

Sistem Pengendalian Water Pump Untuk Mengatur Volume Level Air Dengan Logika Fuzzy Pada Pengairan Hidroponik

Rakhmat Kurniawan¹, Sriani², Alfian Ramadhan S³

^{1,2,3}Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara,
Medan, Indonesia

E-mail: ¹rakhmat.kr@uinsu.ac.od, ²sriani@uinsu.ac.id, ³alfanr046@gmail.com

Abstract

Hydroponic culture can produce optimal plant growth, the yield and quality are better than soil media, the efficiency and quality of production depends on many factors such as controlling nutrition, plant genotype, freezing method, disease control, temperature control and controlling the amount of water in the tendons. Water that is circulated through the hydroponic network is supplied through a water pump. A lot of water supply cannot be stable, which can result in a decrease in plant quality, namely the control of hydroponic water pumps can be adjusted with the Tsukamoto fuzzy system. This study used the NFT hydroponic method, which is suitable for green vegetables such as mustard greens, lettuce, spinach, pakcoy, cucumber, tomatoes, and others. The application of this pump sensor monitoring tool uses a microcontroller based on the IoT platform. Also used Blynk software to display information from programming via Arduino software. Ultrasonic circuit, the sensor will measure the distance to the air surface, which will determine at what distance the water tap will open to fill air into the tendons. After running a number of experiments the content of water tendons can be controlled by fuzzy Tsukamoto. It is hoped that for further development it can use sensors other than Ultrasonic, and for further development it can use a large number of plants.

Keywords: hydroponics, arduino, sensors, blynk.

Abstrak

Kultur hidroponik dapat menghasilkan pertumbuhan tanaman yang optimal, hasil dan kualitasnya lebih baik dari media tanah, efisiensi dan kualitas produksinya tergantung pada banyak faktor seperti pengendalian nutrisi, genotipe tanaman, metode penanaman, pengendalian penyakit, pengendalian suhu dan pengendalian jumlah air di tendon. Air yang disirkulasikan melalui jaringan hidroponik disuplai melalui pompa air (water pump). Pasokan air jumlahnya bisa tidak stabil, yang bisa berakibat pada menurunnya kualitas tanaman, yaitu mengontrol pompa air hidroponik dapat diatur dengan sistem fuzzy Tsukamoto. Pada penelitian ini digunakan hidroponik metode NFT, yang sesuai untuk sayuran hijau seperti sawi, selada, bayam, pakcoy, timun, tomat, dan lain-lain. Penerapan alat monitoring sensor pompa ini menggunakan mikrokontroler berbasis platform IoT. Juga digunakan perangkat lunak Blynk untuk menampilkan informasi dari pemrograman melalui perangkat lunak Arduino. Rangkaian Ultrasonic, sensor akan mengukur jarak dengan permukaan air, yang akan ditentukan pada jarak berapa keran air akan terbuka untuk mengisi air kedalam tendon. Setelah menjalankan sejumlah percobaan alat pengontrol isi tendon air dapat dikontrol dengan fuzzy Tsukamoto. Diharapkan untuk pengembangan selanjutnya dapat menggunakan sensor selain Ultrasonic, dan untuk pengembangan selanjutnya dapat menggunakan jumlah tanaman yang dalam skala besar.

Kata Kunci: hidroponik, Arduino, sensor, blynk.

1. Pendahuluan

Hidroponik sebagai teknik yang melibatkan penanaman tanaman di air menggunakan nutrisi mineral tanpa tanah. Kontrol nutrisi yang mudah diatur komposisinya, minimalisasi kontaminasi tanah, pertumbuhan tanaman lebih cepat, siklus panen lebih pendek, menjadikan hidroponik sebagai produksi tanaman alternatif yang penting. Walaupun kultur hidroponik dapat menghasilkan pertumbuhan tanaman yang optimal, hasil dan kualitasnya lebih baik dari media tanah, efisiensi dan kualitas produksinya tergantung pada banyak faktor seperti pengendalian nutrisi, genotipe tanaman, metode penanaman, pengendalian penyakit, dan pengendalian suhu.

Pengendalian jumlah pasokan air pada sirkulasi air hidroponik perlu diperhatikan. Air yang disirkulasikan melalui jaringan hidroponik disuplai melalui pompa air (*water pump*). Pasokan air jumlahnya bisa tidak stabil, yang bisa berakibat pada menurunnya kualitas tanaman. Hal ini menjadi dasar dalam menetapkan rumusan masalah, yakni bagaimana pompa air hidroponik dapat diatur dengan sistem *fuzzy* agar level pasokan airnya sesuai dengan yang diinginkan.

Logika *fuzzy* pertama kali dikembangkan oleh Lotfi A. Zadeh melalui tulisannya pada tahun 1965 tentang teori analisis himpunan *fuzzy*. Lotfi Asker Zadeh adalah seorang ilmuwan Amerika Serikat berkebangsaan Iran. Zadeh berpendapat bahwa logika benar dan salah dalam logika konvensional tidak dapat mengatasi masalah gradasi yang berada pada dunia nyata. Untuk mengatasi masalah gradasi yang tidak terhitung tersebut, Zadeh mengembangkan sebuah himpunan *fuzzy*. Tidak seperti logika boolean, logika *fuzzy* mempunyai nilai yang kontinu. Samar dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama [1].

Beberapa penelitian sudah menggunakan sistem *fuzzy*, seperti untuk arsitektur ruang [2], mengukur efektifitas logika camp [3], perhitungan aviasi [4]. Sementara itu [5] menggunakan *fuzzy* kontrol untuk sistem hidroponik, dan konsep *fuzzy* untuk kehidupan sehari-hari [6]. Teknologi otomatisasi menggunakan logika *fuzzy* berbasis mikrokontroler juga sudah dilakukan untuk kontrol budidaya ikan gurame [7], dan juga penentuan kualitas bibit padi [8]. Pada penelitian ini fokus permasalahan adalah bagaimana menerapkan metode logika *fuzzy* agar dapat mengatur volume level air untuk pengairan hidroponik, data yang digunakan sebagai acuan adalah data pasokan air yang sebelumnya, dan bagaimana menghasilkan sistem yang berupa rangkaian pompa air yang dapat mengatur volume level air menggunakan logika *fuzzy* untuk pengairan hidroponik.

Dalam pelaksanaannya logika *fuzzy* yang digunakan adalah metode Tsukamoto, khusus untuk memprediksi jumlah pasokan air di tendon, agar dapat mengatur volume level air untuk pengairan hidroponik, yang dapat mengatur volume level air menggunakan logika *fuzzy* untuk pengairan hidroponik. Pada penelitian ini menggunakan metode NFT memiliki akar tanaman yang tumbuh pada lapisan larutan nutrisi yang dangkal dan tersirkulasi. Hal ini memungkinkan tanaman memperoleh air, nutrisi, dan oksigen secara cukup.

