most of the process of watering and fertilizing plants is done conventionally. This study presents a model of an automatic plant watering and fertilizing system based on the Internet of Things (IoT) using the fuzzy logic method to make it easier to water and fertilize plants. This paper discusses the design of plant watering and fertilizing tools that will be applied in agriculture to replace farmers in watering and fertilizing plants, for example chilies. In the measurement study, each sensor has a different voltage where the soil moisture sensor voltage is 3.53 volts, while the voltage measurement on the DHT-22 sensor gets a voltage of 2.65 volts. dry, the pump will turn on automatically and if the soil conditions are <60% or wet, the pump will turn off automatically. This is done so that the plants are always in good condition because the soil which is too dry will cause the leaves to turn pale and the soil moisture which is too moist will cause the roots and stems to be damaged so that the plants will die and in this study there was a DHT-22 sensor test where here testing of sensor values is read and displayed on the LCD and IoT node-RED with 3 hour measurement results and an average error of 0.3%. From several existing studies, there have been no studies for the implementation of fuzzy logic in controlling sensor inputs and actuator outputs in automatic watering and fertilizing plants based on IoT node-red

Keywords: watering and fertilizing, *fuzzy logic*, *internet of things*

Abstrak

Salah satu tantangan dalam pertanian adalah masalah penyiraman dan pemupukan tanaman. Sebagian besar proses penyiraman dan pemupukan tanaman dilakukan secara konvensional. Penelitian ini menyajikan model sistem penyiraman dan pemupukan tanaman otomatis berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan metode fuzzy logic untuk mempermudah melakukan penyiraman dan pemupukan tanaman. Paper ini membahas desain alat penyiraman dan pemupukan tanaman yang akan diaplikasikan pada bidang pertanian untuk menggantikan petani dalam menyiram dan memupuk tanaman, contohnya buah cabai. Pada penelitian pengukuran setiap sensor memiliki tegangan yang berbeda dimana tegangan sensor soil moisture yaitu sebesar 3.53 volt sedangkan pengukuran tegangan pada sensor DHT-22 dapatkan hasil tegangan sebesar 2.65 volt, lalu keadaan tanah juga mempengaruhi hasil penelitian dimana kondisi tanah berada pada kondisi <75% atau kering maka pompa akan menyala secara otomatis dan apabila kondisi tanah berada pada <60% atau basah maka pompa akan mati/off secara otomatis. Hal ini dilakukan agar tanaman selalu berada dalam kondisi baik/ bagus karena tanah yang terlalu kering akan menyebabkan daun menjadi pucat dan kelembaban tanah yang terlalu lembab akan menyebabkan akar dan batang rusak sehingga tanaman akan mati dan pada penelitian ini terdapat pengujian sensor DHT-22 dimana disini dilakukan pengujian nilai sensor yang dibaca dan ditampilkan di LCD dan IoT node-RED dengan hasil pengukuran 3 jam dan di dapatkan rata-rata Error sebesar 0,3%, Dari beberapa penelitian yang sudah ada belum terdapat studi untuk implementasi fuzzy logic dalam mengendalikan input sensor dan output aktuator pada penyiraman dan pemupukan tanaman otomatis berbasis iot node-red.

Kata kunci: penyiraman dan pemupukan, *fuzzy logic*, *internet of things*

Diterima Redaksi: 31-10-2022 | Selesai Revisi: 1-12-2022 | Diterbitkan Online: 31-12-2022

1. Pendahuluan

Salah satu faktor pertumbuhan dan berkembangnya tanaman cabai yaitu dengan proses penyiraman air dan pemupukan salah satunya dengan menggunakan pupuk cair [1]-[2]. Metode penyiraman dan

pemupukan yang dilakukan tergantung keadaan tempat budidaya dan jenis tanaman pangan yang dibudidayakan. Banyak macam-macam cara penyiraman dan pemupukan pada tanaman. Menyiram dan pemupukan tanaman biasanya dilakukan secara

langsung pada tanaman menggunakan gembor, gayung, dan ember. Hal ini menimbulkan beberapa kendala, terutama pada efisiensi waktu pada orang yang tidak memiliki banyak waktu.

Penyiraman yang ada saat ini masih menggunakan sistem manual yang akan membuat kerugian dalam waktu dan tenaga, tidak hanya itu penyiraman secara manual juga memboroskan air dan dapat membuat tanaman layu. Pemupukan merupakan salah satu kegiatan pemeliharaan tanaman yang berperan penting terhadap produktivitas tanaman. Akibat pemupukan yang tidak tepat, lahan akan mengalami kemunduran, khususnya dalam hal kualitas lahan. Sehingga sistem terpadu yang mampu mengendalikan penyiraman dan pemupukan otomatis sangat diperlukan dalam bentuk greenhouse [3]-[10].

Dengan perkembangan teknologi saat ini penyiraman dan pemupukan tanaman cabai dapat dikontrol yang dilakukan secara otomatis dan dapat dipantau secara jarak jauh menggunakan teknologi Internet of Things (IoT). IoT adalah konsep dimana semua alat dan layanan terhubung satu dengan yang lain dengan mengumpulkan, bertukar dan memproses data untuk beradaptasi secara dinamis [4]-[6].

