

Perancangan Kendali Filter Air Tanah Berbasis Logika Fuzzy dan Pemantauan Kondisinya Menggunakan *Platform* IoT

Lukman Medriavin Silalahi^{1#}, Agus Dendi Rochendi², Imelda Uli Vistalina Simanjuntak³

^{1,2}Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana
Jl. Meruya Selatan No. 1, Kembangan, Jakarta Barat, 11650, Indonesia

³Oceanografi Fisika Benua Maritim, Badan Riset dan Inovasi Nasional
Jl. Pasir Putih I, Ancol Timur, Jakarta Utara, 14430, Indonesia

[#]lukman.medriavin@mercubuana.ac.id

Abstrak

Pertambahan manusia berdampak pada bertambah juga pencemaran lingkungan dari rumah tangga dan juga industri. Hal tersebut mengakibatkan kualitas air tanah menjadi menurun dan tercemar. Sehingga air tanah perlu diolah dahulu sebelum digunakan untuk kegiatan sehari-hari. Riset ini merancang sebuah filter air sederhana yang bertujuan untuk mengolah air tanah agar menghasilkan air yang layak. Pada riset ini menggunakan kendali logika fuzzy untuk menentukan kondisi filter sudah kotor atau belum, yang kemudian secara otomatis melakukan sistem *backwash* jika filter sudah kotor agar filter bekerja optimal kembali. Selain itu, pada riset ini kondisi kualitas air sebelum dan setelah difilter dapat dipantau melalui platform *Internet of Things* (IoT) pada *web server* yang telah dirancang. Hasil penelitian menunjukkan keberhasilan saat melakukan *backwash* otomatis jika kondisi filter sudah kotor dengan waktu *respon time* perubahan operasi dari normal ke *backwash* kurang dari 1 detik. Selain itu, pengujian jarak interkoneksi antara alat dengan *access point* sejauh 6 meter. *Web server* yang ditampilkan adalah tingkat kekeruhan air, *Total Dissolved Solids* (TDS), dan debit air.

Kata kunci: filter air, TDS sensor, turbidity sensor, flow meter sensor, backwash, IoT

Abstract

The increase in humans has an impact on increasing environmental pollution from households and industry. This causes the quality of ground water to decline and become polluted. So groundwater needs to be treated first before being used for daily activities. This research designs a simple water filter which aims to process groundwater to produce suitable water. This research uses fuzzy logic control to determine whether the filter is dirty or not, which then automatically carries out a backwash system if the filter is dirty so that the filter works optimally again. Apart from that, in this research, the condition of water quality before and after filtering can be monitored via the Internet of Things (IoT) platform on a designed web server. The research results show success when carrying out an automatic backwash if the filter condition is dirty with a response time for changing operation from normal to backwash of less than 1 second. Apart from that, testing the interconnection distance between the device and the access point is 6 meters. The web server displays the water turbidity level, Total Dissolved Solids (TDS), and water discharge.

Keywords: water filter, TDS sensor, turbidity sensor, flow meter sensor, backwash, IoT

I. PENDAHULUAN

Penurunan kualitas air tanah terjadi di Kota Bekasi. Beberapa ada yang berwarna kuning, keruh, hingga bau besi. Menurut penelitian yang dilakukan pada tahun 2021 oleh [1] bahwa air tanah di Kota Bekasi mempunyai kandungan logam berat

melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh pemerintah. Limbah rumah tangga dan limbah industri menjadi sumber pencemaran air tanah [2]. Filtrasi merupakan salah satu metode pengolahan air yang dapat ditempuh [3] dimana dilakukan dengan teknik memisahkan zat yang tercampur dengan air menggunakan media filter. Penggunaan filter air sangat membantu dalam mendapatkan air

bersih yang memenuhi standar air bersih layak pakai. Sumber kehidupan yang sangat bagi makhluk hidup di bumi ini adalah air, Sehingga diperlukan filter air guna mendapatkan air bersih yang memenuhi standar [4]-[8].

Filter air memerlukan perawatan berupa pengecekan kondisi, pembersihan, dan penggantian media filter secara berkala agar dapat bekerja optimal setiap saat. Di era modern seperti sekarang masyarakat cenderung menginginkan hal yang mudah dan cepat. Perawatan filter air secara manual selain menguras waktu juga sulit dilakukan oleh awam. Oleh karena itu diperlukan otomatisasi sehingga memudahkan dalam perawatan filter air.