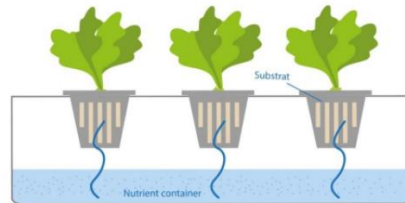
2. Metodologi Penelitian

2.1. Tanaman Hidroponik

Budidaya hidroponik adalah pilihan yang murah dan mudah untuk produksi sayuran organik, yang melibatkan nutrisi mineral tanpa tanah. Kontrol nutrisi mudah diatur komposisinya, dapat meminimalisasi kontaminasi tanah, pertumbuhan tanaman lebih cepat, siklus panen lebih pendek, menjadikan hidroponik sebagai produksi tanaman alternatif yang penting. Namun kualitas produk yang harus dikontrol, serta penerimaan konsumen pentingnya sayuran hidroponik adalah hal yang harus terus dijaga. Tanaman tumbuh secara hidroponik mineral dan klorofilnya lebih banyak dibandingkan dengan yang di tanam di media tanah [9].

Walaupun kultur hidroponik dapat menghasilkan pertumbuhan tanaman yang optimal, hasil dan kualitasnya lebih baik dari media tanah, efisiensi dan kualitas produksinya tergantung pada banyak faktor seperti pengendalian air, nutrisi, genotipe tanaman, metode penanaman, pengendalian penyakit, dan pengendalian suhu.

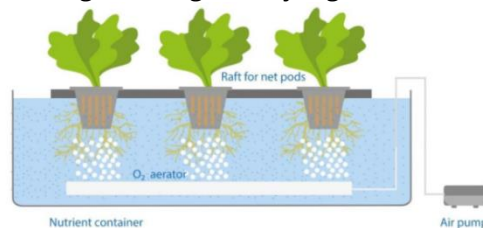
Ada beberapa sistem hidroponik, yaitu sistem *wick* yakni dengan sistem sumbu, yang memanfaatkan aksi kapiler air, untuk menarik air dan nutrisi dari reservoir ke tanaman. Aksi kapiler, air dan nutrisi terlarut melakukan penyaluran air dari reservoir ke tanaman melalui sumbu.



Gambar 1. Diagram Hidroponik Sistem *Wick* [10]

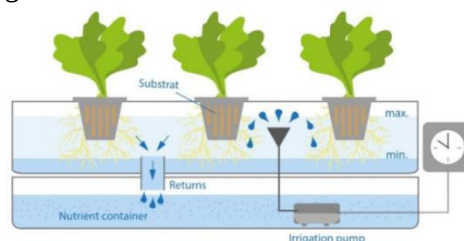
Kemudian ada system Metode *Floating Hydroponic System* (FHS) dilakukan dengan cara tanaman ditanamkan pada lubang styrofoam yang terapung di atas permukaan larutan nutrisi yang ada di dalam reservoir, sehingga akar tanaman terendam larutan nutrisi.

Pada FHS atau rakit apung, aerasi dapat berjalan lancar dengan meletakkan mangkok kecil yang dilubangi di dalam reservoir untuk memberi ruang antara larutan nutrisi dengan akar tanaman. Selain itu, juga bisa menggunakan alat seperti aerator, pompa akuarium, atau *powerhead* dengan selang udara yang dimasukkan dalam reservoir.



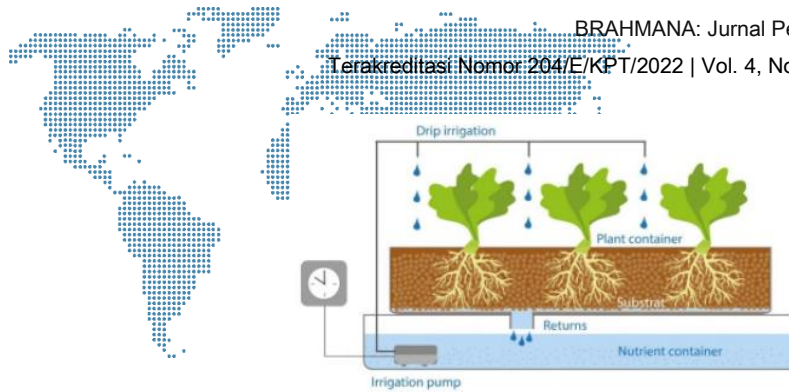
Gambar 2. Diagram Hidroponik Sistem *Floating*

Hydroponic System (FHS) atau Rakit Apung [10] Juga ada metode pasang dan surut disebut juga *Ebb and Flow* atau *Flood and Drain* ini, bekerja dengan pompa yang secara berkala mengalirkan larutan nutrisi ke reservoir hingga merendam akar dan dialirkan kembali ke reservoir dengan interval waktu tertentu



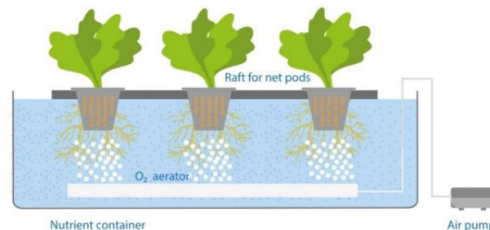
Gambar 3. Diagram Hidroponik Sistem Pasang dan Surut [11][12]

Metode *Drip irrigation* atau Irigasi Tetes juga bisa dilakukan, yakni dengan cara pemberian larutan nutrisi dalam bentuk tetes (*drip*), sehingga lebih menghemat air dan nutrisi.



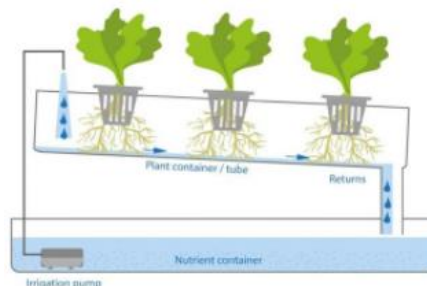
Gambar 4. Diagram Hidroponik Sistem *Drip irrigation* atau Irigasi Tetes [12]

Pada metode ini larutan nutrisi disambungkan dengan selang tetes dari reservoir ke daerah dekat perakaran tanaman. Kecepatan tetesan dapat diatur sesuai takaran dosis. Juga ada metode *deep water culture*, yaitu tanaman ditempatkan pada net pot dan akar ada di dalam larutan nutrisi.



Gambar 5. Diagram Hidroponik Sistem *Deep Water Culture (DWC)* [10]

Pada penelitian ini digunakan metode *Nutrient Film Technique (NFT)*, yakni memiliki akar tanaman yang tumbuh pada lapisan larutan nutrisi yang dangkal dan tersirkulasi. Hal ini memungkinkan tanaman memperoleh air, nutrisi, dan oksigen secara cukup.



