

SISTEM KONTROL NUTRISI PADA SAYURAN SAWI HIJAU DENGAN METODE AKUAPONIK DEEP FLOW TECHNIQUE BERBASIS LOGIKA FUZZY

NUTRITION CONTROL SYSTEM ON MUSTARD GREENS VEGETABLES USING AQUAPONIC DEEP FLOW TECHNIQUE METHOD BASED ON FUZZY LOGIC

Muhammad Airlangga¹, Ahmad Qurthobi², Asep Suhendi³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

muhammadairlangga@telkomuniversity.ac.id¹, qurthobi@telkomuniversity.ac.id²,
suhendi@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Warga Rw. 06 desa Citereup, Kecamatan Dayeuhkolot, Kabupaten Bandung merupakan salah satu masyarakat yang terdampak COVID-19. warga kesulitan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, salah satu contoh pada kebutuhan yang harganya naik terjadi pada sawi hijau. Untuk membantu warga, sistem pertanian akuaponik Deep Flow Technique dengan kontrol nutrisi berbasis logika fuzzy untuk sayuran sawi hijau dirancang oleh warga dan bekerjasama dengan tim pengabdian masyarakat Teknik Fisika, Universitas Telkom. Akuaponik DFT merupakan sistem sirkulasi air dan nutrisi yang dijalankan secara alami dengan adanya cadangan air pada pipa tanaman. Sistem ini menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler yang ditanamkan program logika fuzzy dengan memasukkan nilai sensor padatan terlarut (TDS) dalam satuan ppm dan nilai sensor padatan terendap (TSS) dalam satuan NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Nutrisi dapat diukur sebagai nilai TDS dan kekeruhan dapat diukur menggunakan sensor TSS. Pada uji kalibrasi, sensor TDS memiliki galat sebesar 1,33%, sedangkan sensor TSS memiliki galat sebesar 3,77%. Pada pengujian sistem, sistem bekerja dengan melihat kondisi TDS dan TSS, jika kondisi TDS dan TSS rendah maka pompa akan mati serta jika kondisi keduanya tinggi, pompa yang diatur oleh relai akan menyala. Pada penelitian ini, nilai nutrisi tanaman yang terkontrol yaitu sebesar 232,4 ppm, sedangkan sistem tanpa kontrol sebesar 241,8 ppm. Nilai kekeruhan pada sistem kontrol yaitu 138,42 NTU, sedangkan sistem tanpa kontrol sebesar 147,92 NTU. Sayuran yang menggunakan sistem kontrol, memiliki tinggi tanaman sebesar 16,8 cm dan tanpa kontrol sebesar 12,1 cm. Pada jumlah daun yang terkontrol didapatkan hasil sebesar 10 daun, sedangkan tanpa kontrol didapatkan 6 daun.

Kata Kunci: Akuaponik, Sawi Hijau, Logika Fuzzy, Padatan Terlarut, Padatan Tersuspensi.

Abstract

Residents of Rw. 06 Citereup Village, Dayeuhkolot District, Bandung Regency is one of the communities affected by COVID-19. residents find it difficult to meet their daily needs, one example of needs whose prices are rising is mustard greens. To help residents, the Deep Flow Technique aquaponic farming system with fuzzy logic-based nutrition control for mustard greens was designed by residents and in collaboration with the Physics Engineering community service team, Telkom University. DFT aquaponics is a water and nutrient circulation system that runs naturally in the presence of water reserves in plant pipes. This system uses Arduino Mega 2560 as a microcontroller which is embedded with a fuzzy logic program by entering the dissolved solids sensor value (TDS) in ppm and the precipitated solids sensor value (TSS) in NTU (Nephelometric Turbidity Unit) units. Nutrients can be measured as a TDS value and turbidity can be measured using a TSS sensor. In the calibration test, the TDS sensor has an error of 1.33%, while the TSS sensor has an error of 3.77%. In system testing, the system works by looking at the TDS and TSS conditions, if the TDS and TSS conditions are low then the pump will turn off and if both conditions are high, the pump regulated by the relay will turn on. In this study, the nutritional value of the controlled plant was 232.4 ppm, while the system without control was 241.8 ppm. The value of turbidity in the control system is 138.42 NTU, while the system without control is 147.92 NTU. Vegetables that use the control system, have a plant height of 16.8 cm and without control of 12.1 cm. In the controlled number of leaves, 10 leaves were obtained, while without control, 6 leaves were obtained.

Keywords: Aquaponics, Green Mustards, Fuzzy Logic, Total Dissolve Solids, Total Suspended Solids.

1. Pendahuluan

Warga Rw. 06 Desa Citereup, Dayeuhkolot, Kab. Bandung telah mengalami kesulitan yang disebabkan oleh COVID-19. Dampak ini telah mengakibatkan warga kesulitan untuk mencari penghasilan dan membeli makanan di pasar terdekat. Salah satu makanan yang sering dibeli di pasar oleh warga ialah sayur mayur, yang harganya terjangkau tetapi mengalami kenaikan harga akibat COVID-19. Berdasarkan survey, harga sawi hijau

mengalami kenaikan dari Rp. 4,500/250g menuju Rp. 6,000/250g dari bulan Maret 2021 hingga bulan Agustus 2021. Untuk membantu Warga Rw. 06 Desa Citereup, sebuah sistem pertanian aquaponik DFT (*Deep Flow Technique*) dengan kontrol nutrisi yang berbasis logika fuzzy untuk diterapkan pada sayuran sawi hijau dirancang oleh warga yang bekerja sama dengan tim pengabdian masyarakat dalam program CSE (*Community Service Engagement*).