Berbagai riset terkait rancang bangun dan pemanfaatan filter air telah dilakukan seperti pada dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan, maka tujuan yang ingin dicapai adalah membangun purwarupa alat yang terdiri dari sensor untuk mendeteksi keadaan air dan katup untuk mengatur aliran air yang akan diolah oleh ESP32 berbasis *Internet of Things* yang memudahkan dalam perawatan filter air. Dengan adanya sistem kendali filter air tanah, diharapkan memberikan kontribusi kepada pengguna karena dapat melakukan perawatan secara langsung berupa pengecekan kondisi, pembersihan, dan penggantian media filter secara berkala agar dapat bekerja optimal.

Tabel 1. Tabel perbandingan jurnal penelitian

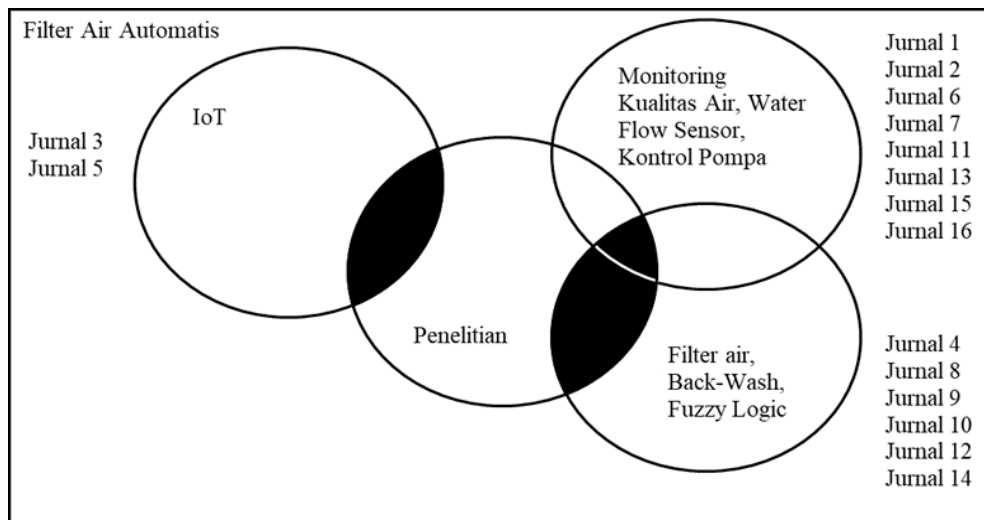
No	Judul, penerbit, dan tahun	Processor or Sensor / System
1	An IoT-enabled Portable Water Quality Monitoring System with MWCNT/PDMS Multifunctional Sensor for Agricultural Applications / Penerbit IEEE 2021 [9]	MWCNT/PDMS Multifunctional Sensor / Water Quality Monitoring
2	Low-cost Sensor System for on-the-field Water Quality Analysis / Penerbit: IEEE 2021[10]	ATmega328 / Water Quality Sensor
3	Alat Bantu Training Elektronika Berbasis Internet of Things Dengan Logika Fuzzy Menggunakan Nodemcu / Penerbit: KILAT 2021 [11]	NodeMCU / Alat ukur yang terhubung langsung ke database
4	Water Purification Technology Implementation Design / Penerbit: JEEMECS 2020 [6]	Arduino / Water Purification
5	Testing the Security ESP32 Internet of Things Devices / Penerbit: IEEE 2019 [12]	ESP32 / Security of ESP32 IoT
6	Design of Tire Pressure Monitoring System Using a Pressure Sensor Base / Penerbit: SINERGI 2019 [13]	Pressure sensor / Pressure Monitoring
7	Rancang Bangun Sistem Kontrol Debit Air Pada Pompa Paralel Berbasis Arduino / Penerbit: Jurnal Crankshaft 2019 [14]	Arduino / Kontrol Debit Air
8	Rancang Bangun Sistem Pengolah Air Bersih Standar WHO dan Kemenkes Bagi Warga Dusun Sinan - Desa Gawerejo - Kecamatan Karangbinangun - Kabupaten Lamongan Jawa Timur / Penerbit: Jurnal Pengabdian dan Pengembangan Masyarakat 2019 [15]	Pengoperasian manual / Penyaringan air
9	Water filter automation system using fuzzy logic controller / Penerbit: IEEE 2019 [8]	Arduino / Fuzzy logic for water filter automation
10	Pengolahan Air Sumur Dengan Filter Sistem Backwash Di Kelurahan Mariana Kecamatan Banyuasin I / Penerbit: Jurnal PKM: Pengabdian Kepada Masyarakat 2019 [4]	Pengoperasian manual / Penyaringan air dengan back wash
11	Kontrol Mesin Air Otomatis Berbasis Arduino Dengan Smartphone / Penerbit: Buletin Utama Teknik 2019 [16]	Arduino / Kontrol Pompa Air
12	Fuzzy Set Theory and Fuzzy Logic for Activities Automation In Engineering Education / Penerbit: IEEE 2019 [17]	Teori Logika Fuzzy
13	Low Power Consumption device for Biological Stability Monitoring in Drinking Water / Penerbit: IEEE 2018 [18]	Photomultiplier tube / Water Content Monitoring
14	Automatic Back-Wash Filtering System / Penerbit: International Journal of Pure and Applied Mathematics 2018 [7]	PLC / Automatic Back-Wash filter
15	Electronically controlled water flow restrictor to limit the domestic wastage of water / Penerbit : IEEE 2017 [19]	Water Flow sensor / Water Flow Control
16	Penelitian yang kami lakukan: Rancang Bangun Kontrol Filter Air Berbasis Fuzzy Logic Menggunakan ESP32	ESP32 / Kontrol Filter Air berbasis Fuzzy

