



Penerapan Metode Fuzzy Logic pada Penentuan Kualitas Nutrisi Air dari Tanaman Hidroponik

Mohammad Ainun Ardiansyah¹, I Gede Wiryawan^{1*}, Shabrina Choirunnisa¹, Fitri Krismiratsih¹

¹*Teknik Informatika, Politeknik Negeri Jember, Jl. Mastrip 164, Jember 68124, Indonesia*

*Email Penulis Koresponden: wiryawan@polije.ac.id

Abstrak:

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem Internet of Things penentuan kualitas nutrisi air tanaman cabai rawit hidroponik berdasarkan logika fuzzy. Nilai variabel diperoleh dari pembacaan tiga sensor yaitu suhu air, TDS, dan pH. Tanaman cabai rawit hidroponik dapat tumbuh optimal pada suhu air 18-28°C, dengan pH 5 - 7. Kadar nutrisi pada cabai rawit akan meningkat sesuai dengan umur cabai. Sistem IoT dapat memberikan koreksi terhadap setiap variabel di luar rentang yang ditentukan dengan memberikan perintah dari Arduino ke aktuator. Aktuator yang menghidupkan dan mematikan pompa air, penambahan nutrisi dan kadar air, serta proses penetralan pH dengan senyawa KOH dan HCl. Hasil pengujian sistem IoT berhasil mengirimkan data ke website, kemudian diproses menggunakan logika fuzzy. Penelitian ini menemukan bahwa akurasi rata-rata dari ketiga sensor adalah 93,61%.

This is an open access article under the [CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) license



Kata Kunci:

*Internet of Things;
Hydroponic;
Fuzzy;
Cayenne pepper;*

Riwayat Artikel:

Diserahkan 02 Desember, 2022
Direvisi 09 November, 2023
Diterima 09 November, 2023

DOI:

10.22441/incomtech.v13i3.18035

1. PENDAHULUAN

Hidroponik adalah teknik budidaya tanaman yang memanfaatkan unsur hara yang mengandung air sebagai media tanam dan tidak perlu lagi menggunakan media tanah. Air dicampur dengan pupuk untuk memenuhi unsur hara yang dibutuhkan tanaman [1]. Tingkat nutrisi terlarut dalam air atau konsentrasi campuran dinyatakan dengan TDS (Total Dissolved Solid). Nilai TDS merupakan indikator penting dalam sistem budidaya hidroponik. Tanaman memiliki kadar normal dalam menyerap unsur hara untuk pertumbuhan tanaman [2]. Jika nilai TDS terlalu tinggi atau terlalu rendah akan mengganggu penyerapan unsur hara pada tanaman. Efek dari nilai TDS yang terlalu tinggi adalah daun tanaman akan

menguning atau gosong akibat kelebihan unsur hara. Derajat keasaman (pH) dan suhu air juga mempengaruhi laju pertumbuhan tanaman hidroponik. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan tanaman menjadi layu. Sehingga perlu pengaturan kadar nutrisi, pH, dan suhu yang baik dalam air hidroponik.

Cabai rawit merupakan komoditas unggulan di Indonesia. Cabai rawit biasa digunakan untuk menambah rasa pedas dan pewarna merah alami pada makanan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik dan Ditjen Hortikultura, produktivitas cabai rawit meningkat 13,07% dari tahun 2017 ke 2018, dengan produktivitas sebesar 7,78 ton/ha. Petani semakin banyak yang melakukan budidaya cabai rawit dengan sistem hidroponik. Keuntungan menanam cabai rawit dengan menggunakan hidroponik adalah tidak membutuhkan lahan yang luas dan dapat dilakukan dalam skala rumah tangga.

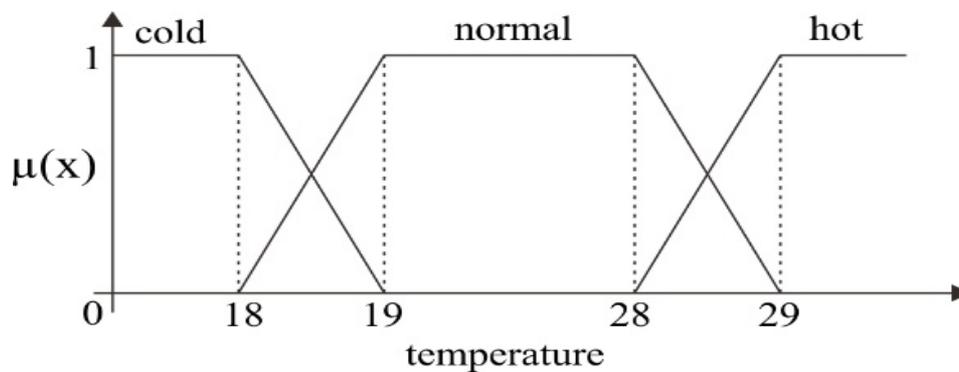
Permasalahan yang muncul dan masih banyak dialami oleh petani adalah pengaturan dan pemantauan kadar nilai TDS, pH, dan suhu air hidroponik secara terus menerus. Jika air hara tidak dipantau secara teratur dan hati-hati, maka dapat mengganggu pertumbuhan tanaman [3]. Pengaturan air hara yang tidak tepat akan mempengaruhi laju pertumbuhan tanaman cabai rawit. Saat memantau kondisi air nutrisi, petani Hidroponik kebanyakan melakukannya secara manual menggunakan TDS meter untuk mengukur nilai dan suhu TDS; dan pH meter untuk mengukur nilai pH air nutrisi. Di samping itu juga terdapat sistem informasi yang digunakan untuk memantau nutrisi dari tanaman hidroponik [4]. Metode regresi linier digunakan pada sistem monitoring ini untuk mengimplementasikan teknik Nutrient Film Technique (NFT). Tujuan dari digunakan metode tersebut agar bisa menghemat energi, dengan meminimalkan daya yang dibutuhkan oleh pompa air. Desain dari sistem informasi monitoring ini juga telah dibahas dalam studi sebelumnya, sehingga mendukung keberlanjutan dari penerapan sistem informasi monitoring [5].