Penelitian ini berfokus pada sistem kontrol nutrisi sayuran sawi hijau dengan pengembangan metode akuaponik DFT (*Deep Flow Technique*). Akuaponik DFT merupakan teknik pertanian yang dapat diterapkan pada sistem akuaponik dengan memanfaatkan sirkulasi nutrisi dari kolam ikan hingga mengalir menuju pipa tanaman. Pipa tanaman pun dipasang horizontal 180° untuk mengurangi laju air pada pipa. Akuaponik sendiri merupakan metode pertanian yang menerapkan kombinasi akuakultur dan hidroponik. Ikan dan tanaman pada sistem ini merupakan simbiosis mutualisme, karena ikan dan tanaman saling memberikan makanan satu sama lain [1]. Tanaman mendapatkan makanan dari feses ikan yang berada di kolam. Metode ini pun mendukung pemanfaatan lahan yang sangat cocok di daerah perkotaan, metropolitan, atau daerah yang ketersediaan air bersihnya minim. Sistem akuaponik dapat menghemat penggunaan air bersih sebesar 90% [1] dan mengoptimalkan penggunaan nutrisi [2].

Masalah utama dari pertanian sayuran adalah lahan yang tersedia, kualitas air, dan nutrisi. Penelitian yang dilakukan Wilson Lennard telah membuktikan bahwa akuaponik memiliki 5 keunggulan penting dibandingkan teknik pertanian manapun yaitu, a) Akuaponik dapat menghasilkan *dual crop production*, yaitu ikan dan tumbuhan; b) Akumulasi Nutrisi yang rendah, dikarenakan nutrisi dari ikan lele terus tersirkulasi; c) Penggunaan air yang minimum, dikarenakan akuaponik DFT memanfaatkan pipa tanaman sebagai cadangan air; d) Tidak menghasilkan limbah nutrisi pada lingkungan, dikarenakan sirkulasi air dapat mencukupi kebutuhan air untuk ikan dan lele selama 30 hari; e) dan 100% pemanfaatan nutrisi dari siklus ikan dan tumbuhan [3].

Salah satu cara untuk memperbaiki kualitas air nutrisi yaitu dengan menggunakan *solid filter* dan biofilter sebagai penyaring kadar ammonia dengan bantuan bakteri [4]. *Solid filter* berfungsi untuk mengurangi padatan dari hasil feses ikan lele untuk mengurangi kadar ammonia dan biofilter berfungsi sebagai tempat untuk mengembangbiakkan bakteri yang berguna untuk mengubah ammonia menjadi nitrat. Pengontrolan nutrisi menggunakan logika fuzzy dengan sensor TDS dan TSS yang dilakukan dari masa generatif hingga panen sawi hijau. Nutrisi terlarut dapat diukur secara kolektif sebagai nilai TDS [5] yang didapatkan pada sensor TDS, sedangkan sensor TSS diperlukan untuk mengukur tingkat kekeruhan dari kolam ikan sebagai parameter untuk menjaga kelangsungan ikan lele sebagai sumber nutrisi, kedua sensor ini merupakan parameter nutrisi yang diambil dari jumlah padatan terlarut/mengendap. Dari nilai keluaran sensor tersebut dapat ditampilkan pada LCD untuk mengetahui kondisi kolam serta tanaman dan pengambilan keputusan lamanya pompa bekerja pada kolam. Oleh karena itu penelitian ini dapat menjadi salah satu solusi dari berbagai permasalahan yang hadir di dunia akuakultur, hidroponik, dan pertanian konvensional.

Pada akuaponik, nutrisi di dapatkan secara penuh dari feses ikan yang mengandung nitrogen. Tanaman membutuhkan nitrogen sebagai pupuk alami untuk bertumbuh kembang. Tanaman pun dapat menjadi filter alami untuk menyaring kandungan ammonia supaya ammonia tidak dapat tersirkulasi kembali ke kolam. Sistem akuaponik DFT dipilih dikarenakan memiliki keuntungan dibandingkan dengan NFT (*Nutrient Film Technique*) yaitu, DFT (*Deep Flow Technique*) lebih hemat dalam konsumsi pemakaian listrik karena desain pipa PVC yang dipasang lurus dan sejajar dari titik awal hingga titik akhir pembuangan yang diberikan ketinggian, sehingga sistem ini memiliki cadangan air yang masih mengalir dalam pipa PVC, sedangkan untuk NFT pipa tanaman diberikan kemiringan dan pada lubang pembuangan tidak diberikan kemiringan. Teknik NFT memiliki kekurangan lain yaitu rendahnya hasil panen tanaman pada segi luas daun, jumlah daun, dan berat segar tanaman. [6]

Dengan menggunakan metode tanam akuaponik, sayuran sawi hijau memiliki kemampuan untuk mengurangi polusi limbah dari ikan lele [7]. Sawi hijau dapat ditanam menggunakan tanah atau air (hidroponik dan akuaponik), dengan masa panen sekitar 40 - 70 hari atau 5 - 10 Minggu Setelah Tanam (MST). Sawi hijau pun dapat dipanen jika tingginya sudah mencapai 20 cm atau sekitar 4-5 MST [8]. Sawi hijau dapat menyerap nutrisi pada kadar 200 ppm - 400 ppm (*parts per million*) yang dihasilkan pada bentuk padatan feses ikan dalam kandungan nitrat [5]. Ikan lele berfungsi sebagai sumber nutrisi bagi tanaman lewat feses. Protein pada pakan ikan akan menghasilkan ammonia melalui feses [9]. Sawi hijau membutuhkan penyerapan nitrogen yang cukup untuk kesuburan tanaman. Produksi ikan lele cocok dengan sistem akuaponik, karena terdapat pertumbuhan kultivar pada kepadatan benih pada ikan [10].