IoT yang digunakan adalah IoT Node-RED, Node-RED adalah sebuah tool berbasis browser untuk membuat aplikasi Internet of Things (IoT) yang mana lingkungan pemrograman visualnya mempermudah penggunaannya untuk membuat aplikasi sebagai “flow”. Selain memanfaatkan teknologi IoT, teknologi *fuzzy logic* juga dimanfaatkan pada sistem ini, Logika fuzzy merupakan konsep dasar dari sistem fuzzy yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan terhadap suatu variabel input berdasarkan nilai kesamarannya. Dalam teori himpunan samar, samar dinyatakan dalam derajat keanggotaan dan derajat dari kebenaran, sehingga sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah dalam waktu yang bersamaan (Kusumadewi, 2004).

Logika fuzzy yang digunakan adalah logika fuzzy mamdani, logika fuzzy mamdani merupakan salah satu metode yang sangat fleksibel dan memiliki toleransi pada data yang ada. Fuzzy mamdani memiliki kelebihan yakni, lebih intuitif, diterima oleh banyak pihak. Penggunaan fuzzy mamdani ini sama halnya dengan penggunaan metode peramalan pada bidang statistik. Penentuan analisis berdasarkan pendekatan fuzzy lebih efisien dalam pendekatan menggunakan angka dibanding dengan metode peramalan. Peramalan dalam statistik dapat menghasilkan galat error lebih besar dari pendekatan fuzzy. Dengan melakukan pendekatan fuzzy menghasilkan output yang lebih dekat dengan keadaan sebenarnya [11]-[21].

Penelitian ini membahas implementasi fuzzy logic dalam mengendalikan input sensor dan output aktuator pada penyiraman dan pemupukan tanaman otomatis berbasis iot node-red. Oleh karena itu pada studi ini diusulkan sebuah sistem untuk mengendalikan input

sensor yang terdiri dari sensor capacitive soil moisture, sensor ultrasonic, rtc dan sensor DHT22 serta output aktuator berupa pompa air, pompa pupuk cair dan solenoid valve untuk membantu menjaga kelembaban tanaman cabai dengan menggunakan teknik irigasi tetes dan pemupukan cair dengan teknik sprinkle yang dapat dipantau secara online dan realtime pada sebuah aplikasi android.

2. Metode Penelitian

Untuk mendapatkan hasil yang baik dan sesuai dengan yang direncanakan, ada beberapa tahapan yang dilakukan dari metode *fuzzy logic* dalam mengontrol *input* dan *output* pada penyiraman dan pemupukan tanaman otomatis sehingga dibuat beberapa kegiatan pelaksanaannya. Beberapa kegiatan tersebut antara lain, yaitu:

2.1 Tanaman Cabai

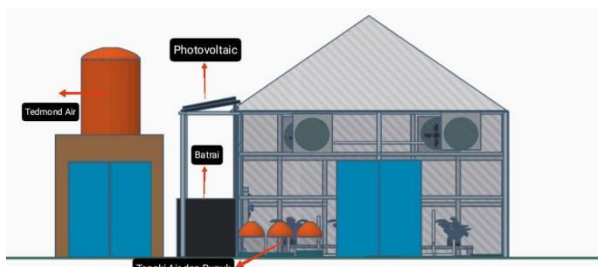
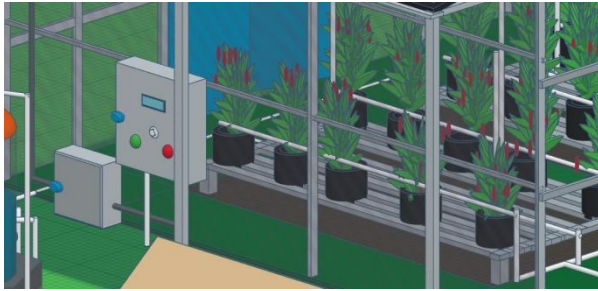
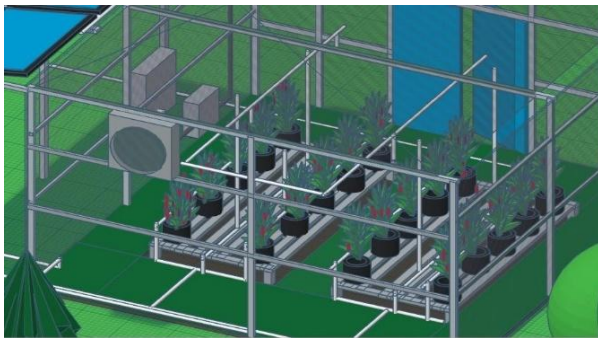
Tanaman cabai merupakan salah satu jenis rempah yang seringkali di tambahkan sebagai bumbu masakan karena rasanya yang pedas memberikan kesegaran, serta cabai juga berkhasiat mengurangi terjadinya penggumpalan darah (trombosis).

Tabel 1: berikut merupakan kondisi lingkungan sebagai syarat tumbuh tanaman cabai.