Penggunaan teknologi modern dapat menjadi solusi dari permasalahan di atas. Salah satu solusinya adalah dengan menggunakan mikrokontroler [6] Arduino dan beberapa sensor seperti TDS, pH, dan sensor suhu sebagai pembacaan kondisi air nutrisi hidroponik. Pemantauan secara real-time melalui website juga dapat membantu petani mengetahui secara langsung kebutuhan air hara. Kemudian Petani dapat mengakses website tersebut melalui smartphone atau laptop. Mikrokontroler yang dapat diintegrasikan oleh Arduino dan digunakan untuk mengirimkan data kondisi air bernutrisi ke website adalah MCU node [7]. Node MCU mengirimkan data menggunakan jaringan internet. Kemudian penentuan keputusan dari masukan tersebut diproses menggunakan metode logika fuzzy Sugeno—tujuan penelitian ini menggunakan metode tersebut karena kesesuaian permasalahan yang telah dijelaskan di atas. Logika fuzzy Sugeno memiliki aturan berupa IF-THEN untuk menentukan hasil yang diinginkan dalam penggunaan kondisi air nutrisi pada cabai rawit hidroponik. Penelitian ini bertujuan untuk memantau kualitas air hidroponik secara real time dan menghasilkan alat berupa sistem hidroponik berbasis IoT. Hasil keputusan dari perhitungan logika fuzzy suhu air digunakan untuk: Mengotomatiskan on/off pompa air; Mengotomatiskan administrasi konsentrasi nutrisi; Dan mengotomatiskan pemberian senyawa untuk menetralkan pH air.

2. METODE

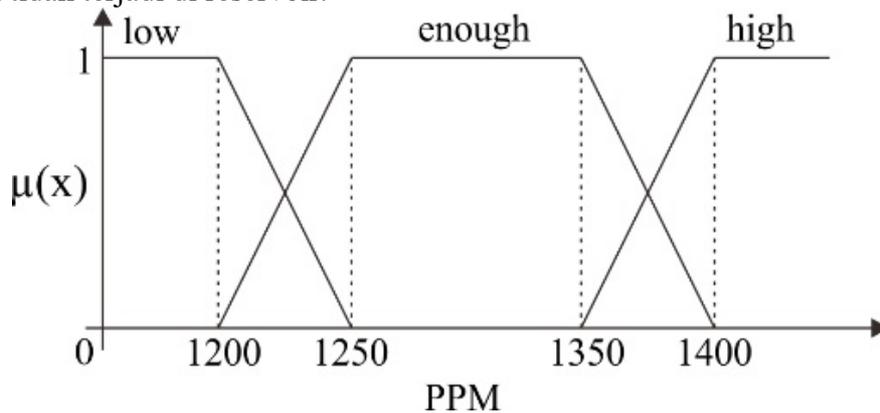
2.1 Fungsi Derajat Keanggotaan Fuzzy

Penelitian ini menggunakan metode logika fuzzy untuk menentukan kualitas nutrisi air tanaman cabai hidroponik yang nilainya diperoleh dari pembacaan tiga sensor, yaitu sensor TDS, pH, dan suhu air. Variabel penelitian ini adalah suhu air, kandungan nutrisi (ppm), dan keasaman (pH). Suhu air memiliki himpunan fuzzy: dingin, rata-rata, dan panas. Tingkat gizi memiliki kelompok: rendah, cukup, dan tinggi. Derajat keasaman atau pH memiliki himpunan fuzzy: asam, netral, dan esensial. Kumpulan dari masing-masing variabel yang dijelaskan di atas disajikan sebagai diagram grafik dari kelompok fungsi keanggotaan fuzzy.



Gambar 1: Grafik Suhu Air

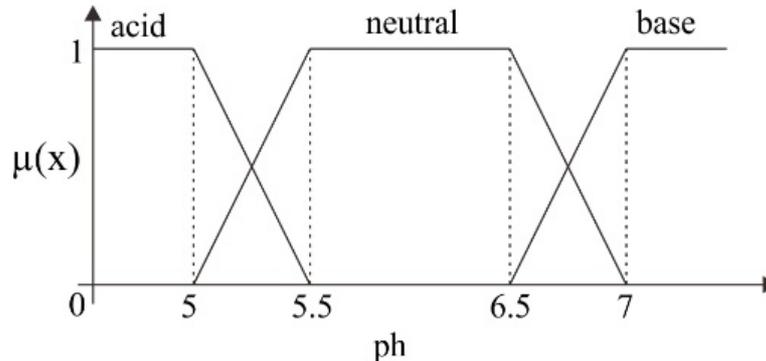
Jika suhu terlalu panas atau lebih dari 29 °C, pompa air nutrisi dari reservoir akan bekerja untuk mendinginkan air di dalam pot. Suhu air rata-rata terbaik sebagai air nutrisi berada pada kisaran 18 – 29 °C. Namun, jika suhu terlalu dingin atau di bawah 18 °C, sistem tidak melakukan perintah, dan proses pemanasan air nutrisi tidak terjadi di reservoir.



Gambar 2: Grafik Ppm Air

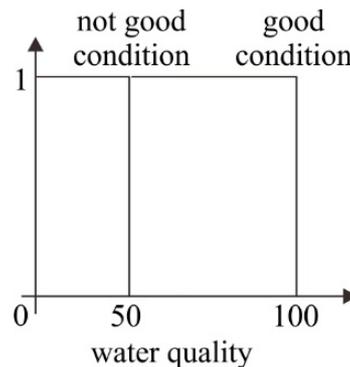
Grafik ppm air diperoleh dari data mengenai hubungan ppm air dengan penambahan air nutrisi ab mix atau penambahan air. Gambar di atas menunjukkan kadar ppm seluruhnya dari 1200 sampai 1400. Ppm disesuaikan dengan umur tanaman cabai. Jika ppm terlalu tinggi atau lebih dari yang ditentukan, pompa air akan bekerja untuk menurunkan kadar nutrisi. Namun, jika ppm terlalu rendah atau

di bawah yang ditetapkan, sistem akan menambahkan campuran nutrisi ke waterbath nutrisi.