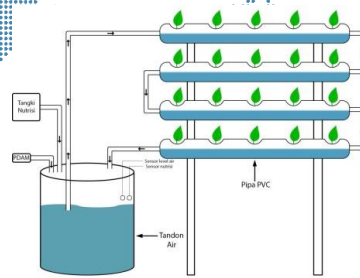
Gambar 6. Diagram *Nutrient Film Technique (NFT)* [10]

Larutan nutrisi dialirkan menggunakan pompa dari reservoir ke perakaran tanaman yang ada di pipa paralon (PVC) dan kembali lagi ke reservoir. Metode NFT sesuai untuk sayuran hijau seperti sawi, selada, bayam, pakcoy, timun, tomat, dan lain-lain. Metode ini sangat banyak digunakan dan populer untuk hidroponik skala bisnis dan skala besar. Namun untuk petani hidroponik pemula, skala kecil, atau petani hobi jarang menggunakan metode ini. Metode NFT membutuhkan perhatian dan perawatan yang ekstra agar hasil panen optimal.

2.2. Sistem Pengendalian Pompa

Beberapa penelitian dengan menggunakan sistem pengendalian telah dilakukan, seperti penelitian terkait kontrol temperatur [13], sinyal untuk mengontrol sistem kontrol level cahaya ruangan kantor [14-18]. Sistem pengendalian diperlukan untuk memastikan sebuah proses terlaksana dengan baik. Demikian juga halnya sistem pengendalian terhadap tanaman hidroponik bisa dilakukan. Selain mengendalikan nutrisi tanaman, sistem pengendalian juga bisa dilakukan pada pompa yang mensuplai air di sistem hidroponik.

Pada penelitian ini tahap perakitan komponen (*layout*) yang dirancang terlebih dahulu dibuat diagram bloknya sehingga pada tahap perancangan disesuaikan dengan diagram blok instalasi pompa air yang ditunjukkan pada gambar berikut:

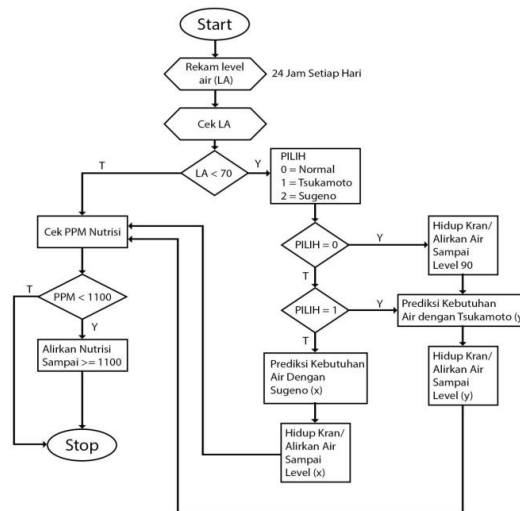


Gambar 7. Diagram Instalasi Hidroponik

Pada diagram blok digambarkan sistem perangkat keras pada instalasi pompa air. Adapun penjelasan diagram blok sebagai berikut:

- Instalasi utama adalah rangkaian penampung air di tandon, dan rangkaian NFT
- Arduino Uno berfungsi sebagai otak dari sistem yang memproses data dari sensor dan juga mengirimkan data yang sudah diterima ke user
- Sensor level air berfungsi membaca level air di tandon
- Pompa air berfungsi sebagai pengatur sirkulasi air dari PDAM ke tandon
- Ada sensor nutrisi berfungsi membaca kadar PPM nutrisi tanaman ke tandon
- Pompa nutrisi berfungsi sebagai pengatur sirkulasi nutrisi ke tandon.

Selanjutnya yang dilakukan adalah perancangan flowchart penerapan *fuzzyfikasi* pada pompa air, yakni sebagai berikut:



Gambar 8. Flowchart Penerapan *Fuzzyfikasi* Pada Pompa Air

Untuk memastikan penelitian ini bisa dilakukan sehingga mencapai tujuan yang diinginkan, yakni sbb:

- menginisialisasi level air di tandon
- jika tandon kurang dari level 70, sistem akan mengaktifkan pilihan menu pompa, yaitu Normal, Implementasi *Fuzzy* Tsukamoto dan Implementasi *Fuzzy* Sugeno
- jika pilihan pompa Normal, maka air dipompa ke tandon sampai level 90
- jika pilihan pompa *Fuzzy* Tsukamoto, maka dilakukan prediksi level air dengan penerapan *Fuzzy* Tsukamoto, kemudian air dipompa ke tandon sesuai dengan hasil prediksi *Fuzzy* Tsukamoto

- e. jika pilihan pompa *Fuzzy Sugeno*, maka dilakukan prediksi level air dengan penerapan *Fuzzy Sugeno*, kemudian air dipompa ke tandon sesuai dengan hasil prediksi *Fuzzy Sugeno*.
- f. setelah salah satu dari ketiga pilihan pompa dilakukan, diteruskan dengan mengecek kadar nutrisi di tandon
- g. jika PPM nutrisi di tandon kurang dari 1100, maka dipompa nutrisi ke tandon sampai 1100.

Perancangan alat sensor level air ini terbagi dari analisis mekanik, perancangan perangkat keras (Hardware), dan perancangan perangkat (Software). Tahap pertama yang dilakukan ialah perancangan perangkat keras dengan mengintegrasikan seluruh perangkat yang sudah disiapkan yaitu sensor yang dibutuhkan, modul, dan sensor level air. Proses pengujian alat monitoring sensor pompa ini dilakukan dengan melakukan instalasi alat pada tempat yang sudah ditentukan.

2.3. Fuzzy

Secara umum perhitungan *fuzzy tsukamoto* adalah If (X is A) and (Y is B) then (Z is C) Dimana A,B, dan C adalah himpunan *fuzzy*. Misalkan diketahui 2 rule berikut. If (x is A1) and (y is B1) then (z is C1) If (x is A2) and (y is B2) then (z is C2).