Parameter	Syarat tumbuh tanaman cabai
Sinar matahari	Penyinaran secara penuh
Curah hujan	800-2000 mm/tahun
Suhu	21°-28°C untuk siang hari dan 13°-16°C untuk malam hari
Kelembaban	80%
Ketinggian tempat	Kurang dari 1400 mdpl
Tanah	Ph 6-7

2.2 Desain Mekanik

Perancangan mekanik desain 3D alat penyiraman dan pemupukan otomatis untuk tanaman cabai (*Capsicum Anuum. L*) pada *greenhouse*. Perancangan desain 3D ini merupakan bagian dari alat-alat yang ada di *greenhouse* yang saling terintegrasi untuk menjaga kondisi lingkungan agar tanaman cabai dapat tumbuh dan berbuah dengan baik.

Gambar 1. Rancangan *Greenhouse* KeseluruhanGambar 2. Objek Tanaman pada *Greenhouse*

Gambar 3. Rancangan Posisi Pipa

Gambar 1 merupakan rancangan *greenhouse* secara keseluruhan yang dibangun diatas lahan dengan ukuran 4x4 meter. Pada perancangan ini terdapat tedmond dengan ukuran 3 meter dengan kapasitas volume air 600 liter yang berfungsi sebagai penyedia utama bagian pengairan pada *greenhouse*.

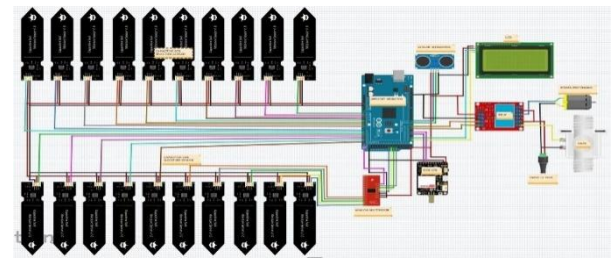
Pada Gambar 2 terdapat objek tanaman yang ditanam pada *greenhouse*. Tanaman yang digunakan ialah tanaman buah cabai (*capsicum anuum L*) yang berjumlah sebanyak 20 *polybag*.

Gambar 3 merupakan rancangan posisi pipa penyiraman air pada *greenhouse*. Pada penyiraman air otomatis pada *greenhouse* terdapat 4 pipa paralon yang dimana pada setiap satu baris pipa paralon terdapat 5 *polybag* diatasnya. Metode penyiraman air pada tanaman cabai ini yaitu dilakukan dengan meneteskan air dari pipa-pipa paralon tersebut ke *polybag* tanaman cabai.

2.3 Desain Elektrik

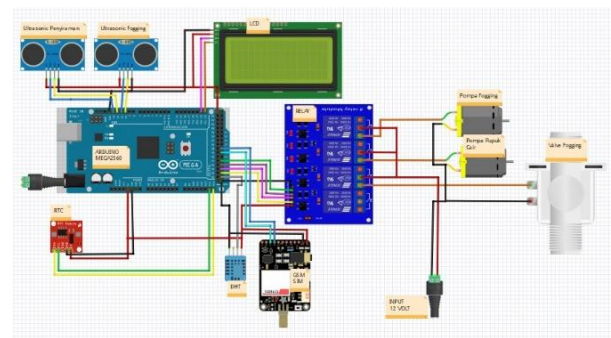
Pada bagian perancangan elektronik terdapat skematik rangkaian yang memperlihatkan tata letak serta hubungan antar komponen dalam pembentukan

alat penyiraman tanaman otomatis, yang merupakan bagian dari keseluruhan sistem yang terintegrasi pada pertanian *greenhouse* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Rangkaian Penyiraman Air Otomatis

Komponen-komponen yang digunakan pada skematik rangkaian diatas adalah adaptor sebagai konverter dari tegangan AC 220 Volt menjadi tegangan DC 12 Volt. Adaptor ini digunakan sebagai *supply* tegangan bagi pompa air. Kemudian tegangan dari adaptor masuk ke modul *step down* yang selanjutnya menghasilkan *output* sebesar 5 Volt DC. Tegangan inilah yang akan digunakan oleh komponen elektronika pada skematik pada Gambar 5. Kemudian menggunakan 20 sensor *capacitive soil moisture* yang terhubung ke Arduino Mega2560 sebagai parameter penyiraman air otomatis.



Gambar 5. Skema Rangkaian Pemupukan Otomatis

Sedangkan pada pin digital terdapat sensor ultrasonik sebagai sensor jarak pendeteksi ketinggian air pada tangki. Pada rangkaian di atas juga digunakan real time clock sebagai timer pada alat untuk menjadwalkan penyiraman. Kemudian digunakan relay sebagai switch atau pemutus arus yang terhubung ke pompa air. Pompa air pada rangkaian di atas terhubung pada kumparan relay Normally Open, sehingga apabila di waktu penyiraman relay akan menghubungkan ke Normally Close dan pompa aktif, kemudian relay akan memutus arus apabila kelembaban tanah sudah mencapai batas penyiraman telah tercapai.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Desain *Fuzzy Logic*

Fuzzy logic digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang dinyatakan dengan menggunakan