Gambar 3: Grafik pH Air

Grafik pH air diperoleh dari data hubungan antara pH air dan netralisasi keasaman air nutrisi. PH netral air nutrisi berada pada kisaran 5 – 7. Sistem akan menambahkan senyawa basa untuk menetralkan air nutrisi jika pH terlalu asam. Namun, sistem akan menambahkan campuran asam jika pH terlalu basa atau di atas 7.



Gambar 4: Grafik Output Kualitas Air

Kualitas air dinyatakan kurang baik jika berada pada nilai 0-50. Dari nilai tersebut dilakukan berbagai tindakan sesuai aturan yang telah ditentukan. Kondisi air hara dinyatakan baik jika hasil perhitungan fuzzy menunjukkan rentang nilai lebih dari 50 hingga 100. Berdasarkan wawancara dengan pakar, pengamatan penulis menunjukkan bahwa ada dua macam kualitas air nutrisi untuk tanaman cabai hidroponik, yaitu kualitas air dengan kondisi baik dan kualitas air dengan kondisi buruk. Kondisi air yang baik adalah suhu dalam kisaran normal dan ppm dalam kisaran yang dapat diterima. Sementara keadaan asam atau basa dapat mentolerirnya, sistem IoT tetap memberi perintah kepada aktuator untuk menetralsirnya.

2.2 Penentuan Kualitas Nutrisi Air

Air nutrisi hidroponik merupakan campuran air dengan mineral anorganik terlarut yang digunakan sebagai penyedia nutrisi oleh tanaman. Tanaman membutuhkan 16 unsur hara/nutrisi untuk pertumbuhannya yang berasal dari udara, air, dan pupuk. Unsur-unsur tersebut adalah karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), belerang (S), kalsium (Ca), besi (Fe), magnesium (Mg), boron (B), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), molibdenum

(Mo) dan klorin (Cl). Dua faktor penting dalam formula larutan nutrisi adalah komposisi larutan dan konsentrasi larutan. Kedua faktor ini sangat menentukan produksi tanaman. Setiap jenis tanaman memerlukan keseimbangan jumlah dan komposisi larutan nutrisi serta tingkat konsentrasi yang berbeda-beda [1].

Tabel 1. Penentuan Kualitas Nutrisi Air

Rule	Suhu	Ppm	Ph
[R1]	Dingin	Rendah	Asam
[R2]	Dingin	Rendah	Netral
[R3]	Dingin	Rendah	Basa
[R4]	Dingin	Biasa	Asam
[R5]	Dingin	Biasa	Netral
[R6]	Dingin	Biasa	Basa
[R7]	Dingin	Tinggi	Asam
[R8]	Dingin	Tinggi	Netral
[R9]	Dingin	Tinggi	Basa
[R10]	Normal	Rendah	Asam
[R11]	Normal	Rendah	Netral
[R12]	Normal	Rendah	Basa
[R13]	Normal	Biasa	Asam
[R14]	Normal	Biasa	Netral
[R15]	Normal	Biasa	Basa
[R16]	Normal	Tinggi	Asam
[R17]	Normal	Tinggi	Netral
[R18]	Normal	Tinggi	Basa
[R19]	Panas	Rendah	Asam
[R20]	Panas	Rendah	Netral
[R21]	Panas	Rendah	Basa
[R22]	Panas	Biasa	Asam
[R23]	Panas	Biasa	Netral
[R24]	Panas	Biasa	Basa
[R25]	Panas	Tinggi	Asam
[R26]	Panas	Tinggi	Netral
[R27]	Panas	Tinggi	Basa

Setiap cairan memiliki TDS (Total Dissolved Solid), keasaman (pH), dan suhu. Total Dissolved Solid (TDS) menunjukkan jumlah padatan terlarut dalam unsur hara yang diukur dari TDS meter. Benda cair juga mempunyai derajat keasaman yang dituliskan pH (kekuatan hidrogen). pH digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan suatu larutan. PH air nutrisi dijaga pada kisaran 5 sampai 7 untuk mendapatkan hasil yang baik dan cenderung asam [1]. Indikator air bernutrisi baik juga dapat dilihat dari suhu airnya. Suhu ideal air nutrisi yang baik bagi tanaman adalah 18 – 28°C. Suhu yang terlalu tinggi akan membuat tanaman cepat layu [8].

Tabel 2. Penentuan Gerak Aktuator

		Temperature		
		Cold	Normal	Hot
PPM & PH	Rendah & Asam	Add nutrition, add KOH	Add nutrition, add KOH	Add nutrition, add KOH, turn on the nutrition water pump
	Rendah & Netral	Add nutrition	Add nutrition	Add nutrition, turn on the nutrition water pump
	Rendah & Basa	Add	Add	Add nutrition, Add HCl, turn

	nutrition, Add HCl	nutrition, Add HCl	on the nutrition water pump
Biasa & Asam	Add KOH	Add KOH	Add KOH, turn on the nutrition water pump
Biasa & Netral	No action	No action	Turn on the nutrition water pump
Biasa & Basa	Add HCl	Add HCl	Add HCl, turn on the nutrition water pump
Tinggi & Asam	Add water, add KOH	Add water, add KOH	Add water, add KOH, turn on the nutrition water pump
Tinggi & Netral	Add water	Add water	Add air, turn on the nutrition water pump
Tinggi & Basa	Add water, Add HCl	Add water, Add HCl	Add water, add HCl, turn on the nutrition water pump