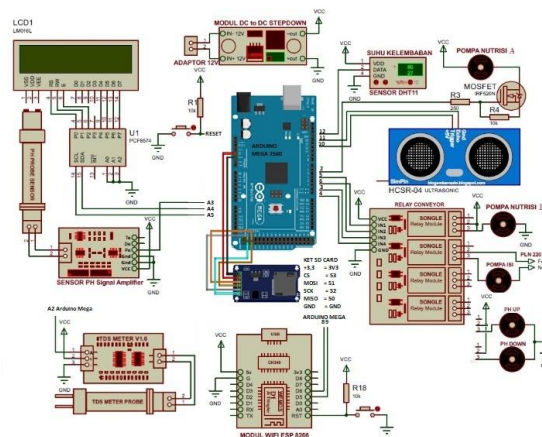
Metode Tsukamoto merupakan perluasan dari penalaran monoton. Pada metode Tsukamoto, Setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-THEN harus dipresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (crisp) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot. Langkah Umum:

- a. *Fuzzyfikasi*
- b. Pembentukan basis pengetahuan *fuzzy* (rule dalam bentuk if...then).
- c. Mesin inferensi Menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai α -predikat tiap-tiap rule ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$). Nilai α -predikat digunakan untuk menghitung keluaran hasil inferensi secara tegas (crisp) untuk $z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$.
- d. *Defuzzyfikasi*

$$z^* = \frac{\sum a_i z_i}{\sum a_i} \quad (1)$$

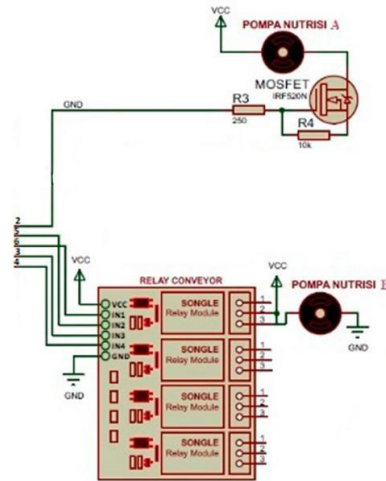
3. Hasil dan Pembahasan

Kerangka utama sistem berupa rangkaian elektronik yang menjadi kontrol sistem. Pada Gambar 9 menunjukkan rangkaian fisik dari seluruh sistem yang terhubung ke Blynk.



Gambar 9. Konstruksi Utama Sistem

Pompa nutrisi ada 2, yakni Pompa A dan Pompa B. Pompa A difungsikan untuk memasukkan nutrisi A, sementara Pompa B difungsikan untuk memasukkan nutrisi B ke tandon. Kedua pompa ini diletakkan di tandon air nutrisi. Sistem kerja pompa sesuai dengan intruksi dari relay sesuai waktu memasukkan nutrisi. Pompa yang digunakan adalah DC Submersible. Gambar berikut memperlihatkan bentuk fisik pompa yang terhubung ke relay.



Gambar 10. Rangkaian Pompa Nutrisi

Rangkaian alat yang digunakan sudah dibuat sedemikian rupa dengan rencana awal, dirangkai seperti sebagai berikut:



Gambar 11. Rangkaian Alat

Control Box berfungsi sebagai pusat dari seluruh rangkaian alat, yang berisi komponen elektronik yang menghubungkan seluruh rangkaian, di.rangkai seperti sebagai berikut:



Gambar 12. Control Box

Selanjutnya dilakukan uji coba sensor yang digunakan yaitu sensor level air yang sudah di instalasi, setelah menguji coba sensor tahap selanjutnya adalah merancang konektivitas antara sensor yang sudah terinstalasi dengan software Blynk. Setelah koneksi berhasil tahap selanjutnya adalah melakukan analisa proses fuzzyfikasi data pompa.

Pada tahap implementasi sistem dibangun sesuai rancangan. Pada tahap ini digunakan platform IoT yang terdiri dari perangkat keras berupa *System On Chip* Arduino Mega 2560. Tahap ini terdiri dari dua sub bagian, yakni pembangunan perangkat keras dan pembangunan perangkat lunak.

Pada rangkaian pompa, digunakan Motor AC, motor ini digunakan untuk memutar keran pada saluran air. Motor memutar keran yang akan dibuka sesuai dengan perintah yang diatur pada program rangkaian. Rangkaian sistem IoT yang diterapkan mengimplementasi Bahasa C dan aplikasi Arduino IDE sebagai compiler-nya. File program dari compilernya ditanamkan pada sistem.

Pada perangkat lunak Blynk akan tampilkan informasi dari pemrograman melalui perangkat lunak Arduino. Implementasinya menampilkan halaman sistem kontrol PPM, pH dan volume tandon air. Rangkaian Ultrasonic, sensor akan mengukur jarak dengan permukaan air, yang akan ditentukan pada jarak berapa keran air akan terbuka untuk mengisi air kedalam tandon. Uji coba program dan sistem sensor pompa telah dilakukan pada beberapa hari, akumulasi dari hasil sensor Analog TDS Meter dibandingkan dengan hasil TDS meter.

Pompa yang digunakan adalah Motor AC untuk volume air dan Motor DC Submersible tegangan 220 Volt. Pompa ini berfungsi menjalankan dan menghentikan aliran cairan nutrisi dan pH melalui aplikasi Blynk. Setelah menjalankan sejumlah percobaan dan merujuk kepada hasil dan pembahasan, diperoleh beberapa kesimpulan bahwa komponen alat pengontrol isi tendon air dapat dikontrol dengan *Fuzzy Tsukamoto*, dan data yang ditampilkan di Blynk dapat disimpan dalam file txt, dengan menggunakan memory card.

Implementasi *fuzzy Tsukamoto* dan perhtiungannya dapat diperlihatkan berdasarkan data rekapitulasi sbb:

Tabel 1. Rekapitulasi Beberapa Data

Waktu	Suhu	PH	PPM	Usia	Level_Air
19:10:00	30	14,75	323	0	30
19:15:00	27	14,15	325	6	30
19:20:00	27	14,12	325	6	30
19:25:00	27	13,79	332	6	30
19:30:00	26	13,92	321	6	30
19:35:00	27	13,29	325	6	30
19:40:00	26	13,02	330	6	30
19:45:00	27	13,42	321	6	96
19:50:00	27	12,85	325	6	96
19:55:00	26	12,78	332	6	96
20:00:00	29	12,18	343	6	96
20:05:00	28	12,07	341	6	96
20:10:00	28	11,62	365	6	96
20:15:00	29	12,1	359	6	96
20:20:00	29	12,24	352	6	96

Himpunan *Fuzzy* yang dihasilkan adalah sbb:

Fungsi	Variable	Nama Himpunan <i>Fuzzy</i>	Domain
Input	Suhu	Min (Dingin)	26
		Mid (Hangat)	30
		Max (Panas)	34
	PH	Min (Sedikit)	11,62

Fungsi	Variable	Nama Himpunan Fuzzy	Domain
	PPM	Mid (Sedang)	13,185
		Max (Banyak)	14,75
		Min (Sedikit)	321
		Mid (Sedang)	343
		Max (Banyak)	365
	Usia	Min (Muda)	0
		Mid (Sedang)	3
		Max (Tua)	6
	Output Level Air	Min (Sedikit)	30
		Mid (Sedang)	64,5
		Max (Banyak)	99