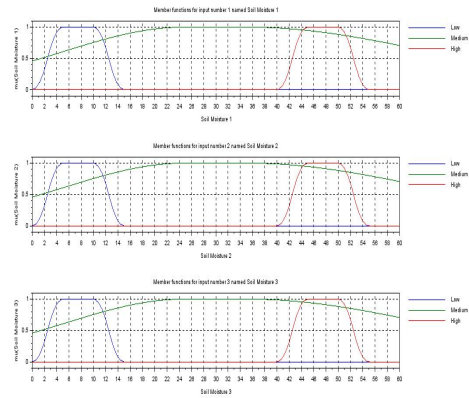
linguistic (ilmu bahasa). Contohnya yaitu dengan besaran suhu suatu ruangan yang dinyatakan dengan dingin, hangat dan panas. Dalam hal ini *fuzzy logic* menunjukkan sejauh mana suatu nilai dapat dikatakan benar atau salah. Tidak seperti logika klasik atau tegas yang hanya mempunyai dua kemungkinan cepat atau lambat, *fuzzy logic* mempunyai kemungkinan yang lebih banyak. Oleh sebab itu *fuzzy logic* dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah dalam waktu yang bersamaan.

Simulasi yang digunakan untuk perancangan *fuzzy logic* pada paper ini adalah aplikasi *Scilab*. Ada beberapa metode dalam mempresentasikan hasil dari *fuzzy logic* yaitu Sugeno, Tsukamoto dan Mamdani. Pada paper ini metode yang digunakan adalah metode Mamdani dengan bentuk kurva tringular.

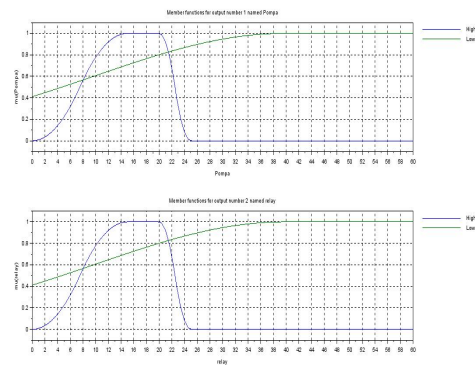
Table 2. Rules Penyiraman Otomatis

Input			Output	
Soil Moisture 1	Soil Moisture 2	Soil Moisture 3	Pompa	Relay
Low	Low	Low	High	High
Medium	Low	Low	High	High
High	Low	Low	Low	Low
Low	Medium	Low	High	High
Medium	Medium	Low	High	High
High	Medium	Low	Low	Low
Low	High	Low	Low	Low
Medium	High	Low	Low	Low
High	High	Low	Low	Low
Low	Low	Medium	High	High
Medium	Low	Medium	High	High
High	Low	Medium	Low	Low
Low	Medium	Medium	High	High
Medium	Medium	Medium	High	High
High	Medium	Medium	Low	Low
Low	High	Medium	Low	Low
Medium	High	Medium	Low	Low
High	High	Medium	Low	Low
Low	Low	High	Low	Low
Medium	Low	High	Low	Low
High	Low	High	Low	Low
Low	Medium	High	Low	Low
Medium	Medium	High	Low	Low
High	Medium	High	Low	Low
Low	High	High	Low	Low
Medium	High	High	Low	Low
High	High	High	Low	Low

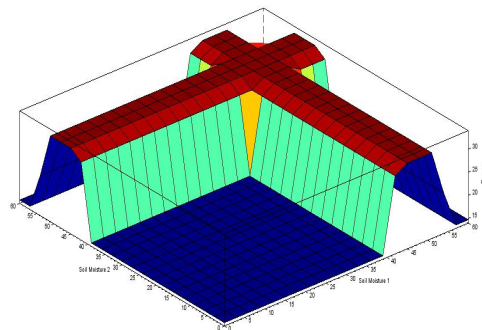
Jumlah *membership input* pada alat penyiraman tanaman otomatis ada 3 sensor soil moisturr sedangkan jumlah *membership output* nya adalah 2 yaitu berupa pompa dan relay.



Gambar 6. Member Function Input Penyiraman



Gambar 7. Member Function Output Penyiraman



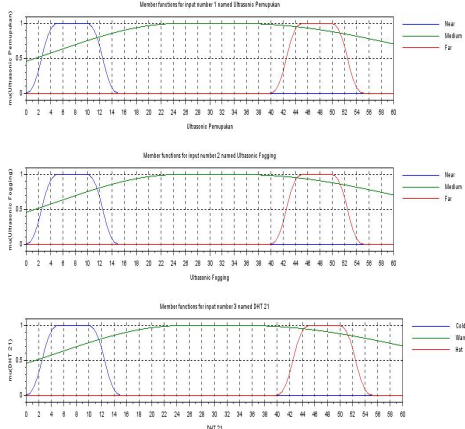
Gambar 8. Grafik 3D Penyiraman Otomatis

Setelah menentukan *membership function input* dan *membership function output* pada penyiraman tanaman otomatis selanjutnya adalah membuat *rules* seperti pada Tabel 2.