2.3 Penentuan Gerak Actuator

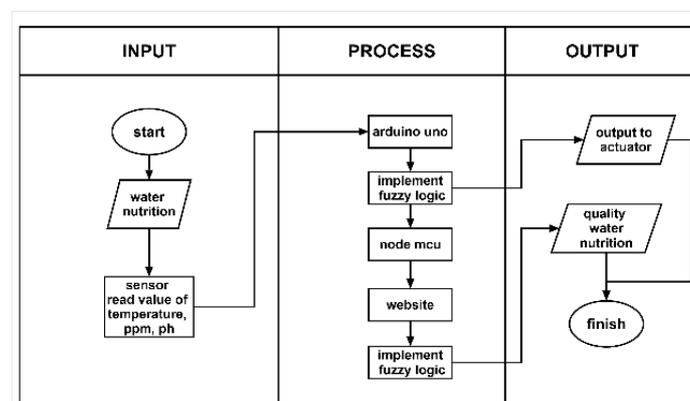
Pada Arduino, proses perhitungan logika fuzzy setiap variabel dilakukan tanpa berhubungan dengan variabel lainnya. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui gerak aktuator agar kualitas air nutrisi selalu dalam kondisi baik. Berikut adalah tabel penentuan gerak aktuator pada sistem IoT. Tabel 2 sebelumnya menunjukkan ketentuan dari motion aktuator.

2.4 Kebutuhan Nutrisi Tanaman

Kebutuhan nutrisi tanaman hidroponik berbanding lurus dengan umur tanaman. Semakin tua tanaman cabai, semakin banyak kebutuhan makanannya. Berikut tabel kebutuhan nutrisi tanaman cabai rawit hidroponik. Berikut ini adalah Tabel 3 yang menunjukkan kebutuhan makanan tanaman cabai rawit hidroponik beserta umur tanamannya.

Tabel 3. Kebutuhan Nutrisi Tanaman Cabai Hidroponik

Usia Tanaman (HST)	Kebutuhan Nutrisi (ppm)
8 – 14 HST	500 – 700
15 – 21 HST	700 – 1000
22 – 28 HST	1000 – 1200
29 – 35 HST	1200 – 1400
36 – 42 HST	1200 – 1400
43 – 49 HST	1400 – 1600
50 – 56 HST	1600 – 1800
57 – 63 HST	1800 – 2000
64 – dst	2000 – 2200



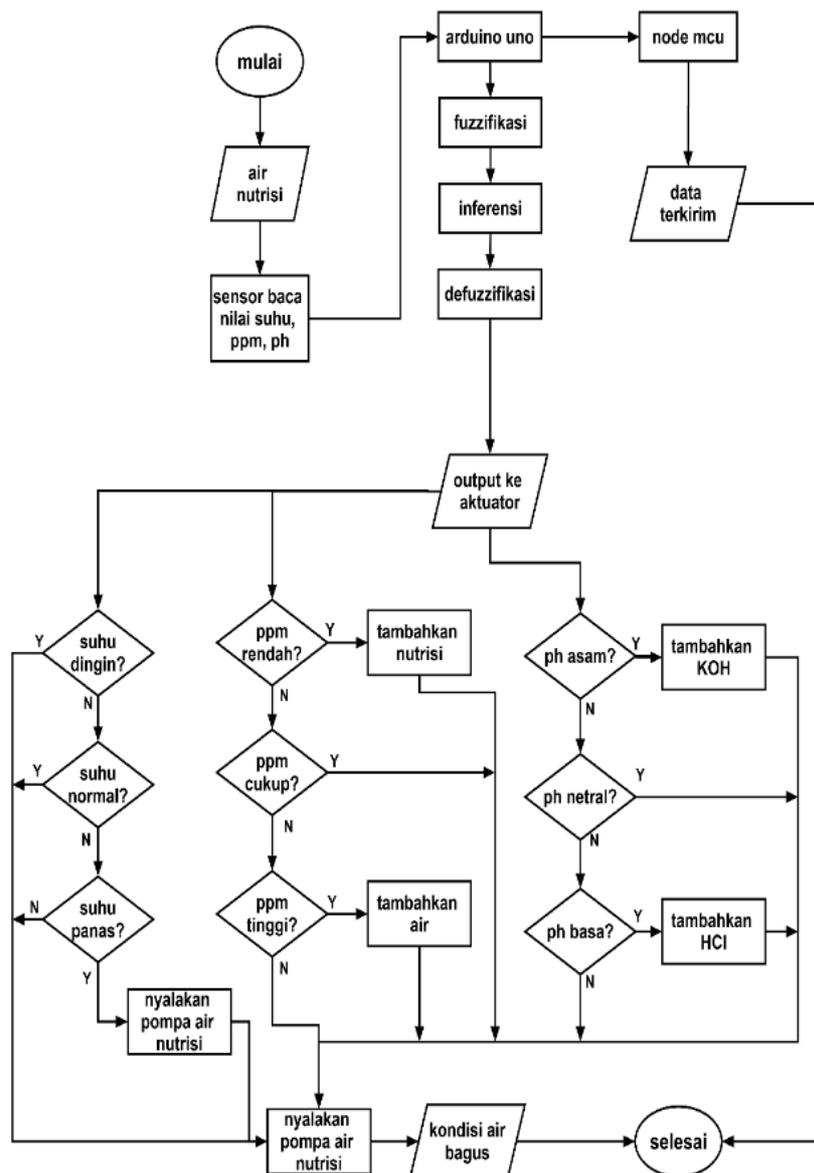
Gambar 5: Bagaimana Sistem Bekerja

2.5 Tahapan Penelitian

Berikut ini adalah diagram alir kerja sistem yang diilustrasikan pada Gambar 5 di bawah ini. Diagram tersebut menjelaskan aliran input berupa pembacaan sensor, bagian dari proses yaitu perhitungan dengan logika fuzzy, dan perintah output ke aktuator dan pengiriman nilai pembacaan sensor ke website.

Bagian pertama sistem adalah pembacaan nilai sensor suhu, TDS, dan pH pada nutrisi hidroponik. Satuan untuk setiap data adalah: TDS memiliki satuan ppm (parts per million); PH memiliki satuan pH (Power of Hydrogen); Penulis mengambil satuan derajat Celsius (°C) untuk data temperatur.