Ikan lele akan sehat jika jumlah padatan terlarut (*Total Dissolve Solids*) pada kolam ikan sebesar 219 ± 40 ppm hingga 264 ± 60 ppm, serta nilai maksimum sebesar 1000 ppm [4]. Pada umumnya nutrisi yang berada pada sistem aquaponik DFT, memiliki kandungan sebesar 200 ppm hingga 400 ppm. Besaran nilai tersebut akan memberikan hasil yang baik bagi tumbuhan maupun ikan lele. Hal utama yang harus diperhatikan adalah akumulasi pemberian makan untuk ikan lele yang dapat menimbulkan penumpukan makanan yang mengakibatkan nilai TDS dapat mencapai 2000 ppm [5]. Disisi lain, Tingkat kekeruhan pada kolam sangat

mempengaruhi kualitas hasil panen ikan. Ikan mampu hidup pada air yang memiliki tingkat kekeruhan 0 - 640 NTU dan ikan akan bertumbuh dengan baik jika berada pada tingkat kekeruhan 160 - 320 NTU [11].

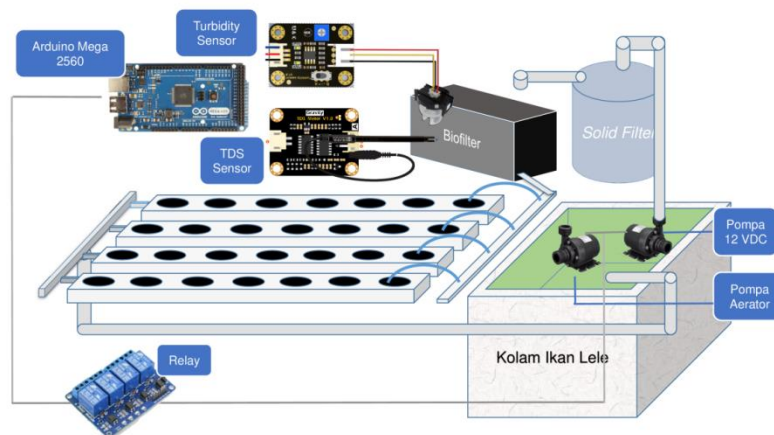
Ikan yang telah diberi makanan akan menghasilkan feses yang kemudian dapat menghasilkan ammonia (NH_3). Pada Gambar 3, ammonia akan mengalir ke biofilter yang berisikan *Plastic Bio-Balls* yang berguna untuk tempat berkembang biak bakteri pengubah ammonia dan pengubah nitrit. *Nitrosomonas Bacteria* akan mengubah ammonia menjadi nitrit (NO_2) dan yang terakhir terdapat jenis bakteri kedua yaitu *Nitrobacter* yang akan mengubah nitrit menjadi nitrat (NO_3) secara efektif [12], [13]. Nitrat yang mengalir menuju media tanam dan menjadi pupuk nutrisi untuk tanaman, kemudian nitrat dapat diserap oleh tanaman, maka air kembali lagi menuju kolam dengan bersih [14]. Penambahan tanaman pada sistem ini akan memberikan simbiosis mutualisme karena tanaman pun membutuhkan kandungan nitrogen untuk diserap sebagai pupuk alami dan dapat menjadi filter alami bagi ikan. Adanya Biofilter dari feses yang mengandung nitrogen dapat memberikan tambahan nutrisi organik [15] serta mengurangi patogen yang dihasilkan oleh feses [16].

2. Perancangan Sistem

2.1. Perancangan Perangkat Keras

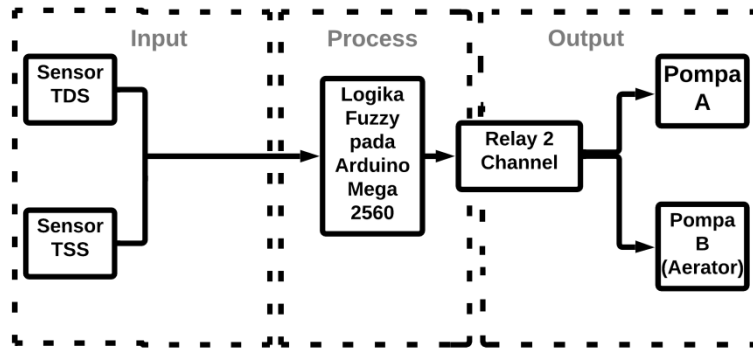
Pada Gambar 5, terdapat gambaran mengenai rancangan sistem akuaponik, Terdapat sensor TDS untuk mengukur nutrisi. Secara garis besar, pada sistem akuaponik DFT ini terdapat *solid filter* untuk menyaring feses ikan, biofilter untuk berkembang biakan bakteri, pipa tanaman, dan kolam ikan lele. Cara kerja sistem akuaponik DFT pada gambar 5 yaitu sebagai berikut:

1. Ikan menghasilkan feses yang mengandung ammonia (NH_3);
2. Feses ikan yang tercampur dengan air kolam terangkat menuju *solid filter* menggunakan pompa yang terkontrol oleh relay yang diatur dengan Arduino dengan program Logika Fuzzy;
3. Feses ikan di saring dengan *solid filter* untuk mengurangi kadar ppm dan NTU pada kolam;
4. Sisa Feses ikan yang telah tersaring di pompa menuju Biofilter untuk penyaringan alamiah oleh bakteri *nitrosomomas* dengan mengubah ammonia menjadi nitrit (NO_2) dan *nitrobacter* untuk mengubah nitrit (NO_2) menjadi nitrat (NO_3) yang menghasilkan nutrisi bagi tanaman sawi hijau;
5. Nutrisi mengalir melewati pipa dan netpot, kemudian siklus terjadi berulang ulang;
6. Sensor TDS ditaruh pada Biofilter untuk mengukur nilai TDS, sedangkan sensor TSS ditaruh pada kolam untuk mengukur tingkat kekeruhan;
7. Untuk menjaga kelangsungan hidup pemberi nutrisi atau ikan lele, terdapat Aerator yang telah diatur oleh Relay, dengan parameter kekeruhan yang telah diatur.