Berdasarkan data yang digunakan, maka nilai Level Air yang digunakan jika Suhu = 27 dan PH = 13,43 dan PPM = 335, dan Usia = 4 sebagai berikut :

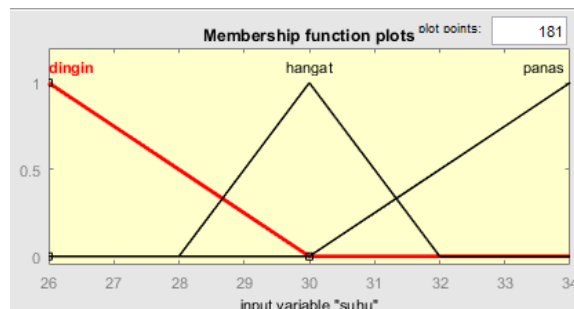
a. Variabel Suhu

Rumus dari persamaan fungsi keanggotaan variabel suhu :

$$\mu_{suhudingin} = \begin{cases} 1 & ; x \leq 26 \\ \frac{34-x}{34-26} & ; 26 \leq x \leq 34 \\ 0 & ; x \geq 34 \end{cases}$$

$$\mu_{suhuhangat} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 26 \text{ atau } x \geq 34 \\ \frac{x-26}{30-26} & ; 26 \leq x \leq 30 \\ \frac{30-x}{34-30} & ; 30 \leq x \leq 34 \end{cases}$$

$$\mu_{suhupanas} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 26 \\ \frac{x-26}{34-26} & ; 26 \leq x \leq 34 \\ 1 & ; x \geq 34 \end{cases}$$



Gambar 13. Keanggotaan Suhu

Nilai Keanggotaan Variabel Suhu

$$\mu_{suhudingin}(27) = (34-27)/(34-26) = 7/8 = 0,875$$

$$\mu_{suhuhangat}(27) = (30-27)/(34-30) = 3/4 = 0,75$$

$$\mu_{suhupanas}(27) = (27-26)/(34-26) = 1/8 = 0,125$$

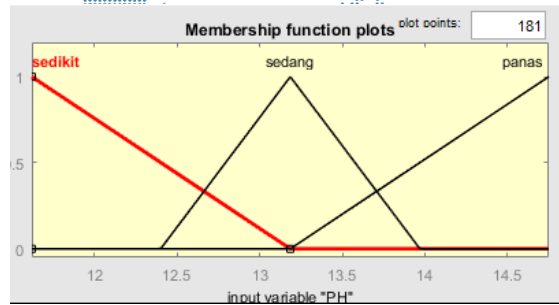
b. Variabel PH

Rumus dari persamaan fungsi keanggotaan variabel PH

$$\mu_{PHsedikit} = \begin{cases} 1 & ; x \leq 11,62 \\ \frac{14,75-x}{14,75-11,62} & ; 11,62 \leq x \leq 14,75 \\ 0 & ; x \geq 14,75 \end{cases}$$

$$\mu_{PHsedang} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 11,62 \text{ atau } x \geq 14,75 \\ \frac{x-11,62}{13,185-11,62} & ; 11,62 \leq x \leq 13,185 \\ \frac{13,185-x}{14,75-13,185} & ; 13,185 \leq x \leq 14,75 \end{cases}$$

$$\mu_{PHbanyak} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 11,62 \\ \frac{x-11,62}{14,75-11,62} & ; 11,62 \leq x \leq 14,75 \\ 1 & ; x \geq 14,75 \end{cases}$$



Gambar 14. Keanggotaan pH

Nilai Keanggotaan Variabel PH

$$\mu_{PHsedikit}(13,43) = (14,75-13,43)/(14,75-11,62) = 1,32/3,13 = 0,42$$

$$\mu_{PHsedang}(13,43) = (13,185 - 13,43)/(14,75 - 13,185) = -0,245/1,565 = -0,15$$

$$\mu_{PHbanyak}(13,43) = (13,43 - 13,185)/(14,75 - 11,62) = 0,245/3,13 = 0,078$$

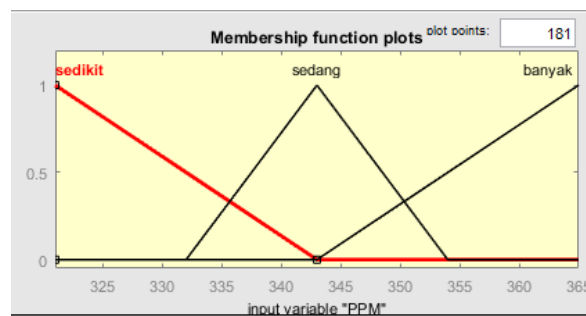
c. Variabel PPM

Rumus dari persamaan fungsi keanggotaan variabel PPM :

$$\mu_{PPMsedikit} = \begin{cases} 1 & ; x \leq 321 \\ \frac{365-x}{365-321} & ; 321 \leq x \leq 365 \\ 0 & ; x \geq 365 \end{cases}$$

$$\mu_{PPMsedang} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 321 \text{ atau } x \geq 365 \\ \frac{x-321}{343-321} & ; 321 \leq x \leq 343 \\ \frac{343-x}{365-343} & ; 343 \leq x \leq 365 \end{cases}$$

$$\mu_{PPMbanyak} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 321 \\ \frac{x-321}{365-321} & ; 321 \leq x \leq 365 \\ 1 & ; x \geq 365 \end{cases}$$



Gambar 15. Keanggotaan PPM

Nilai Keanggotaan Variabel PPM

$$\mu_{PPMsedikit}(335) = (365-335)/(365-321) = 30/44 = 0,68$$

$$\mu_{PPMsedang}(335) = (343-335)/(365-343) = 8/22 = 0,36$$

$$\mu_{PPMbanyak}(335) = (335 - 321)/(365 - 321) = 14/44 = 0,32$$

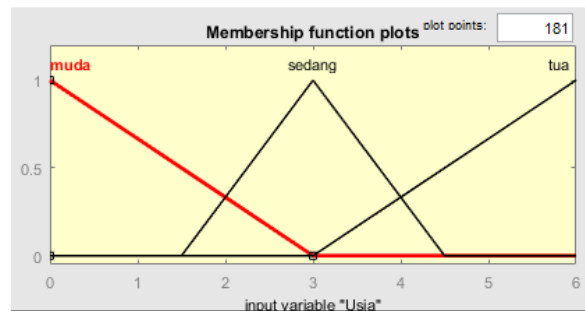
d. Variabel Usia

Rumus dari persamaan fungsi keanggotaan variabel Usia :

$$\mu_{Usiamuda} = \begin{cases} 1 & ; x \leq 0,1 \\ \frac{6-x}{6-0,1} & ; 0,1 \leq x \leq 6 \\ 0 & ; x \geq 6 \end{cases}$$

$$\mu_{Usiasedang} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 0,1 \text{ atau } x \geq 6 \\ \frac{x-0,1}{3-0,1} & ; 0,1 \leq x \leq 3 \\ \frac{3-x}{3-3} & ; 3 \leq x \leq 6 \end{cases}$$

$$\mu_{Usiatua} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 0,1 \\ \frac{x-0,1}{6-0,1} & ; 0,1 \leq x \leq 6 \\ 1 & ; x \geq 6 \end{cases}$$