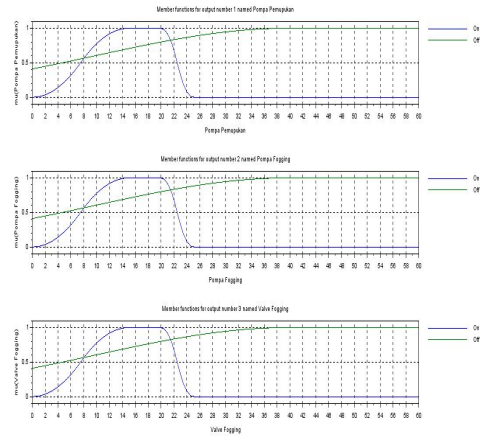
Table 3. Rules Pemupukan Otomatis

Input			Output		
Ultrasonic 1	Ultrasonic 2	DHT 22	Pompa 1	Pompa 2	Valve
Near	Near	Cold	OFF	OFF	OFF
Medium	Near	Cold	OFF	OFF	OFF
Far	Near	Cold	ON	OFF	OFF
Near	Medium	Cold	OFF	OFF	OFF
Medium	Medium	Cold	OFF	OFF	OFF
Far	Medium	Cold	ON	OFF	OFF
Near	Far	Cold	OFF	ON	OFF
Medium	Far	Cold	OFF	ON	OFF
Far	Far	Cold	ON	ON	OFF
Near	Near	Warm	OFF	OFF	OFF
Medium	Near	Warm	OFF	OFF	OFF
Far	Near	Warm	ON	OFF	OFF
Near	Medium	Warm	OFF	OFF	OFF
Medium	Medium	Warm	OFF	OFF	OFF
Far	Medium	Warm	ON	OFF	OFF
Near	Far	Warm	OFF	ON	OFF
Medium	Far	Warm	OFF	ON	OFF
Far	Far	Warm	ON	ON	OFF
Near	Near	Hot	OFF	OFF	ON
Medium	Near	Hot	OFF	OFF	ON
Far	Near	Hot	ON	OFF	ON
Near	Medium	Hot	OFF	OFF	ON
Medium	Medium	Hot	OFF	OFF	ON
Far	Medium	Hot	ON	OFF	ON
Near	Far	Hot	OFF	ON	ON
Medium	Far	Hot	OFF	ON	ON
Far	Far	Hot	ON	ON	ON

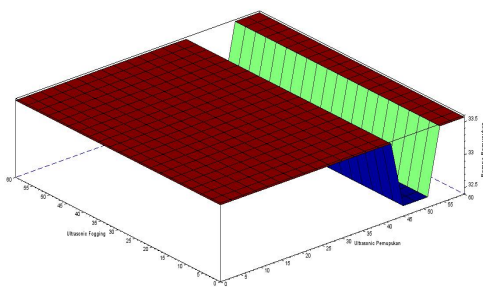
Jumlah *membership input* pada alat pemupukan tanaman otomatis ada 3 sensor yaitu sensor ultrasonic 1, ultrasonic 2 dan DHT 21 sedangkan jumlah *membership output* nya adalah 3 yaitu berupa pompa 1, pompa 2 dan valve.



Gambar 9. Member Function Input Pemupukan



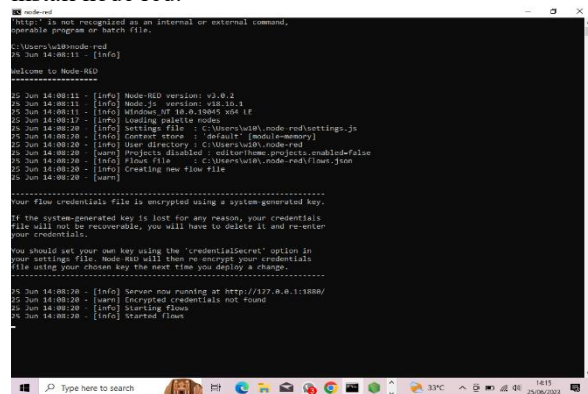
Gambar 10. Member Function Output Pemupukan



Gambar 11. Grafik 3D Pemupukan Otomatis

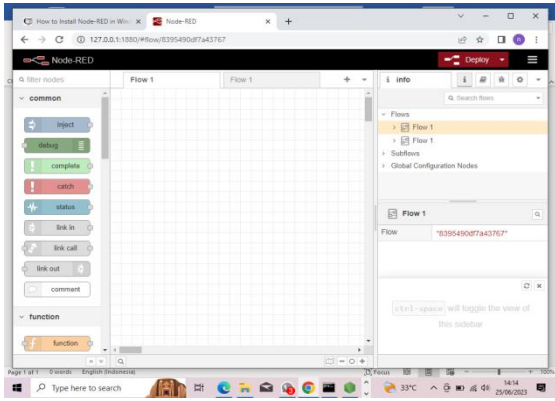
3.2 Perancangan Software

Tahapan awal yang perlu dilakukan adalah menginstall node red.



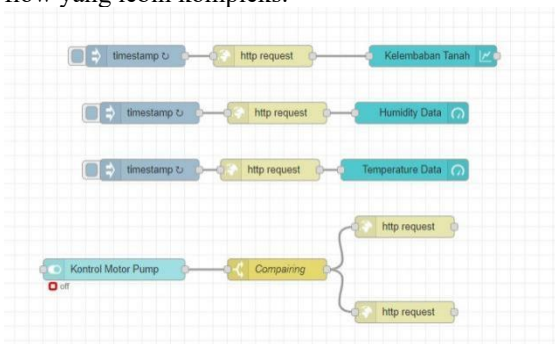
Gambar 12. tampilan install node-red

Gambar 12 adalah gambar tampilan node-red yang sudah terinstall di PC/laptop dan kemudian mengcopy halaman server dan akan terhubung ke node red.