Gambar 3. Desain Sistem Kontrol Akuaponik DFT Berbasis Logika Fuzzy

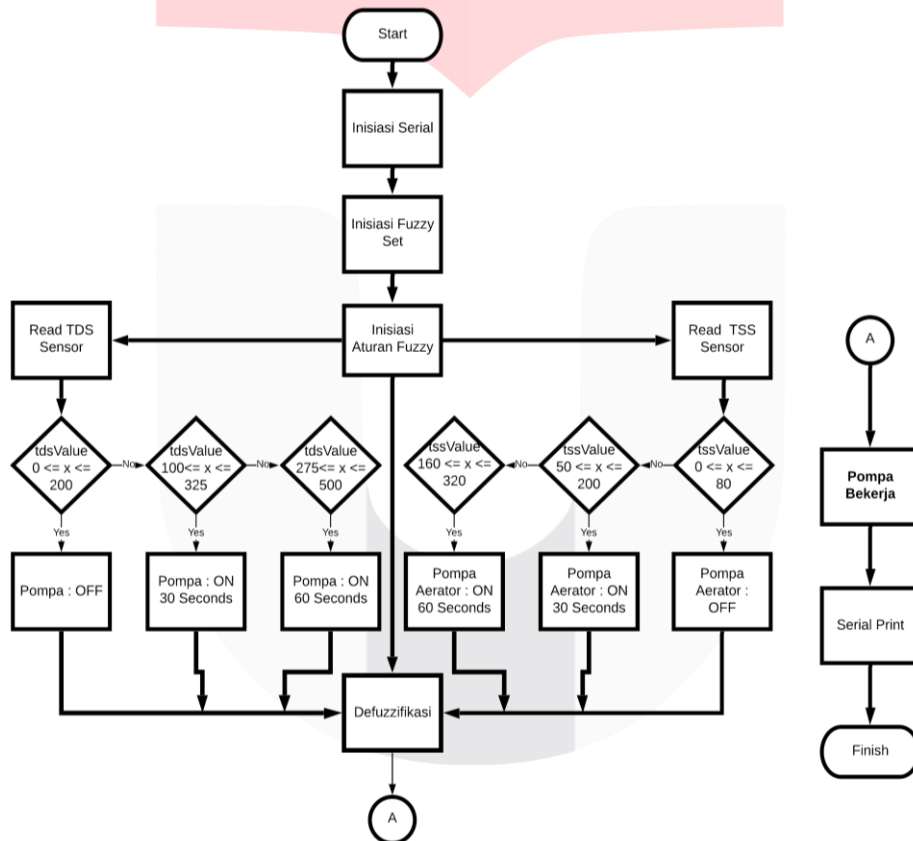
Sistem kontrol ini memiliki 2 buah masukan yaitu nilai Sensor TDS dalam satuan ppm untuk mengukur nutrisi pada kolam dan Sensor TSS dalam satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) untuk mengukur tingkat kekeruhan. Mikrokontroler yang digunakan merupakan Arduino Mega 2560 yang mengontrol pompa dan aerator dengan *relay*. Sistem pada Gambar 6.



Gambar 4. Diagram Blok

2.2. Perancangan Perangkat Lunak

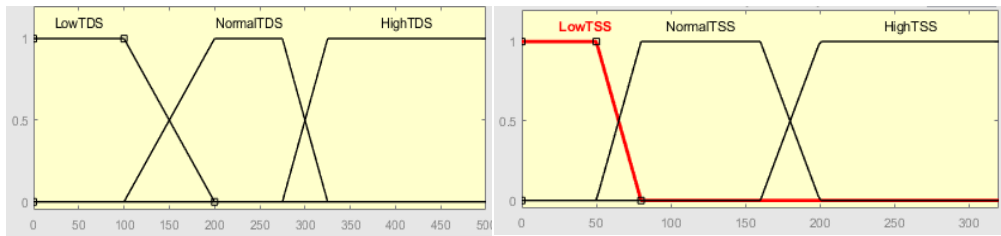
Logika Fuzzy memiliki 3 tahap utama yaitu Fuzzifikasi, Sistem Inferensi, dan Defuzzifikasi. 3 tahapan tersebut terjadi pada mikrokontroler Arduino Mega 2560. Pada Gambar 7, Diawali inisiasi serial, fuzzy set, dan aturan fuzzy. Kemudian dilanjutkan dengan pembacaan Nilai TDS dan TSS dengan sensor TDS dan TSS, kemudian nilai tersebut di fuzzifikasi untuk disesuaikan dengan aturan yang telah dibuat. Pada tahap akhir di hasil dari penyesuaian nilai input dengan aturan fuzzy di defuzzifikasi untuk menghasilkan output Pompa dalam satuan waktu.