Gambar 16. Keanggotaan Usia

Nilai Keanggotaan Variabel Usia

$$\mu_{Usiamuda}(4) = (6-4)/(6-0,1) = 2/5,9 = 0,34$$

$$\mu_{Usiasedang}(4) = (3-4)/(6-3) = -1/3 = -0,33$$

$$\mu_{Usiatua}(4) = (4 - 0,1)/(6 - 0,1) = 3,9/5,9 = 0,66$$

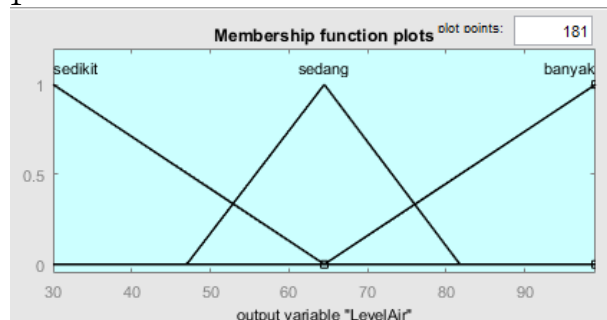
e. Variabel Level Air

Rumus dari persamaan fungsi keanggotaan variabel Level Air :

$$\mu_{levelAirsedikit} = \begin{cases} 1 & ; x \leq 30 \\ \frac{99-x}{99-30} & ; 30 \leq x \leq 99 \\ 0 & ; x \geq 99 \end{cases}$$

$$\mu_{LevelAirsedang} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 30 \text{ atau } x \geq 99 \\ \frac{x-30}{64,5-99} & ; 30 \leq x \leq 66 \\ \frac{64,5-x}{99-66} & ; 64,5 \leq x \leq 99 \end{cases}$$

$$\mu_{LevelAirbanyak} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 30 \\ \frac{x-30}{99-30} & ; 30 \leq x \leq 99 \\ 1 & ; x \geq 99 \end{cases}$$



Gambar 17. Keanggotaan Level Air

f. **Rule Implikasi**

Berdasarkan data yang digunakan dalam penelitian diatas diperoleh aturan (rule) sebagai berikut :

- [R1] *If (Suhu is Dingin) and (PH is Sedikit) and (PPM is Sedikit) and (usia is Muda) then (Level Air is Banyak)*
 [R2] *If (Suhu is Dingin) and (PH is Sedikit) and (PPM is Sedang) and (usia is muda) then (Level Air is Banyak)*
 [R3] *If (Suhu is Dingin) and (PH is Banyak) and (PPM is Sedang) and (usia is Tua) then (Level Air is Banyak)*
 [R4] *If (Suhu is Hangat) and (PH is Sedikit) and (PPM is Sedang) and (usia is Tua) then (Level Air is Banyak)*
 [R5] *If (Suhu is Hangat) and (PH is Banyak) and (PPM is Banyak) and (usia is Tua) then (Level Air is Banyak)*
 [R6] *If (Suhu is Hangat) and (PH is Sedang) and (PPM is Banyak) and (usia is Tua) then (Level Air is Banyak)*
 [R7] *If (Suhu is Panas) and (PH is Sedikit) and (PPM is Sedang) and (usia is Muda) then (Level Air is Banyak)*
 [R8] *If (Suhu is Panas) and (PH is Banyak) and (PPM is Banyak) and (usia is Tua) then (Level Air is Sedikit)*
 [R9] *If (Suhu is Panas) and (PH is Banyak) and (PPM is Banyak) and (usia is Muda) then (Level Air is Sedikit)*

Maka

- [R1] *If (Suhu is Dingin) and (PH is Sedikit) and (PPM is Sedikit) and (usia is Muda) then (Level Air is Banyak)*

$$\begin{aligned} a - \text{predikat}_1 &= \mu_{\text{suhudingin}}(27) \cap \mu_{\text{phsedikit}}(13,43) \cap \mu_{\text{ppmsedikit}}(335) \cap \mu_{\text{usiamuda}}(4) \\ &= \min(\mu_{\text{suhudingin}}(27) \cap \mu_{\text{phsedikit}}(13,43) \cap \mu_{\text{ppmsedikit}}(335) \cap \mu_{\text{usiamuda}}(4)) \\ &= \min(0,875; 0,42; 0,68; 0,34) = 0,34 \text{ (Z1)} \end{aligned}$$

Fungsi Keanggotaan Himpunan Level Air BANYAK

$$\mu_{\text{LevelAirbanyak}} = (Z1 - 30)/(99 - 30) = 0,34(99-30)+30 = 0,34(69)+30 = 23,46 + 30 = 53,46$$

- [R2] *If (Suhu is Dingin) and (PH is Sedikit) and (PPM is Sedang) and (usia is muda) then (Level Air is Banyak)*

$$\begin{aligned} a - \text{predikat}_2 &= \mu_{\text{suhudingin}}(27) \cap \mu_{\text{phsedikit}}(13,43) \cap \mu_{\text{ppmsedang}}(335) \cap \mu_{\text{usiamuda}}(4) \\ &= \min(\mu_{\text{suhudingin}}(27) \cap \mu_{\text{phsedikit}}(13,43) \cap \mu_{\text{ppmsedang}}(335) \cap \mu_{\text{usiamuda}}(4)) \\ &= \min(0,875; 0,42; 0,36; 0,34) = 0,34 \text{ (Z2)} \end{aligned}$$

Fungsi Keanggotaan Himpunan Level Air BANYAK

$$\mu_{\text{LevelAirbanyak}} = (Z2 - 30)/(99 - 30) = 0,34(99-30)+30 = 0,34(69)+30 = 23,46 + 30 = 53,46$$

- [R3] *If (Suhu is Dingin) and (PH is Banyak) and (PPM is Sedang) and (usia is Tua) then (Level Air is Banyak)*

$$\begin{aligned} a - \text{predikat}_3 &= \mu_{\text{suhudingin}}(27) \cap \mu_{\text{phbanyak}}(13,43) \cap \mu_{\text{ppmsedang}}(335) \cap \mu_{\text{usiatua}}(4) \\ &= \min(\mu_{\text{suhudingin}}(27) \cap \mu_{\text{phbanyak}}(13,43) \cap \mu_{\text{ppmsedang}}(335) \cap \mu_{\text{usiatua}}(4)) \\ &= \min(0,875; 0,078; 0,36; 0,66) = 0,078 \text{ (Z3)} \end{aligned}$$