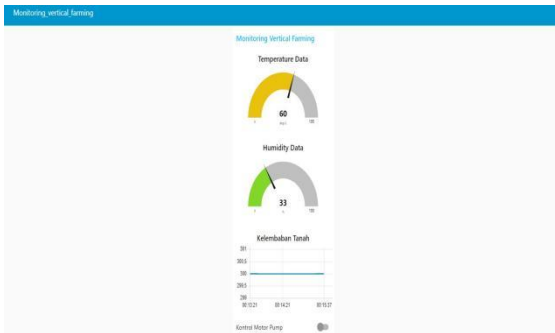
Gambar 13. tampilan node red

Gambar 13 adalah tampilan dari node red kemudian kita bisa merancang dan membuat flow-flow yang lebih kompleks.



Gambar 14. tampilan flow node red

Gambar 14 adalah gambar flow node red yang sudah di rancang dan bisa kita monitoring.



Gambar 15. tampilan dashboard node red

Gambar 15 merupakan tampilan dashboard dari node red yang akan di monitoring.


3.3 Pengujian sensor soil moisture

Pengujian sensor *soil moisture* ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kelembaban tanah, supaya dapat menentukan apakah tanah dalam keadaan lembab atau kering. Sehingga membutuhkan penyiraman atau tidak. Media tanah yang digunakan dalam pengujian sensor *soil moisture* ini menggunakan tanah dari tanaman cabai.

Range nilai kelembaban :

1. Kelembaban 10% - 59% (basah)
2. Kelembaban 60% - 75% (lembab)
3. Kelembaban 76% - 100% (kering)

Table 4. Pengujian pengukuran sensor DHT-22 menggunakan multimeter

Nama Komponen	Gambar hasil pengukuran	Vin (Volt)
Sensor Soil Moisture		3.53

Pada pengukuran sensor Soil Moisture menggunakan multimeter digital Hasil Pengukuran tegangan DC adalah 3.53 volt. Penggunaan alat ini adalah untuk mengetahui kadar kelembaban tanah pada tanaman cabai.

Tabel 5. Hasil pengujian sensor soil moisture

Waktu	Nilai Kelembaban	Kondisi
10.00	72%	Lembab
11.00	70%	Lembab
12.00	97%	Kering

Pada Tabel 5 merupakan data yang didapatkan setelah melakukan pengujian pada sensor soil moisture. Keadaan tanah yang baik yaitu kondisi tanah dengan nilai 60% - 75% karena tidak kering dan tidak basah. Jadi dapat disimpulkan Ketika tanah memiliki nilai kelembaban (>75%) maka pompa akan menyala dan melakukan proses penyiraman dan ketika nilai kelembaban (<60%) maka pompa akan mati.



Gambar 16. grafik pengujian sensor soil moisture




Gambar 17. grafik pengujian sensor soil moisture

Gambar 16 dan Gambar 17 merupakan grafik hasil pengujian sensor soil moisture dimana sumbu (X) sampel yang diambil per tiap jam yang dimulai dari pukul 10.00 wib hingga 12.00 wib dan sumbu (Y) adalah nilai tingkat kelembaban tanah.

3.4 Pengujian sensor DHT22

Pengujian ini dilakukan untuk melihat kinerja dari sensor dengan membandingkan hasil nilai baca sensor dengan alat ukur standar Mini Digital Thermometer & hygrometer. Perbandingan pengukuran sensor DHT-22 dan mini digital Thermometer & Hygrometer dengan dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Table 6. Pengujian pengukuran sensor DHT-22 menggunakan multimeter

Nama Komponen	Gambar hasil pengukuran	Vin (Volt)
Sensor DHT-22		2.65

Pada pengukuran sensor DHT-22 menggunakan multimeter digital Hasil Pengukuran tegangan DC adalah 2.65 volt. Penggunaan alat ini adalah untuk mengetahui suhu udara dan kelembaban udara yang ada di dalam greenhouse

Table 7. Pengujian pengukuran suhu udara DHT-22

waktu	pengukuran suhu udara			
	NS(°C)	AU(°C)	S(°C)	E(%)
10.00	39,4	46	6,6	0,14
11.00	41,7	46,5	4,8	0,1
12.00	46,2	47,5	1,3	0,02

Keterangan :

NS : Nilai Sensor

AU : Nilai Alat Ukur

S : Selisih Pengukuran

E : Error (%)

Pada Tabel 7 merupakan pengujian suhu udara pada sensor DHT-22, terdapat Error antara nilai yang sebenarnya dan nilai yang dibaca oleh sensor.