Gambar 5. Perancangan Sistem Logika Fuzzy

2.2.1. Fungsi Keanggotaan Fuzzy Input Set

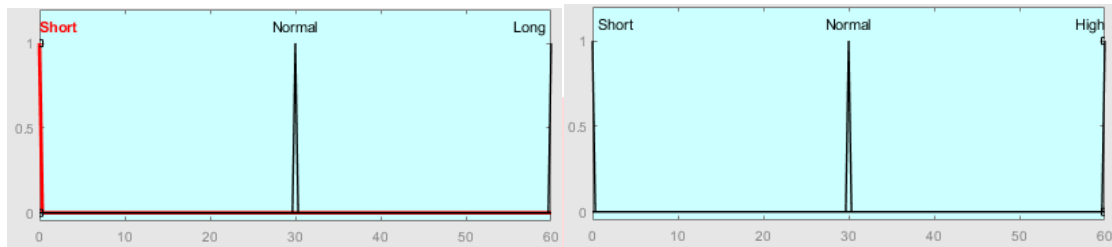
Berikut perancangan input, aturan, dan output logika fuzzy. Logika Nilai TDS dengan satuan ppm (*parts per million*) dan TSS dengan satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) merupakan input sistem ini. Fungsi keanggotaan kedua masukkan dapat yaitu, nilai LowTDS sebesar 0 – 200 ppm, TDS Stabil sebesar 100-325 ppm dengan nilai maksimum pada 275–500 ppm. Batas toleransi atas yaitu bernilai 1000 ppm [5], [17]. Nilai Input selanjutnya adalah TSS Value dalam satuan NTU. Nilai Low TSS dengan 0-80, kemudian Normal TSS 50-200, dan High TSS 160–320 [11].



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan TDS Value (kiri) dan TSS Value (kanan).

2.2.2. Fungsi Keanggotaan Fuzzy Output Set

Output pada sistem ini merupakan durasi pompa menyala untuk pompa dan aerator. Fungsi keanggotaan yaitu Short (0 detik), Normal (30 detik), dan Long Time (60 detik) yang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Aktuator Pompa (kiri) dan Aerator (kanan).

2.2.3. Basis Aturan Logika Fuzzy

Setelah menyelesaikan skema representasi nilai linguistik, Langkah selanjutnya merupakan menentukan Aturan Fuzzy Mamdani dengan cara menambahkan kondisi IF_THEN pada Input maupun Output yang telah dibuat pada Tabel 3.1.

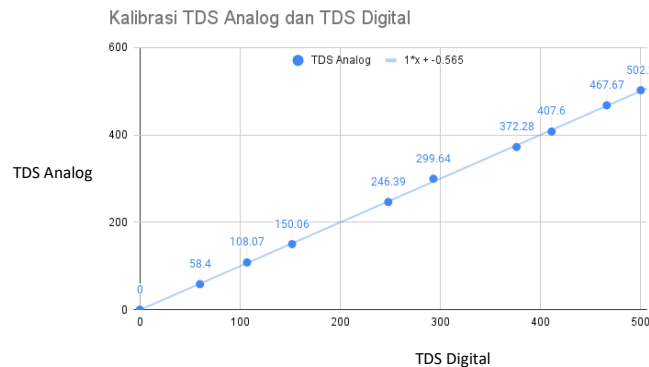
Tabel 3.1. Aturan Logika Fuzzy

| | LowTDS | NormalTDS | HighTDS |
|-----------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| LowTSS | Pump1Short+ Pump2Short | Pump1Normal+ Pump2Short | Pump1Long+ Pump2Short |
| NormalTSS | Pump1Short+ Pump2Normal | Pump1Normal+ Pump2Normal | Pump1Long+ Pump2Normal |
| HighTSS | Pump1Short+ Pump2Long | Pump1Normal+ Pump2Long | Pump1Long+ Pump2Long |

3. Pembahasan

3.1. Kalibrasi Sensor TDS

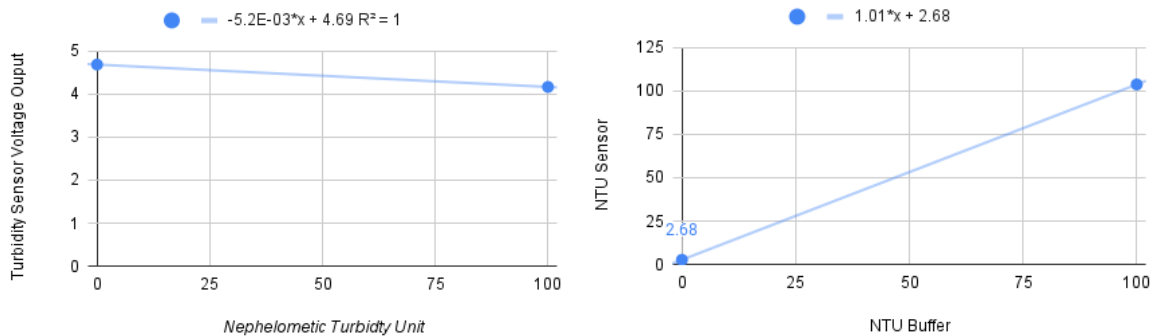
Sensor yang digunakan yaitu sensor TDS Gravity Analog. Sensor tersebut dibandingkan dengan TDS Digital yang memiliki keakuratan sebesar 100%. Berdasarkan Gambar 11. diperoleh linieritas sebesar $y = x - 0.565$, dimana y merupakan nilai sensor dalam satuan ppm, dan x adalah nilai TDS Digital. Keakuratan pembacaan sensor yaitu sebesar 98.95% dan diikuti dengan error sebesar 1.05%. Oleh karena itu, sensor TDS layak digunakan karena memiliki akurasi yang tinggi.



Gambar 8. Grafik perbandingan Output Sensor TDS Analog menggunakan cairan 0 ppm - 500 ppm.