Fungsi Keanggotaan Himpunan Level Air BANYAK

$$\mu_{\text{LevelAirbanyak}} = (Z3 - 30)/(99 - 30) = 0,078(99-30)+30 = 0,078(69)+30 = 5,382 + 30 = 35,382$$

- [R4] *If (Suhu is Hangat) and (PH is Sedikit) and (PPM is Sedang) and (usia is Tua) then (Level Air is Banyak)*

$$\begin{aligned} a - \text{predikat}_4 &= \mu_{\text{suhuhangat}}(27) \cap \mu_{\text{phsedikit}}(13,43) \cap \mu_{\text{ppmsedang}}(335) \cap \mu_{\text{usiatua}}(4) \\ &= \min(\mu_{\text{suhuhangat}}(27) \cap \mu_{\text{phsedikit}}(13,43) \cap \mu_{\text{ppmsedang}}(335) \cap \mu_{\text{usiatua}}(4)) \\ &= \min(0,75; 0,42; 0,36; 0,66) = 0,36 \text{ (Z4)} \end{aligned}$$



Fungsi Keanggotaan Himpunan Level Air BANYAK

$$\mu_{\text{LevelAirbanyak}} = (Z4 - 30)/(99 - 30) = 0,36(99-30)+30 = 0,36(69)+30 = 24,84 + 30 = 54,84$$

[R5] *If (Suhu is Hangat) and (PH is Banyak) and (PPM is Banyak) and (usia is Tua) then (Level Air is Banyak)*

$$\begin{aligned} a - \text{predikat}_5 &= \mu_{\text{suhuhangat}}(27) \cap \mu_{\text{phbanyak}}(13,43) \cap \mu_{\text{ppmbanyak}}(335) \cap \mu_{\text{usiatua}}(4) \\ &= \min(\mu_{\text{suhuhangat}}(27) \cap \mu_{\text{phbanyak}}(13,43) \cap \mu_{\text{ppmbanyak}}(335) \cap \mu_{\text{usiatua}}(4)) \\ &= \min(0,75; 0,078; 0,32; 0,66) = 0,078 \text{ (Z5)} \end{aligned}$$

Fungsi Keanggotaan Himpunan Level Air BANYAK

$$\mu_{\text{LevelAirbanyak}} = (Z5 - 30)/(99 - 30) = 0,078(99-30)+30 = 0,078(69)+30 = 5,382 + 30 = 35,382$$

[R6] *If (Suhu is Hangat) and (PH is Sedang) and (PPM is Banyak) and (usia is Tua) then (Level Air is Banyak)*

$$\begin{aligned} a - \text{predikat}_6 &= \mu_{\text{suhuhangat}}(27) \cap \mu_{\text{phsedang}}(13,43) \cap \mu_{\text{ppmbanyak}}(335) \cap \mu_{\text{usiatua}}(4) \\ &= \min(\mu_{\text{suhuhangat}}(27) \cap \mu_{\text{phsedang}}(13,43) \cap \mu_{\text{ppmbanyak}}(335) \cap \mu_{\text{usiatua}}(4)) \\ &= \min(0,75; -0,15; 0,32; 0,66) = -0,15 \text{ (Z6)} \end{aligned}$$

Fungsi Keanggotaan Himpunan Level Air BANYAK

$$\mu_{\text{LevelAirbanyak}} = (Z6 - 30)/(99 - 30) = -0,15(99-30)+30 = -0,15(69)+30 = -10,35 + 30 = 19,65$$

[R7] *If (Suhu is Panas) and (PH is Sedikit) and (PPM is Sedang) and (usia is Muda) then (Level Air is Banyak)*

$$\begin{aligned} a - \text{predikat}_7 &= \mu_{\text{suhupanas}}(27) \cap \mu_{\text{phsedikit}}(13,43) \cap \mu_{\text{ppmsedang}}(335) \cap \mu_{\text{usiamuda}}(4) \\ &= \min(\mu_{\text{suhupanas}}(27) \cap \mu_{\text{phsedikit}}(13,43) \cap \mu_{\text{ppmsedang}}(335) \cap \mu_{\text{usiamuda}}(4)) \\ &= \min(0,125; 0,42; 0,36; 0,34) = 0,125 \text{ (Z7)} \end{aligned}$$

Fungsi Keanggotaan Himpunan Level Air BANYAK

$$\mu_{\text{LevelAirbanyak}} = (Z2 - 30)/(99 - 30) = 0,125(99-30)+30 = 0,125(69)+30 = 8,625 + 30 = 38,625$$

[R8] *If (Suhu is Panas) and (PH is Banyak) and (PPM is Banyak) and (usia is Tua) then (Level Air is Sedikit)*

$$\begin{aligned} a - \text{predikat}_8 &= \mu_{\text{suhupanas}}(27) \cap \mu_{\text{phbanyak}}(13,43) \cap \mu_{\text{ppmbanyak}}(335) \cap \mu_{\text{usiatua}}(4) \\ &= \min(\mu_{\text{suhupanas}}(27) \cap \mu_{\text{phbanyak}}(13,43) \cap \mu_{\text{ppmbanyak}}(335) \cap \mu_{\text{usiatua}}(4)) \\ &= \min(0,125; 0,078; 0,32; 0,66) = 0,078 \text{ (Z8)} \end{aligned}$$

Fungsi Keanggotaan Himpunan Level Air SEDIKIT

$$\mu_{\text{LevelAirsedikit}} = (99 - Z8)/(99 - 30) = 99 - 0,078(99-30) = 99 - 0,078(69) = 99 - 5,382 = 93,618$$

[R9] *If (Suhu is Panas) and (PH is Banyak) and (PPM is Banyak) and (usia is Muda) then (Level Air is Sedikit)*

$$\begin{aligned} a - \text{predikat}_9 &= \mu_{\text{suhupanas}}(27) \cap \mu_{\text{phbanyak}}(13,43) \cap \mu_{\text{ppmbanyak}}(335) \cap \mu_{\text{usiamuda}}(4) \\ &= \min(\mu_{\text{suhupanas}}(27) \cap \mu_{\text{phbanyak}}(13,43) \cap \mu_{\text{ppmbanyak}}(335) \cap \mu_{\text{usiamuda}}(4)) \\ &= \min(0,125; 0,078; 0,32; 0,34) = 0,078 \text{ (Z9)} \end{aligned}$$

Fungsi Keanggotaan Himpunan Level Air SEDIKIT

$$\mu_{\text{LevelAirsedikit}} = (99 - Z8)/(99 - 30) = 99 - 0,078(99-30) = 99 - 0,078(69) = 99 - 5,382 = 93,618$$