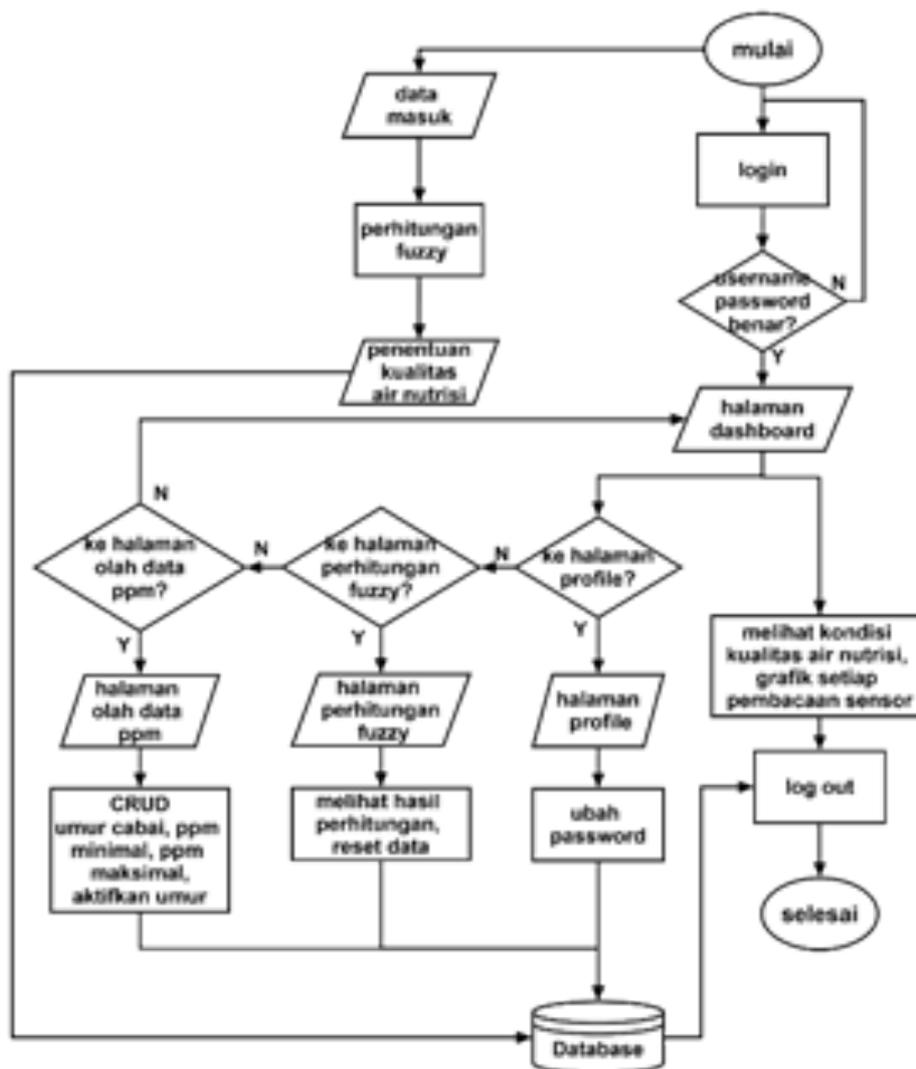
Ketiga sensor tersebut dicelupkan ke dalam air nutrisi pada wadah pembacaan sensor. Penempatan sensor harus terlindung dari sinar matahari langsung sehingga waktu penggunaan sensor menjadi lebih lama. Hasil pembacaan sensor diterima oleh Arduino [9] kemudian diproses menggunakan logika fuzzy.



Gambar 6: Flowchart Perangkat IoT

Proses perhitungan dilakukan mulai dari proses fuzzifikasi. Fuzzifikasi adalah mengubah nilai aktual menjadi bentuk fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan. Ketiga nilai sensor tersebut dicari nilai membership function atau $Miu()$ nya. Kemudian dilakukan proses inferensi; yaitu penerapan aturan IF THEN ELSE berdasarkan basis pengetahuan pakar. Setelah itu, defuzzifikasi berubah kembali dari nilai fuzzy menjadi nilai tegas yang akan digunakan sebagai penentu kerja aktuator. Data suhu juga dikirim ke Node MCU, yang kemudian dikirim ke situs web.

Keluaran dari perhitungan Fuzzy berupa kondisi kualitas nutrisi air pada website. Melalui website ini, petani dapat memantau apakah kualitas air nutrisi dalam kondisi baik atau tidak. Arduino juga memproses data sensor menjadi logika fuzzy sebagai respons terhadap aktuator. Hasil perhitungan menentukan apakah suhu misalnya termasuk dalam kategori terlalu tinggi. Arduino akan memberi perintah untuk memompa air nutrisi untuk mengalirkan air dengan suhu lebih rendah di reservoir. Atau jika pembacaan sensor TDS menemukan bahwa kadar nutrisi terlalu rendah, sistem akan mengalirkan nutrisi ke kolam.