Kebaruan penelitian didapatkan dari melaksanakan peninjauan terhadap kumpulan referensi penelitian terdahulu. Metode yang dilakukan untuk mendapatkan kebaruan penelitian adalah mengidentifikasi masalah, hipotesis, perumusan metode, pengumpulan data-data dan analisis hingga menarik kesimpulan. Tabel 1 merupakan perbandingan referensi jurnal penelitian yang dilakukan terhadap penelitian-penelitian yang dijadikan referensi. Gambar 1 merupakan diagram *Venn* dari penelitian yang dilakukan terhadap penelitian-penelitian yang dijadikan referensi. Penelitian ini lebih condong ke referensi jurnal dengan menggunakan perangkat ESP32. Pada ke 16 jurnal diatas kontrol filter hanya dapat melakukan *backwash* secara otomatis dan kebaruan atau *novelty* sistem yang dirancang pada penelitian ini adalah dapat merekam jumlah air yang sudah

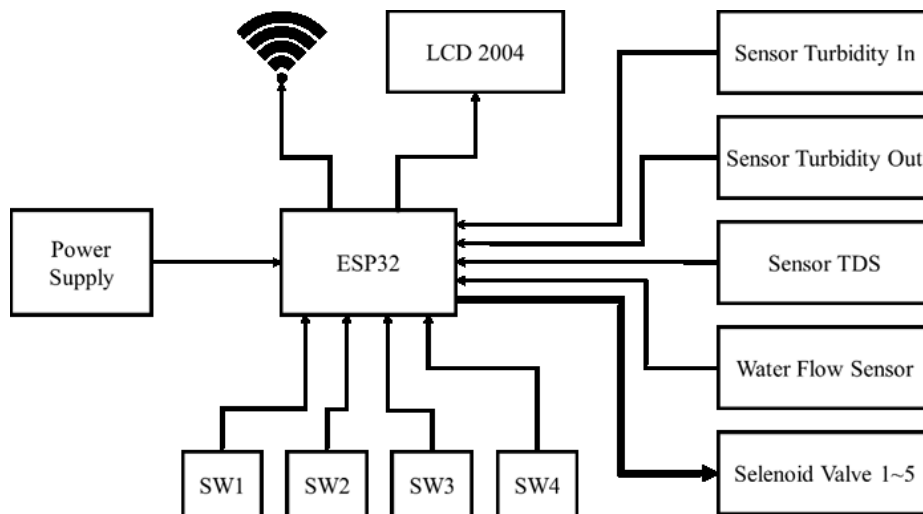
difilter dan memberi peringatan untuk mengganti filter serta dapat dipantau dimana saja via internet (IoT). Pada penelitian lain hanya memfilter air tanpa memberi tahu pengguna bawa filter sudah harus diganti.