Maka nilai Z dapat diperoleh sebagai berikut :

$$Z = \frac{\text{apredikat}_1 \cdot Z1 + \text{apredikat}_2 \cdot Z2 + \text{apredikat}_3 \cdot Z3 + \text{apredikat}_4 \cdot Z4 + \text{apredikat}_5 \cdot Z5 + \text{apredikat}_6 \cdot Z6 + \text{apredikat}_7 \cdot Z7 + \text{apredikat}_8 \cdot Z8 + \text{apredikat}_9 \cdot Z9}{\text{apredikat}_1 + \text{apredikat}_2 + \text{apredikat}_3 + \text{apredikat}_4 + \text{apredikat}_5 + \text{apredikat}_6 + \text{apredikat}_7 + \text{apredikat}_8 + \text{apredikat}_9}$$

$$\begin{aligned} Z &= ((0,34 * 53,46) + (0,34 * 53,46) + (0,078 * 35,382) + (0,078 * 35,382) + (-0,15 * 19,65) + (0,125 * 38,625) + (0,078 * 93,618) + (0,078 * 93,618)) / (0,34 + 0,34 + 0,078 + 0,36 + 0,078 + (-0,15) + 0,125 + 0,078 + 0,078 \end{aligned}$$

$$Z = (18,176 + 18,176 + 2,759 + 19,742 + 2,759 + (-2,947) + 4,828 + 7,3022 + 7,3022) / 1,327$$

$$Z = 78,0974 / 1,327$$

$$Z = 58,8525$$

Jadi nilai level air yang akan diberikan adalah sebesar 58,8525.

4. Kesimpulan

Setelah menjalankan sejumlah percobaan dan merujuk kepada hasil dan pembahasan, diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu komponen alat pengontrol isi tendon air berhasil dikontrol dengan *Fuzzy Tsukamoto*. Data yang ditampilkan di Blynk dapat disimpan dalam file txt, dengan menggunakan *memory card*. Memperhatikan rumusan masalah, tujuan penelitian, serta rangkaian tahapan penelitian yang telah dilakukan, hasil dan pembahasan, dan merujuk kepada batasan penelitian, ada beberapa hal sebagai berikut yang perlu dikembangkan, yakni diharapkan untuk pengembangan selanjutnya dapat menggunakan sensor selain ultrasonik. Juga diharapkan untuk pengembangan selanjutnya dapat menggunakan jumlah tanaman yang skala besar..

Daftar Pustaka

- [1] Akhun, N. (2021). Edamame Hidroponik - Protokol Sederhana & Dosis Nutrisi (1st ed.). Nafan Akhun. https://www.google.co.id/books/edition/Edamame_Hidroponik_Protokol_Sederhana_DoPt8LEAAQBAJ?hl=en&gbpv=0&kptab=overview.
- [2] Alfita, R., Mamlu'ah, D., Ulum, M., & Nahari, R. V. (2017). Implementation of *Fuzzy Sugeno Method* for Power Efficiency. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 4(9), 1–5. <https://doi.org/10.22161/ijaers.4.9.1>.
- [3] Chaudhuri, A. B. (2020). Flowchart and Algorithm Basics. David Pallai. <https://terrorgum.com/tfox/books/flowchartandalgorithmbasics.pdf>.
- [4] Fathulloh, & Budiana, N. S. (2020). Akuaponik. Penebar Swadaya Grup. <https://www.google.co.id/books/edition/Akuaponik/rulhEAAQBAJ?hl=en&gbpv=0>.
- [5] Furqan, M., Sriani, Hasugian, A. H., & Hsb, M. S. (2021). Penentuan Kualitas Bibit Padi Menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani*. *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)*, 5(September), 529–539.
- [6] JGhita, M., Diaz, R. A. C., Birs, I. R., Copot, D., & Ionescu, C. M. (2022). Ergonomic and Economic Office Light Level Control. *Energies*, 15(3), 1–14. <https://doi.org/10.3390/en15030734>.
- [7] Gokceli, S., Zhmurov, N., Kurt, G. K., & Ors, B. (2017). IoT in Action: Design and Implementation of a Building Evacuation Service. *Journal of Computer Networks and Communications*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/8595404>.
- [8] Hemanth, D. J., Malathi, S., & Kumar, V. D. A. (2020). Intelligent Systems and Computer Technology. IOS Press. https://www.google.co.id/books/edition/Intelligent_Systems_and_Computer_Technol/gK4SEAAQBAJ?hl=en&gbpv=0.
- [9] Kadang, M. O. (2021). Algoritma dan Pemrograman (A. K. Muzakkir (ed.); 1st ed.). Humanities Genius. https://www.google.co.id/books/edition/Algoritma_dan_Pemrograman/2UpEEAAQBAJ?hl=en&gbpv=0.
- [10] Kahraman, C., & Aydın, S. (2021). Intelligent Systems in Aviation 4.0 Industry (1st ed.). Springer, Cham. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-75067-1_2.

- [11] Nicolosi, G., Volpe, R., & Messineo, A. (2017). An innovative adaptive control system to regulate microclimatic conditions in a greenhouse. *Energies*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/en10050722>.
- [12] Nowicki, R. K. (2019). *Rough Set-Based Classification Systems* (1st ed.). Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-03895-3>.
- [13] Purwaningtyas, F. (2018). Sistem Water Level Control Untuk Budidaya Ikan Gurame Menggunakan Logika *Fuzzy* Berbasis Mikrokontroler. (November), 48–57.
- [14] Sakti, S. P. (2017). *Pengantar Teknologi Sensor* (1st ed.). Universitas Brawijaya Press.
https://www.google.co.id/books/edition/Pengantar_Teknologi_Sensor/xWtODwAAQBAJ?hl=en&gbpv=0.
- [15] Sapkota, S., Sapkota, S., Liu, Z. (2019). Effects of Nutrient Composition and Lettuce Cultivar on Crop Production in Hydroponic Culture. *Journal of Horticulturae*, 5(4), 1–8. <https://www.mdpi.com/2311-7524/5/4/72>.
- [16] Shouran, M., Anayi, F., Packianather, M., & Habil, M. (2022). Algorithm for LFC of Two-Area Power System.
- [17] Sitio, S. L. M. (2018). Penerapan *Fuzzy* Inference System Sugeno untuk Menentukan Jumlah Pembelian Obat (Studi Kasus: Garuda Sentra Medika). *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 3(2), 104. <https://doi.org/10.32493/informatika.v3i2.1522>.
- [18] Zhang, J., Li, H., Ma, K., Xue, L., Han, B., Dong, Y., Tan, Y., & Gu, C. (2018). Design of PID temperature control system based on STM32. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 322(7). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/322/7/072020>