Gambar 7: Flowchart Sistem Website

2.6 Flowchart Perangkat IoT

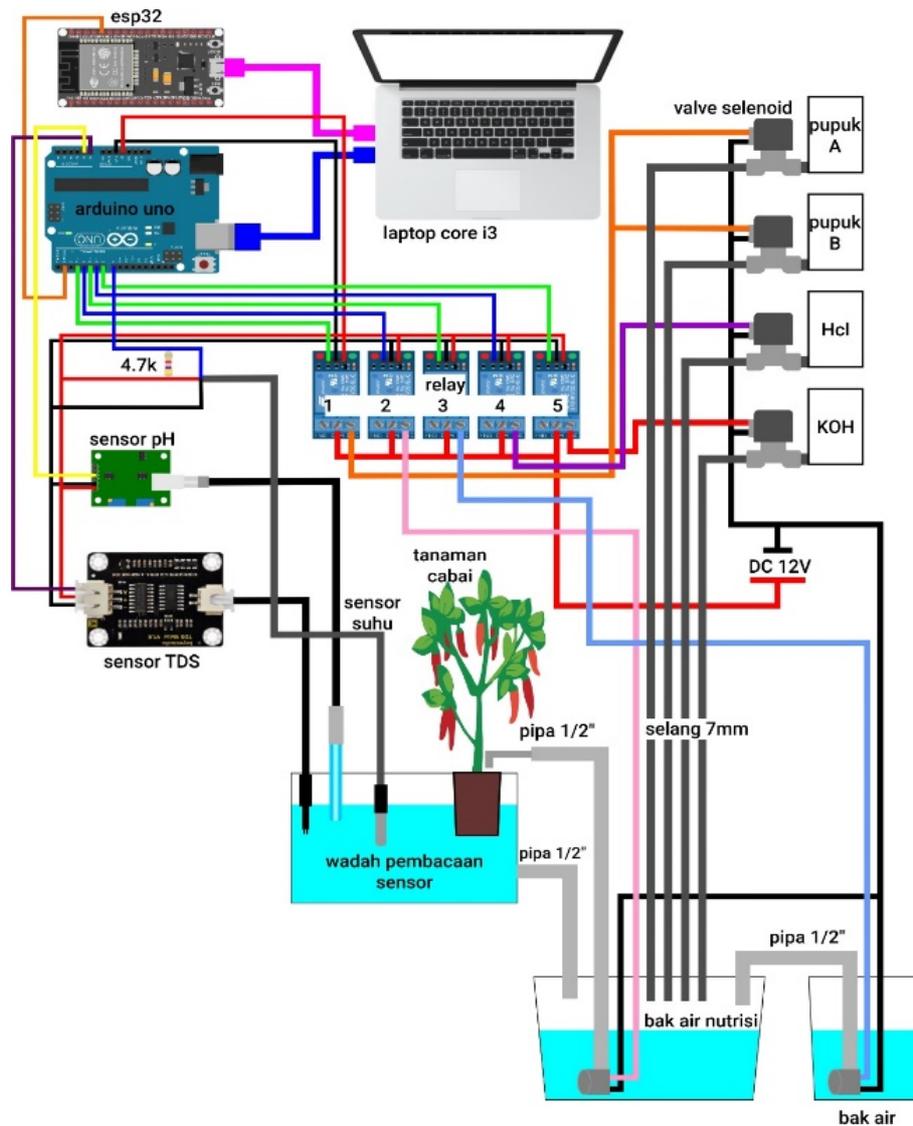
Alur kerja sistem IoT yang pertama adalah pembacaan sensor suhu, TDS, dan pH dalam air nutrisi. Hasil pembacaan sensor dikirim ke Arduino, kemudian dilakukan proses perhitungan dengan logika fuzzy [10]. Setiap nilai sensor dihitung fuzzy untuk menentukan keluaran aktuator yang akan dijalankan. Arduino akan melakukan koreksi untuk menstabilkan kondisi air nutrisi agar selalu dalam kondisi baik. Flowchart dari mekanisme perangkat Internet of Things ditunjukkan pada Gambar 6 sebelumnya.

2.7 Flowchart Sistem Website

Alur kerja sistem pada website yang pertama adalah admin atau petani login pada halaman login dengan mengisi username dan password. Jika sesuai maka akan masuk ke halaman dashboard. Admin atau petani dapat melihat kondisi kualitas nutrisi air saat ini dan grafik setiap pembacaan sensor yang dikirimkan ke website. Admin dapat mengolah (tambah, ubah, hapus) data ppm pada halaman data pengolahan ppm. Halaman perhitungan fuzzy menampilkan hasil perhitungan dengan logika fuzzy untuk menentukan kualitas air nutrisi. Gambar 7 menunjukkan flowchart dari sistem yang penentuan kualitas nutrisi air berbasis website.

2.8 Design of IoT Devices

Desain alat IoT akan dijelaskan di bagian ini. Komponen elektronik terdiri dari Arduino sebagai mikrokontroler untuk pembacaan sensor dan pusat komando untuk aktuator.