II. METODE PENELITIAN

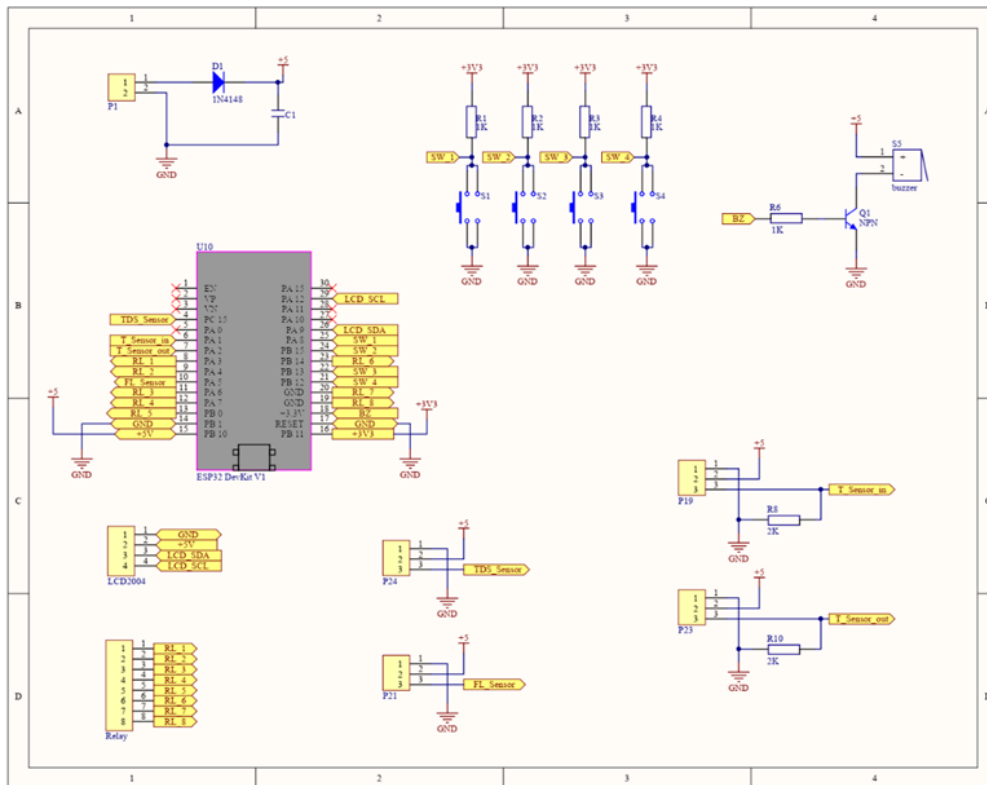
Riset ini menggunakan metode rancang bangun dengan tujuan memudahkan dalam perawatan filter air agar selalu dalam kondisi yang optimal. Dalam metode penelitian ini dibuatlah tahapan rancang bangun yaitu tahap perancangan, tahap pembuatan dan tahap pengujian. Keberhasilan dari peralatan diperoleh dengan observasi dan pengujian. Gambar 2 menunjukkan blok diagram yang berfungsi untuk mempermudah memahami alur kerja dari sistem.



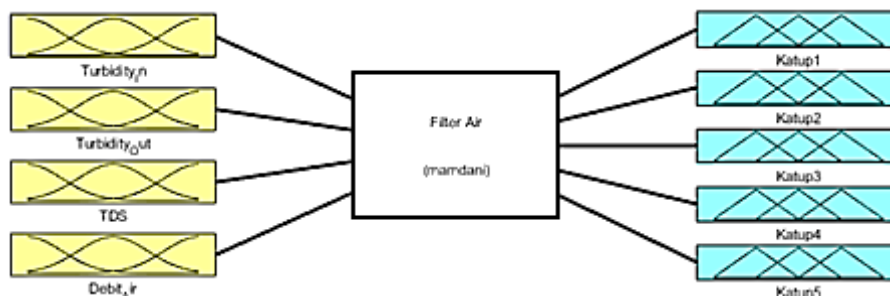
Gambar 1. Diagram venn penelitian



Gambar 2. Diagram blok penelitian



Gambar 3. Diagram skematik penelitian



Gambar 4. Konfigurasi input output logika fuzzy

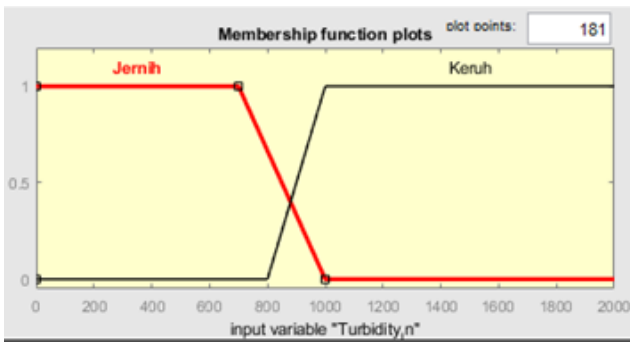
Tabel 2. Operasi filter air

Operasi	Katup 1	Katup 2	Katup 3	Katup 4	Katup 5
Normal	OFF	ON	OFF	ON	OFF
Back-wash	ON	OFF	ON	OFF	OFF
Clean	OFF	ON	OFF	OFF	ON
Stop	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