3.2. Kalibrasi Sensor TSS

Sensor Gravity Turbidity Sensor Analog merupakan sensor yang dipakai untuk mengukur tingkat kekeruhan dengan menghitung jumlah padatan terendap pada air. Diawali dengan mencari output tegangan dari sensor TSS terhadap cairan Buffer 0 NTU dan 100 NTU. Berdasarkan Gambar 13. (kiri), didapatkan linieritas sebesar $y = -0.0052 + 4,7$. dimana 0,0052 merupakan gradien yang kemudian dimasukkan kedalam kode pada Arduino IDE.



Gambar 9. (Kiri) Grafik Uji output tegangan pada cairan buffer, (Kanan) Grafik perbandingan sensor TSS dengan Buffer

Setelah $m=0.0052$ dimasukkan, kalibrasi kembali sensor tersebut pada cairan 0 NTU dan 100 NTU. Berdasarkan Gambar 13 (Kanan), diperoleh linieritas sebesar $y= 1.01x + 2.68$, dimana y merupakan nilai sensor dalam satuan NTU, dan x adalah nilai tegangan buffer. Keakuratan pembacaan sensor yaitu sebesar 96,23% dan diikuti error sebesar 3.77% pada kalibrator 100 NTU. Oleh karena itu, sensor TSS layak digunakan karena memiliki akurasi yang tinggi.

3.3. Karakterisasi Aktuator Pompa

Pompa dan Aerator memiliki spesifikasi pompa yang sama yaitu memiliki Input tegangan sebesar 12 VDC dengan Arus 0.33 A diikuti dengan debit air sebesar 800 L/H atau 16.67 Lpm.

Tabel 4.1. Pengujian Aktuator

| Data ke- | Detik | Liter | Tegangan Ouput |
|----------|-------|-------|----------------|
| 1 | 5.49 | 1 L | 12 VDC |
| 2 | 5.52 | 1 L | 12 VDC |
| 3 | 5.47 | 1 L | 12 VDC |
| AVG | 5,493 | 1 L | 12 VDC |

pompa hanya mampu mengalirkan air selama 5.493 detik setiap liter, atau 10.922 Lpm dan setara dengan 655,37 L/H.

3.4. Pengujian Sistem Kontrol Logika Fuzzy pada Sistem

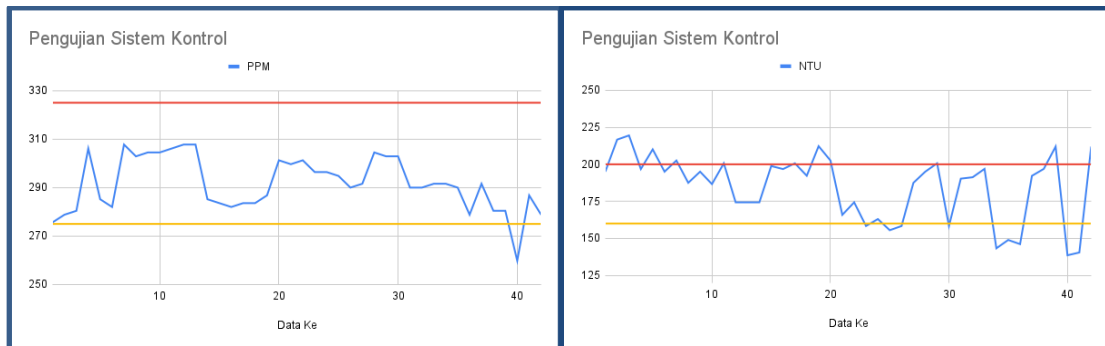
Pengujian sistem logika fuzzy dilakukan untuk mengetahui hasil dari kerja aktuator setelah membaca nilai sensor TDS dan TSS.

Tabel 4.2. Pengujian Sistem Kontrol Logika Fuzzy pada Sistem

| Data Ke | TDS | TSS | Pompa Status (Waktu Respon) | Aerator Status (Waktu Respon) |
|---------|--------|--------|-----------------------------|-------------------------------|
| 1 | 307.76 | 219.48 | ON(1 detik) | ON (1 detik) |
| 2 | 295.5 | 195.04 | ON | ON |
| 3 | 292 | 187.52 | ON | ON |
| 4 | 250.34 | 160.73 | ON | ON |
| 5 | 225 | 39.67 | ON | OFF(34 detik) |
| 6 | 210 | 92.48 | ON | ON(34 detik) |
| 7 | 154.92 | 65.12 | ON | OFF(33 detik) |
| 8 | 90.38 | 92.48 | OFF(34 detik) | ON(34 detik) |

| | | | | |
|---|-------|-------|---------------|---------------|
| 9 | 90.38 | 39.67 | OFF(34 detik) | OFF(34 detik) |
|---|-------|-------|---------------|---------------|

Berdasarkan tabel 4.2. data-data yang telah diuji dari setiap daerah rendah, normal, dan tinggi menghasilkan hasil relay yang telah berfungsi. Jika ON maka nilai TDS/TSS akan berkurang dan jika OFF maka nilai TDS/TSS akan naik. Respon relay dari ON-OFF memiliki respon sebanyak 34 detik. Hal ini terjadi dikarenakan terdapat delay pada program. Langkah selanjutnya yaitu menguji sistem secara keseluruhan dan bersamaan, dengan menggunakan setpoint TDS 275 ppm(normal) - 325 ppm(tinggi), dan TSS 165(normal) - 200 (high). Kedua nilai parameter tersebut merupakan perpotongan antara setpoint “normal” dan “tinggi”. Pada pengujian sistem kontrol didapatkan hasil yang melewati ambang batas atas maupun bawah. Hal ini terjadi dikarenakan terdapat penurunan nilai jika menyentuh setpoint atas dan terjadi kenaikan nilai jika menyentuh batas bawah.