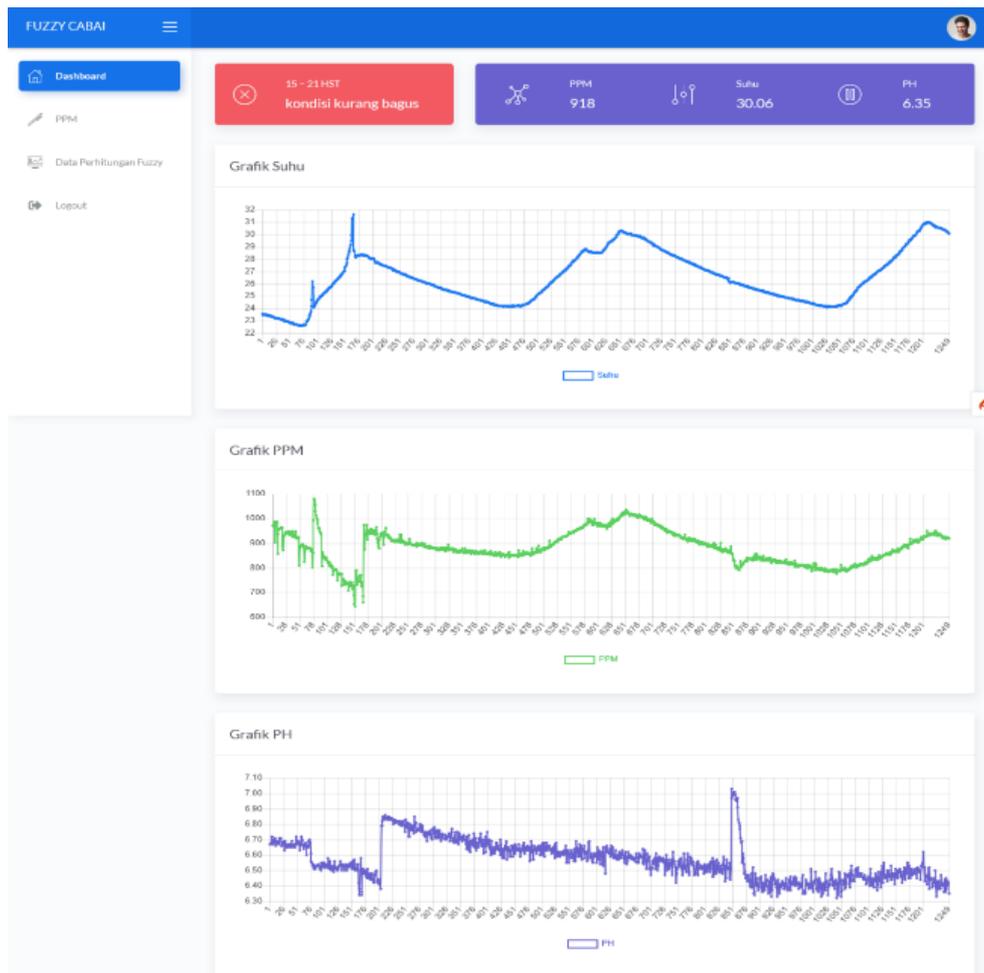


Gambar 8: Desain Alat IoT

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

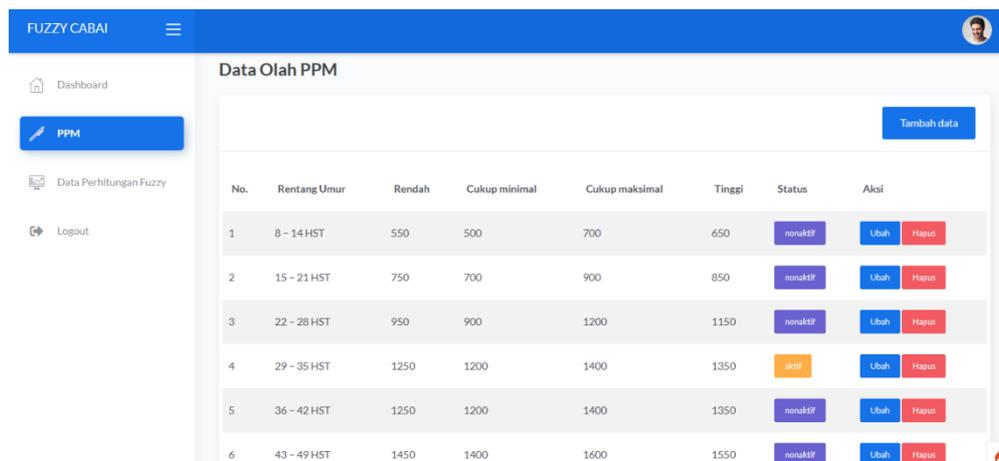
Berikut ini adalah halaman website untuk memantau kualitas air nutrisi hidroponik tanaman cabai rawit. Ada tiga grafik dari setiap pembacaan sensor, dan hasil pembacaan sensor terakhir serta kualitas nutrisi air juga ditampilkan.

Halaman pengolahan data ppm ini berguna untuk mengolah data ppm yang disesuaikan dengan umur tanam cabai. Admin atau petani dapat mengolah data, seperti menambah, mengubah, dan menghapus data. Halaman ini berisi tentang rentang umur cabai dan batas minimal – maksimal unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Petani dapat mengaktifkannya melalui tombol, dan proses perhitungan logika fuzzy akan secara otomatis mengikuti pemilihan rentang ppm yang aktif.



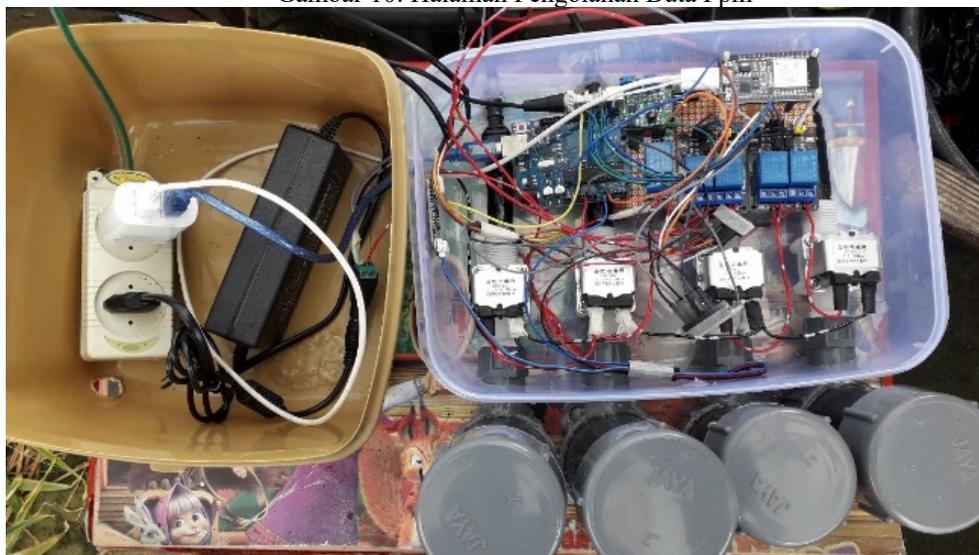
Gambar 9: Halaman Dashboard

Gambar 11 adalah alat IoT yang sudah jadi. Komponen elektronik seperti Arduino, node MCU ESP32, dan berapa banyak relay ada di kotak putih. Antar komponen elektronik dihubungkan dengan kabel jumper. Katup solenoida yang terhubung ke relai juga terletak di wadah putih, yang airnya mengalir dari sederet pipa. Kasing coklat memiliki 12V DC Adapter dan 5V DC Adapter 2 port USB. Adaptor DC 12V digunakan untuk memasok daya ke dua pompa dan empat katup solenoida. Adapter DC 5 V 2 Port USB mengontrol Arduino dan node MCU ESP32. Semua Adaptor terhubung ke listrik rumah 220V AC.