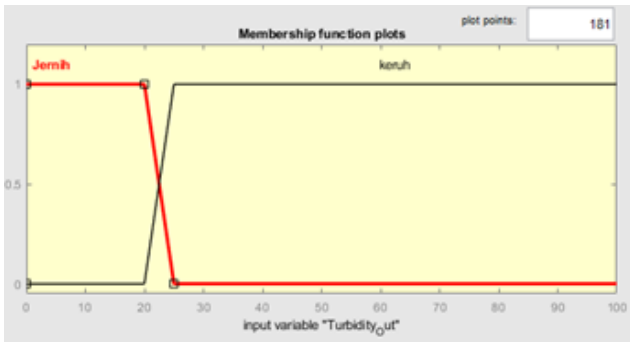
Terdapat sensor kekeruhan air yang akan mendeteksi kualitas air sebelum di filter dan setelah di filter. Sensor TDS (*Total Dissolved Solids*) juga digunakan untuk menilai kualitas keluaran air. Pada diagram tersebut juga terdapat *water flow meter* untuk mengetahui debit air yang keluar. Aliran air dikontrol oleh 5 katup elektronik yang akan menentukan operasi dari filter tersebut. Terdapat 4 operasi pada sistem tersebut yaitu: Normal, Backwash, Clean, dan Stop. Lebih lengkap

mengenai operasi filter air dapat dilihat pada Tabel 2.

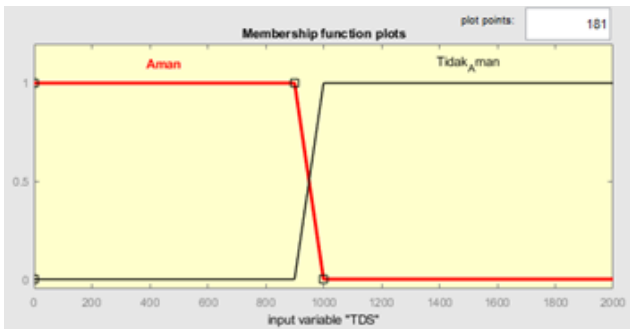
Rangkaian ini menggunakan ESP sebagai kontrolernya, yang membaca masukan dari sensor *turbidity* dan TDS untuk mendeteksi kualitas air. LCD 20x4 digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan sensor kemudian akan dikelola oleh kontroler dan akan mengaktifkan *solenoid valve* yang dapat dilihat pada Gambar 3. Data yang dikumpulkan berupa nilai sensor dari berbagai kondisi. Peneliti mensimulasikan sebuah kondisi untuk mengambil data. Selain itu diambil data mengenai debit air, kualitas air dan pengiriman ke *database* dengan menguji alat dan mengukur hasil dalam bentuk grafik dan tabel, sehingga keseluruhan *input* dan *output* dikontrol oleh mikrokontroler seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Katup dan sensor air akan dikontrol oleh ESP32 dan *data monitoring* akan ditampilkan pada LCD display.



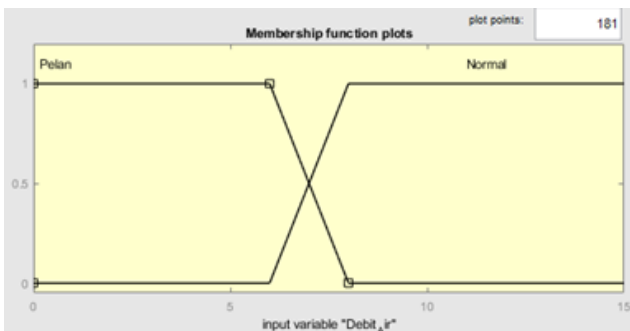
Gambar 5. Fungsi keanggotaan *turbidity in*



Gambar 6. Fungsi keanggotaan *turbidity out*



Gambar 7. Fungsi keanggotaan TDS



Gambar 8. Fungsi keanggotaan *flow meter*

Riset ini menggunakan model fuzzy Mamdani dengan aturan hubungan *and* dan Memiliki 4 input yaitu: Turbidity In, Turbidity Out, TDS dan debit air, sedangkan outputnya berupa kondisi ON-OFF katup 1-5 seperti pada Gambar 4. Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8 menunjukkan fungsi keanggotaan input yang dirancang untuk Turbidity In, Turbidity Out, TDS dan debit air.