Gambar 10. Pengujian Sistem Kontrol dengan parameter TDS (kiri) dan TSS (kanan)

3.5. Analisa Perbandingan Tanaman Sawi Hijau

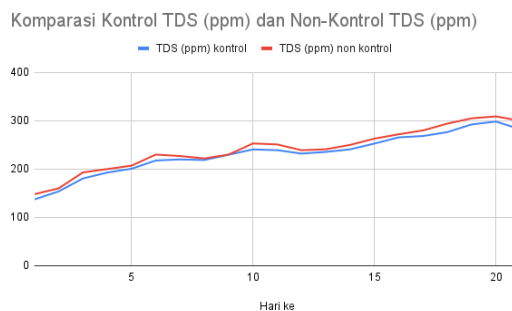
Setelah 22 Hari pembibitan setelah penyemaian, sawi hijau pun sudah bisa diolah. Data yang didapatkan yaitu data nutrisi dari perlakuan sawi hijau yang dikontrol (4 dari kanan, A-D) dengan yang tidak dikontrol (4 dari kiri, E-H), kemudian data tinggi tanaman, serta data jumlah daun.



Gambar 11. Pipa PVC sebagai tempat tumbuh sayuran sawi hijau (4 pipa dari kiri tanaman tanpa kontrol dan 4 kanan tanaman dengan kontrol)

3.5.1. Hasil Data Pengukuran berdasarkan nilai TDS

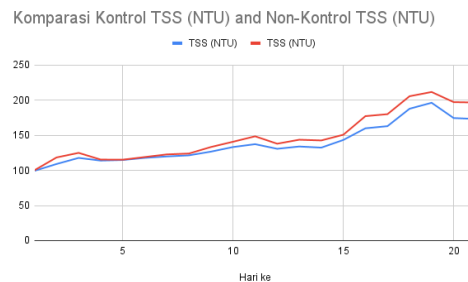
Berdasarkan Gambar 14, didapatkan bahwa nilai TDS terus berakumulasi diikuti dengan produksi feses ikan lele yang meningkat dikarenakan umur lele yang semakin tinggi. Pada tanaman yang terkontrol lebih sedikit dibandingkan dengan TDS pada tanaman yang tidak terkontrol, dengan rata-rata 232,4 ppm dan rata-rata selisih sebesar 9.4 ppm.



Gambar 12. Perbandingan nilai TDS pada tanaman terkontrol dan non-kontrol

3.5.2. Hasil Data Pengukuran berdasarkan nilai TSS

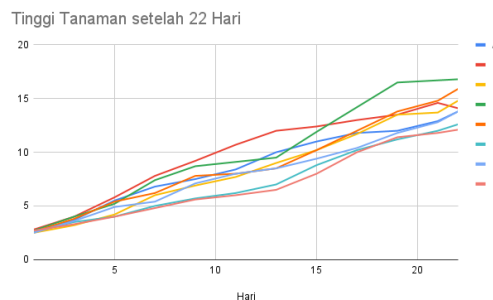
Berdasarkan Gambar 15, didapatkan bahwa nilai TSS semakin tinggi dikarenakan padatan feses ikan lele yang meningkat. Pada tanaman yang terkontrol lebih sedikit dibandingkan dengan TSS pada tanaman yang tidak terkontrol, dengan 138.42 NTU selisih sebesar 9.5 NTU.



Gambar 13. Perbandingan nilai TDS pada tanaman terkontrol dan non-kontrol

3.5.3. Hasil Data Pengukuran berdasarkan Tinggi Tanaman

Berdasarkan Gambar 16, dapat dilihat bahwa 4 tanaman terkontrol (A-D) memiliki hasil yang lebih baik dibanding tanaman non-kontrol (E-H). kesuburan tanaman pun diikuti dengan jumlah TDS dan TSS yang meningkat setiap waktunya.

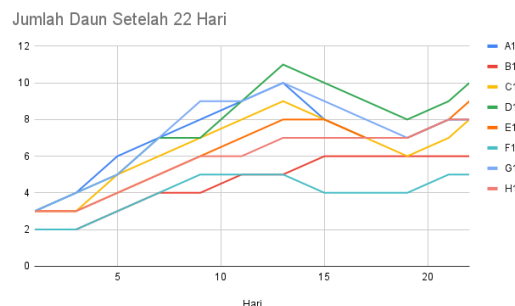


Gambar 14. Komparasi tinggi tumbuhan pada kontrol dan non-kontrol

Pada hari ke-22 Tanaman D memiliki tinggi tanaman terbaik dengan tinggi 16.8 cm sedangkan Tanaman H memiliki tinggi terburuk dengan tinggi 12.1 cm, atau perbedaan sebesar 38,84%

3.5.4. Hasil Data Pengukuran berdasarkan Jumlah Daun

Berdasarkan Gambar 17 dapat dilihat bahwa 4 tanaman terkontrol (A-D) memiliki hasil yang lebih baik pada jumlah daun dibandingkan dengan tanaman non-kontrol (E-H). Pada hari ke-22 Tanaman D memiliki jumlah daun terbaik dengan 10 daun sedangkan Tanaman F memiliki jumlah daun terburuk dengan 6 daun.