No.	Rentang Umur	Rendah	Cukup minimal	Cukup maksimal	Tinggi	Status	Aksi
1	8 - 14 HST	550	500	700	650	nonaktif	Ubah Hapus
2	15 - 21 HST	750	700	900	850	nonaktif	Ubah Hapus
3	22 - 28 HST	950	900	1200	1150	nonaktif	Ubah Hapus
4	29 - 35 HST	1250	1200	1400	1350	aktif	Ubah Hapus
5	36 - 42 HST	1250	1200	1400	1350	nonaktif	Ubah Hapus
6	43 - 49 HST	1450	1400	1600	1550	nonaktif	Ubah Hapus

Gambar 10: Halaman Pengolahan Data Ppm



Gambar 11: Sistem Perangkat IoT

Tabel 5: Pengujian Akurasi Alat

Var.	Man.	Sensors	Dev.	Dev. (%)	Accu. (%)
Temp	29,9	28,06	1,84	6,55	93,45
Ppm	506	497	9	1,81	98,19
PH	6	6.65	0,65	10,83	89,17
Average			3,83	6,39	93,61

Tabel di atas merupakan hasil pengujian akurasi alat IOT dibandingkan dengan alat ukur manual. Perbedaan yang paling signifikan antara membaca sensor dan membaca dari alat ukur manual adalah dalam ppm, yaitu 9. Namun dalam hal ini berada di kisaran 500, jauh lebih tinggi dibandingkan variabel lainnya. Variabel suhu dan pH berada di bidang nilai puluhan dan satuan (suhu dalam kisaran 28 - 29, pH dalam kisaran 6 - 7). Sehingga jika dihitung berdasarkan proporsi, pembacaan nilai ppm memiliki nilai terkecil sebesar 1,81% dan memiliki akurasi tertinggi sebesar 98,19%. Keakuratan pembacaan sensor pH pada pengukuran alat ukur menunjukkan hasil terendah yaitu 89,17% dengan selisih 10,83%. Hal itu terjadi karena sensor sudah lama digunakan dan mungkin rusak, atau bisa juga karena membaca alat ukur manual yang menggunakan kertas lakmus, bukan pH

meter, agar lebih akurat. Pada tahap pengujian akurasi IoT, nilai akurasi sebesar 93,61%, sehingga alat IoT berjalan dengan cukup akurat.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan Sistem Identifikasi Kualitas Air Nutrisi Hidroponik. Penentuan kualitas nutrisi air hidroponik menggunakan metode logika fuzzy. Kandungan nutrisi berhasil ditingkatkan dengan memberikan perintah melalui Arduino ke aktuator. Aktuator mengaktifkan dan menonaktifkan pompa air yang sudah mengandung nutrisi yang dibutuhkan. Hasil pengujian sistem IoT berhasil mengirimkan data ke website, kemudian diproses menggunakan logika fuzzy. Penelitian ini menemukan bahwa akurasi rata-rata dari ketiga sensor adalah 93,61%. Penelitian ini dapat diperluas ke kasus tanaman lain untuk pekerjaan lebih lanjut. Jadi variabelnya bisa divariasikan.

REFERENSI

- [1] S. Swastika, A. Yulfida, and Y. Sumitro, "Budidaya Sayuran Hidroponik Bertanam Tanpa Media Tanah," *Balai Pengkaj. Teknol. Pertan. Balitbangtan Riau, Badan Penelit. dan Pengemb. Pertanian, Kementeri. Pertan.*, vol. 31, 2017.
- [2] L. E. Rahmadhani, L. I. Widuri, and P. Dewanti, "Kualitas Mutu Sayur Kasepak (Kangkung, Selada, Dan Pakcoy) Dengan Sistem Budidaya Akuaponik Dan Hidroponik," *J. Agroteknologi*, vol. 14, no. 01, p. 33, 2020, doi: 10.19184/j-agt.v14i01.15481.
- [3] S. Aprillia and D. E. Myori, "Pengontrolan Electro Conductivity pada Larutan Nutrisi Hidroponik Berbasis Arduino," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 1, no. 2, pp. 261–265, 2020, doi: 10.24036/jtein.v1i2.89.
- [4] N. S. Wibowo, M. Aziziah, I. G. Wiryawan, and E. Rosdiana, "Implementasi Metode Regresi Linier Pada Rancang Bangun Sistem Informasi Monitoring Nutrisi Tanaman Hidroponik Kangkung," *JTIM J. Teknol. Inf. dan Multimed.*, vol. 4, no. 1, pp. 13–24, 2022, doi: 10.35746/jtim.v4i1.186.
- [5] N. Setyo Wibowo, Muknizah Aziziah, I Gede Wiryawan, and Eva Rosdiana, "Desain Sistem Informasi Monitoring Nutrisi Tanaman Hidroponik Kangkung Dengan Menggunakan Metode Regresi Linear," *J. Ilm. Inov.*, vol. 22, no. 1, pp. 51–58, 2022, doi: 10.25047/jii.v22i1.3115.
- [6] M. F. Hariyadi, "Implementasi Model Fuzzy untuk Pengaturan Irigasi Tetes berbasis Mikrokontroler," Universitas Jember, 2020.
- [7] D. A. Dudwadkar, T. Das, S. Suryawanshi, R. Dolas, and T. Kothawade, "Automated Hydroponics with Remote Monitoring and Control using IoT," *Int. J. Eng. Res.*, vol. V9, no. 06, 2020, doi: 10.17577/ijertv9is060677.
- [8] M. J. D. Firdausyah, P. W. Rusimamto, and B. E. Suprianto, "Sistem Pengendali Suhu Air Nutrisi Pada Hidroponik NFT Berbasis PID Controller," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 117–125, 2022.
- [9] P. W. Ciptadi and R. H. Hardyanto, "Penerapan Teknologi IoT pada Tanaman Hidroponik menggunakan Arduino dan Blynk Android," *J. Din. Inform.*, vol. 7, no. 2, pp. 29–40, 2018.
- [10] A. M. Mochamad Adhari Adiguna, "Penerapan Logika Fuzzy Pada Penilaian Mutu Dosen Terhadap Tri Dharma Perguruan Tinggi," *J. Online Inform.*, vol. 2, no. 1, pp. 16–19, 2017, doi: <https://doi.org/10.15575/join.v2i1.74>.