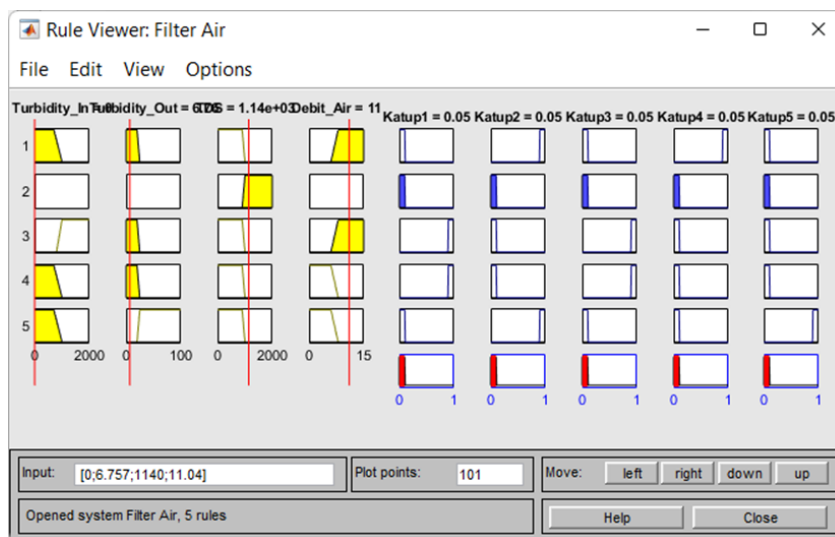
Rule pada logika fuzzy sebagai berikut:

1. If (Turbidity_in is Jernih) and (Turbidity_Out is Jernih) and (TDS is Aman) and (Debit_Air is Normal) then (Katup1 is OFF) (Katup2 is ON) (Katup3 is OFF) (Katup4 is ON) (Katup5 is OFF)
2. If (TDS is Tidak_Aman) then (Katup1 is OFF) (Katup2 is OFF) (Katup3 is OFF) (Katup4 is OFF) (Katup5 is OFF)
3. If (Turbidity_in is Keruh) and (Turbidity_Out is Jernih) and (TDS is Aman) and (Debit_Air is Normal) then (Katup1 is ON) (Katup2 is OFF) (Katup3 is ON) (Katup4 is OFF) (Katup5 is OFF)
4. If (Turbidity_in is Jernih) and (Turbidity_Out is Jernih) and (TDS is Aman) and (Debit_Air is Pelan) then (Katup1 is ON) (Katup2 is OFF) (Katup3 is ON) (Katup4 is OFF) (Katup5 is OFF)
5. If (Turbidity_in is Jernih) and (Turbidity_Out is Keruh) and (TDS is Aman) and (Debit_Air is Normal) then (Katup1 is OFF) (Katup2 is ON) (Katup3 is OFF) (Katup4 is OFF) (Katup5 is ON)

Dengan menggunakan metode min, akan dipilih nilai minimum dari hasil de-fuzzyfikasi. Fungsi keanggotaan fuzzy, serta himpunan fuzzy dalam aturan inferensi akan menentukan hasil akhir dari proses kontroler logika fuzzy. Kami menggunakan Fuzzy Toolbox Matlab untuk mensimulasikan proses de-fuzzyfikasi, dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Simulasi logika fuzzy rule 1



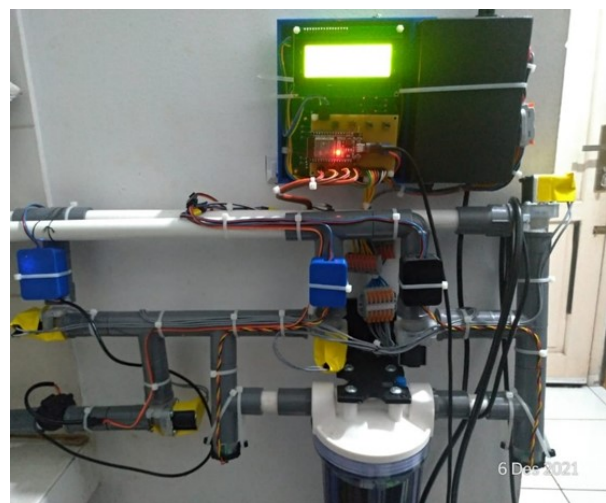
Gambar 10. Simulasi logika Fuzzy rule 2

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan rancangan dari alat dan sistem yang dibuat, maka berikut hasil percobaan dari setiap tahapan dengan pengujian dan pengolahan data dengan logika fuzzy sesuai klasifikasi yang telah ditentukan melalui Matlab.

A. Implementasi Hardware

Pembuatan *hardware prototype* menggunakan filter air 10 inch yang umum dipasaran yang hubungkan dengan solenoid dan sensor menggunakan pipa 1/2 inch. Untuk kontrolnya menggunakan PCB yang dicetak dengan CNC dan *chasing* berupa 3D printer seperti Gambar 11.