Table 8. Pengujian pengukuran kelembaban udara DHT-22

waktu	pengukuran kelembaban udara			
	NS(°C)	AU(°C)	S(°C)	E(%)
10.00	37	24	13	0,54
11.00	40,4	25	15,4	0,61
12.00	34,3	26	8,30	0,31

Keterangan :

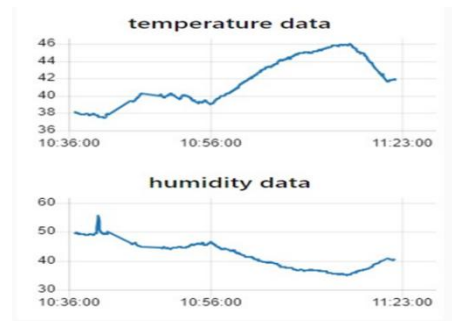
NS : Nilai Sensor

AU : Nilai Alat Ukur

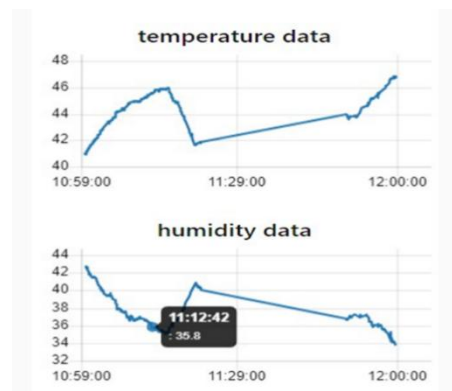
S : Selisih Pengukuran

E : Error (%)

Pada Tabel 8 merupakan pengujian kelembaban udara pada sensor DHT-22, terdapat Error antara nilai yang sebenarnya dan nilai yang dibaca oleh sensor.



Gambar 18. Grafik pengujian DHT-22



Gambar 19. Grafik pengujian DHT-22

Gambar 18 dan Gambar 19 merupakan grafik hasil pengujian DHT-22 dimana sumbu (X) sampel yang diambil per tiap jam yang dimulai dari pukul 10.00 wib hingga 12.00 wib dan sumbu (Y) adalah nilai tingkat kelembaban suhu dan udara .

Pada Tabel 5 merupakan hasil pengujian sensor soil moisture pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar air di dalam tanah apakah dalam kondisi kering lembab maupun basah. Dimana pengujian ini menggunakan nilai yang di baca langsung oleh sensor dan dikontrol secara otomatis oleh relay yang apabila kondisi tanah berada pada kondisi <75% atau kering maka pompa akan menyala secara otomatis dan apabila kondisi tanah berada pada <60% atau basah maka pompa akan mati/off secara otomatis. Hal ini di lakukan agar tanaman selalu berada dalam kondisi baik/ bagus karena tanah yang terlalu kering akan menyebabkan daun menjadi pucat dan kelembaban tanah yang terlalu lembab akan menyebabkan akar dan batang akan rusak sehingga tanaman akan mati.

Pada Tabel 7 dan Tabel 8 merupakan tabel pengujian sensor DHT-22 dimana disini dilakukan pengujian nilai sensor yang dibaca dan ditampilkan di LCD dan IoT node-RED dengan hasil pengukuran 3 jam dan di dapatkan rata-rata Error sebesar 0,3%

4. Kesimpulan

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil antara lain:

1. Pengukuran tegangan sensor soil moisture yaitu sebesar 3.53 volt sedangkan pengukuran tegangan pada sensor DHT-22. Pada pengukuran ini di dapatkan hasil tegangan sebesar 2.65 volt. Dimana dapat di analisa bahwa masing- masing sensor memiliki tegangan input yang berbeda.
2. Keadaan tanah yang baik yaitu kondisi tanah dengan nilai 60% - 75% karena tidak kering dan tidak basah. Jadi dapat disimpulkan Ketika tanah memiliki nilai kelembaban (>75%) maka pompa akan menyala dan melakukan proses penyiraman dan ketika nilai kelembaban (<60%) maka pompa akan mati.
3. Pengujian sensor DHT-22 dimana disini dilakukan pengujian nilai sensor yang dibaca dan ditampilkan di LCD dan IoT node-RED dan dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur standar Mini Digital Thermometer & hygrometer yang dilakukan selama 3 jam dan di dapatkan rata-rata Error sebesar 0,3%
4. Rangka dapat mengenali dan menampilkan informasi sebagai sensor yang telah diintroduksikan pada greenhouse misalnya sensor DHT-22, sensor kelembaban tanah dan ditampilkan secara kontinyu melalui LCD dan dapat diamati melalui aplikasi Node-RED