Gambar 15. Komparasi jumlah daun pada sistem kontrol dan non-kontrol TSS

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, didapat kesimpulan sebagai berikut:

Pada penelitian ini telah didapatkan kesimpulan yaitu, Hasil output logika fuzzy memiliki error 9,31% dengan keakuratan sebesar 90,69% pada pompa. Sedangkan untuk Aerator memiliki error sebesar 4,39% dengan keakuratan sebesar 95,61%. Kemudian untuk menguji respon waktu didapatkan waktu disaat relay berubah

menjadi ON-OFF yaitu sebesar 34 detik. Pada kalibrasi sensor, Sensor TDS memiliki galat sebesar 1,05% serta Sensor TSS memiliki galat sebesar 3,77%. Tanaman sangat membutuhkan nutrisi untuk bertumbuh dengan baik, sebagai pembanding tanaman dibedakan menjadi yang terkontrol dan tidak terkontrol. Hasilnya, Tanaman yang terkontrol memiliki tinggi tanaman yang lebih baik dengan 16.8 cm, sedangkan yang tidak terkontrol sebesar 12.1 cm, dengan perbedaan sebesar 38,84%. Pada jumlah daun dari kedua kondisi tersebut didapatkan hasil yaitu, tanaman terkontrol memiliki jumlah daun sebanyak 10, sedangkan yang tidak terkontrol memiliki jumlah daun sebanyak 6 daun, atau perbedaan sebesar 66,67%. Hasil diatas diikuti dengan kadar nutrisi TDS dan TSS yang berbeda dari kedua perlakuan, dimana yang terkontrol memiliki rata-rata nilai TDS sebesar 232,4 ppm dan rata-rata selisih sebesar 9,4 ppm dan 138,42 NTU serta selisih sebesar 9,5 NTU terhadap yang tidak terkontrol.

REFERENSI

- [1] M. Booth, *7 MYTHS ABOUT AQUAPONIC*, 3rd ed. Coo Farm Press, 2013.
- [2] A. Cohen, S. Malone, Z. Morris, M. Weissburg, and B. Bras, "Combined Fish and Lettuce Cultivation: An Aquaponics Life Cycle Assessment," *Procedia CIRP*, vol. 69, no. May, pp. 551–556, 2018, doi: 10.1016/j.procir.2017.11.029.
- [3] W. Lennard, "Aquaponic System Design Parameters : Fish to Plant Ratios (Feeding Rate Ratios)," *Aquaponic Solut.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2012, [Online]. Available: [http://www.aquaponic.com.au/Fish to plant ratios.pdf](http://www.aquaponic.com.au/Fish%20to%20plant%20ratios.pdf).
- [4] L. H. Sipaúba Tavares and C. E. Boyd, "Possible effects of sodium chloride treatment on quality of effluents from Alabama channel Catfish ponds," *J. World Aquac. Soc.*, vol. 34, no. 2, pp. 217–222, 2003, doi: 10.1111/j.1749-7345.2003.tb00059.x.
- [5] J. E. Rakocy, M. P. Masser, and T. M. Losordo, "Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics- integrating fish and plant culture.," *SRAC Publ. - South. Reg. Aquac. Cent.*, no. 454, p. 16, 2006.
- [6] A. N. Ardha *et al.*, "TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN SELADA (*Lactuca sativa*) DAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) THE NUTRITION TYPE COMPOSITION AND AQUAPONIC IRRIGATION TECHNIQUE ON GROWTH AND PRODUCTION OF LETTUCE (*Lactuca sativa*) AND NILE TILAPIA (*Oreochr.*" pp. 1–13.
- [7] A. Endut, F. Lananan, S. H. Abdul Hamid, A. Jusoh, and W. N. Wan Nik, "Balancing of nutrient uptake by water spinach (*Ipomoea aquatica*) and mustard green (*Brassica juncea*) with nutrient production by African catfish (*Clarias gariepinus*) in scaling aquaponic recirculation system," *Desalin. Water Treat.*, vol. 57, no. 60, pp. 29531–29540, 2016, doi: 10.1080/19443994.2016.1184593.
- [8] I. Sarif, P., Hadid, A., & Wahyudi, "Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) Akibat Pemberian Berbagai Dosis Pupuk Urea," *J. Agrotekbis*, vol. 3, no. 5, pp. 585–591, 2015.
- [9] T. C. S. Hargreaves J. A., "Managing ammonia in fish pond," *SRAC Publ. - South. Reg. Aquac. Cent.*, no. 4608, p. 8, 2004.
- [10] R. A. Nugroho, L. T. Pambudi, D. Chilmawati, and H. Condro, "Aplikasi Teknologi Aquaponic Pada Budidaya Ikan Air Tawar Untuk Optimalisasi Kapasitas Produksi," *SAINTEK Perikan. Indones. J. Fish. Sci. Technol.*, vol. 8, no. 1, pp. 46–51, 2012, doi: 10.14710/ijfst.8.1.46-51.
- [11] D. K. Rowe and T. L. Dean, "Effects of turbidity on the feeding ability of the juvenile migrant stage of six New Zealand freshwater fish species," *New Zeal. J. Mar. Freshw. Res.*, vol. 32, no. 1, pp. 21–29, 1998, doi: 10.1080/00288330.1998.9516803.
- [12] W. A. Lennard and B. V Leonard, "A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed , floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system," pp. 539–550, 2006, doi: 10.1007/s10499-006-9053-2.
- [13] S. E. Manahan, "Manahan, Stanley E. 'Frontmatter,'" *Energy*, 2000.
- [14] D. Carlsson, "Aquaponic systems," *Potentials a North. Latit.*, pp. 1–35, 2013.
- [15] S. Van Gorden, "Small - Scale Aquaculture and Aquaponics," *Aquaponics J.*, vol. VII, no. 3, p. 4 p., 2003.
- [16] B. Bar-Yosef, "Fertigation management and crops response to solution recycling in semi-closed greenhouses," in *Soilless Culture: Theory and Practice*, Elsevier, 2008, pp. 341–424.
- [17] R. R. D. Isabella Wibowo, M. Ramdhani, R. A. Priramadhi, and B. S. Aprillia, "IoT based automatic monitoring system for water nutrition on aquaponics system," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1367, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1367/1/012071.