Gambar 11. Hasil akhir purwarupa

B. Pengujian Karakteristik Sensor

1. Turbidity Sensor

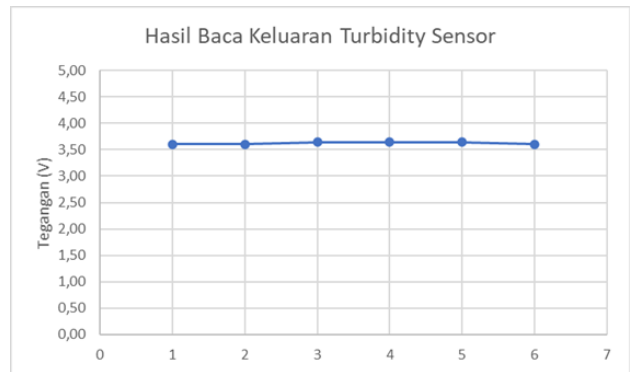
Telah dilakukan pengujian dan pengukuran sebanyak 6 kali dengan sampel air yang sama didapat hasil seperti pada Gambar 12. Berdasarkan grafik, waktu respon *turbidity* sensor cenderung stabil dikisaran 120 ms. Untuk hasil baca keluaran sensor memiliki fluktuasi 0,04 Volt. Ini menandakan bahwa sensor stabil dalam membaca kekeruhan air dan memiliki ketelitian 2 angka dibelakang koma seperti ditunjukkan pada Gambar 13.

2. TDS (Total Dissolve Solids) sensor

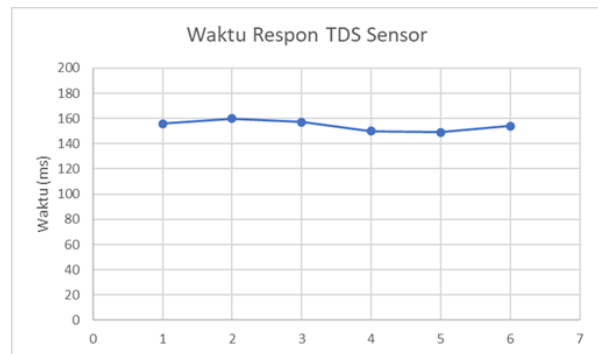
Telah dilakukan pengujian dan pengukuran sebanyak 6 kali dengan sampel air yang sama didapat hasil seperti pada Gambar 14. Berdasarkan grafik, waktu respon TDS sensor cenderung stabil dikisaran 154 ms. Untuk hasil baca keluaran sensor memiliki fluktuasi 0,012 V. Ini menandakan bahwa sensor stabil dalam membaca kandungan air dan memiliki ketelitian 3 angka dibelakang koma yang ditunjukkan pada Gambar 15.

3. Flow meter sensor

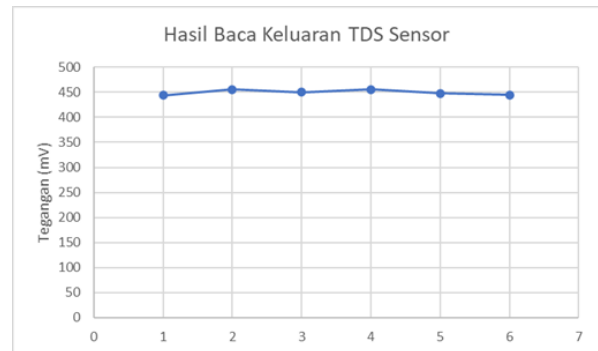
Telah dilakukan pengujian dan pengukuran sebanyak 6 kali dengan laju air yang berbeda didapat hasil seperti pada Gambar 16. Berdasarkan Gambar 16 waktu respon sensor berbanding terbalik dengan dengan laju air. Sehingga jika laju air lambat, waktu respon sensor akan (tinggi) lama. Sebaliknya jika laju air kencang, maka waktu respon sensor semakin rendah (cepat). Dan pada *flow meter* sensor dapat membaca dengan ketelitian 1 Hz.