Daftar Rujukan

- [1] P. P. Putra, T. Dewi, and Rusdianasari, MPPT Implementation for Solar-powered Watering System Performance Enhancement," Technology Reports of Kansai University, Vol. 63, No. 01, pp. 6919-6931, 2021. ISSN: 04532198.
- [2] Y. Mases, T. Dewi, and Rusdianasari, Solar Radiation Effect on Solar Powered Pump Performance of an Automatic Sprinkler System. Paper presented at the Proceedings of 2021 International Conference on Electrical and Information Technology (IEIT), pp. 246-250, 2021.
- [3] M. Liao, S. Chen, C. Chou, H. Chen, S. Yeh, Y. Chang, and J. Jiang, On precisely relating the growth of Phalaenopsis leaves to greenhouse environmental factors by using an IoT-based monitoring system, *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 136, pp. 125-139, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.03.003>.
- [4] Kumar, V. Singh, S. Kumar, S. P. Jaiswal, and V. S. Bhadoria, IoT enabled system to monitor and control greenhouse, *Materials Today: Proceedings*, Vol. 49, No 8, pp. 3137-3141, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.040>
- [5] G. Singh, P. P. Singh, P. P. Singh Lubana, and K.G. Singh, Formulation and validation of a mathematical model of the microclimate of a greenhouse, *Renewable Energy*, Vol. 31, No 10, pp. 1541-1560, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.07.011>.
- [6] H. Kim, D. H. Lee, S. W. Ahn, W. K. Kim, S. O. Hur, J. Y. Choi, S. Chung, Design and testing of an autonomous irrigation controller for precision water management of greenhouse crops, *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, Vol. 8, No 4, pp. 228-234, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2015.03.001>
- [7] D. S. Paraforos, H. W. Griepentrog, Multivariable greenhouse climate control using dynamic decoupling controllers, *IFAC Proceedings Volumes*, Vol. 46, No 18, pp. 305-310, 2013, <https://doi.org/10.3182/20130828-2-SF-3019.00064>.
- [8] Chang, S. Chung, W. Fu, and C. Huang, Artificial intelligence approaches to predict growth, harvest day, and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in a IoT-enabled greenhouse system, *Biosystems Engineering*, Vol. 212, pp. 77-105, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.09.015>.
- [9] F. Hahn, Fuzzy controller decreases tomato cracking in greenhouses, *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 77, No 1, pp. 21-27, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2011.03.003>.
- [10] H. Benyezza, M. Bouhedda, and S. Rebouh, Zoning irrigation smart system based on fuzzy control technology and IoT for water and energy saving, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 302, p. 127001, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127001>.
- [11] Dewi T., Nurmaini S., Risma P., Oktarina Y., and Horiz M., 2019, Inverse Kinematic Analysis of 4 DOF Pick and Place Arm Robot Manipulator using Fuzzy Logic Controller, *IJECE*, 10(2), pp. 1376-1386. doi:10.11591/ijece.v10i2.pp1376-1386.
- [12] F. Septiarini, T. Dewi and Rusdianasari, Design of a solar-powered mobile manipulator using fuzzy logic controller of agriculture application, *International Journal of Computational Vision and Robotics, Inderscience*, Vol. 12, No. 5, pp. 506-531, 2022. <https://doi.org/10.1504/IJCVR.2022.125356>.
- [13] Dewi T., Risma P., and Oktarina Y., 2018, Fuzzy Logic Simulation as a Teaching-learning Media for Artificial Intelligence Class, *Journal of Automation Mobile Robotics and Intelligent Systems*, 12(3), pp. 3-9. doi: 10.14313/JAMRIS_3-2018/13
- [14] Dewi T., Oktarina Y., Risma P., and Kartini S., 2019, Desain Robot Pengikut Manusia Sederhana dengan Fuzzy Logic Controller, *Proc. Annual Research Seminar (ARS)*, 5(1), pp. 12-16, 16 Nov 2019, Palembang: Indonesia.
- [15] Oktarina Y., Septiarini F., Dewi T., Risma P., and Nawawi M., 2019, Fuzzy-PID Controller Design of 4 DOF Industrial Arm Robot Manipulator, *Computer Engineering and Application Journal*, 8(2), pp. 123-136. doi: 10.18495/COMENGAPP.V8I2.300.
- [16] T. Dewi, C. Sitompul, P. Risma, and Y. Oktarina, R. Jelista, M. Mulyati M., Simulation Analysis of Formation Control Design of Leader-Follower Robot Using Fuzzy Logic

- Controller, Proc 2019 ICECOS, 2-3 Oct. 2019, Batam Island: Indonesia. doi:10.1109/ICECOS47637.2019.8984433
- [17] Yudha H. M., Dewi T., Hasana N., Risma P., Oktarina, Y. Kartini S., 2019, Performance Comparison of Fuzzy Logic and Neural Network Design for Mobile Robot Navigation, Proc. 2019 ICECOS, 2-3 Oct. 2019, Batam Island: Indonesia. doi:10.1109/ICECOS47637.2019.8984577
- [18] Larasati N., Dewi T., and Oktarina Y., 2017. Object Following Design for a Mobile Robot using Neural Network. *Computer Engineering and Application Journal*, 6(1), pp. 5-14. doi:10.18495/COMENGAPP.V6I1.189.
- [19] Dewi T., Risma P., Oktarina Y., and Roseno M.T., 2017. Neural Network Design for a Mobile Robot Navigation a Case Study. 4th Proc. EECSI. 23-24 Sep. 2017. Yogyakarta: Indonesia. doi:10.1109/EECSI.2017.8239168.
- [20] Dewi T., Risma P., Oktarina Y., and Nawawi M., 2017. Neural Network Simulation for Obstacle Avoidance and Wall Follower Robot as a Helping Tool for Teaching-Learning Process in Classroom. 1st Proc. ICEAT, 29-30 November 2017, Mataram: Indonesia. doi:10.1088/1757-899X/403/1/012043
- [21] Risma P., Dewi T., Oktarina Y., and Wijanarko Y., 2019. Neural Network Controller Application on a Visual based Object Tracking and Following Robot. *Computer Engineering and Application Journal*, 8(1). doi: 10.18495/COMENGAPP.V8I1.280.