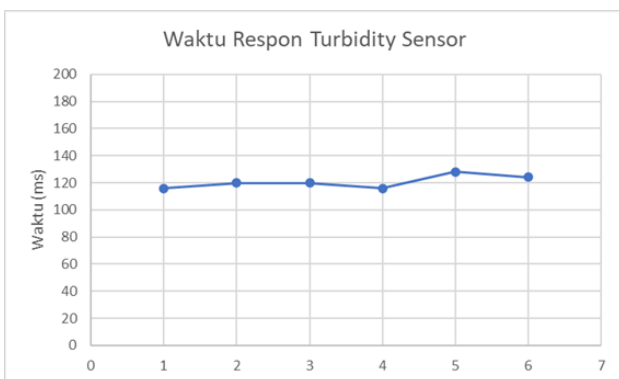
Gambar 13. Hasil keluaran *turbidity* sensor



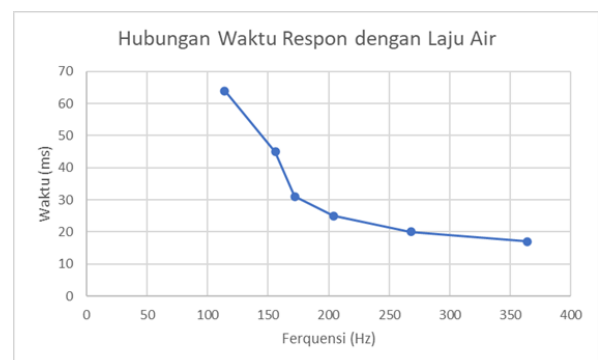
Gambar 14. Waktu respon TDS sensor



Gambar 15. Hasil keluaran TDS sensor



Gambar 12. Waktu respon *turbidity* sensor



Gambar 16. Hubungan waktu respon dengan laju air

C. Waktu Respon Solenoid Valve

Operasi *normal*, *backwash*, *clean*, dan *stop* dipilih berdasarkan hasil pembacaan sensor kualitas air dengan mengaktifkan dan non-aktifkan *solenoid valve*. Untuk mengetahui waktu yang diperlukan pada tiap operasi maka dilakukan percobaan dengan hasil pada Gambar 17. Dari data pengujian yang dapat dianalisis bahwa untuk berubah operasi diperlukan waktu kurang dari 1 detik.

D. Pengukuran Kecepatan Pengiriman Data

Pada penelitian ini, data dari ESP32 dikirim ke *web server* dan disimpan ke *database* untuk kemudian di tampilkan pada laman *monitoring*. Mengirim data dari ESP32 menuju *web server* memiliki jeda waktu yang ditunjukkan pada Gambar 18. Pada pengukuran waktu tunda pengiriman data diatas dilakukan sebanyak 10 kali pengukuran waktu. Dengan hasil seperti Gambar 18 dapat dianalisis bahwa pengiriman data menuju *web server* kurang dari 1 detik.

E. Pengukuran Jarak Maksimal Dengan Akses Poin

Filter air membutuhkan jaringan internet dari akses poin agar dapat bekerja dengan baik. Pada percobaan ini menggunakan *router* BOLT HELIOS BL500 sebagai akses poin. Jarak antara alat dengan akses poin akan mempengaruhi kekuatan sinyal internet dan mempengaruhi kinerja alat. Pengukuran hubungan jarak dengan kekuatan sinyal dari akses poin dapat dilihat pada gambar di bawah.

Gambar 19 menunjukkan bahwa semakin jauh jarak dengan pusat akses poin maka sinyal akan melemah. Dan pada percobaan ini alat tidak dapat terhubung dengan akses poin pada jarak lebih dari 6 meter. Agar alat dapat bekerja dengan baik, alat harus ditempatkan kurang dari 6 meter dari pusat akses poin. Dan pada penelitian ini filter air ditempatkan pada jarak 3 meter dari akses poin.

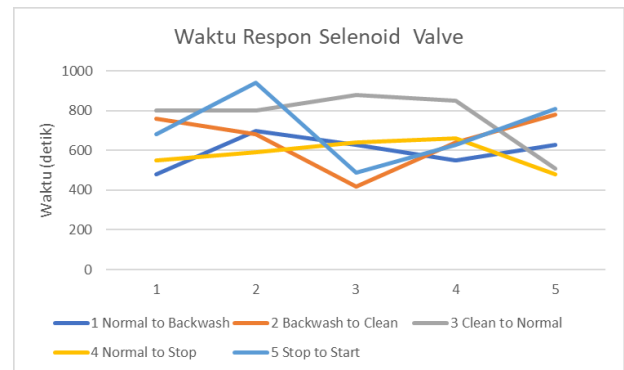
F. Tampilan Web Browser

Gambar 20 menunjukkan tampilan *monitoring* dari kondisi filter air yang telah terhubung ke internet dan membuka alamat web yang telah ditentukan untuk memonitoring filter air.

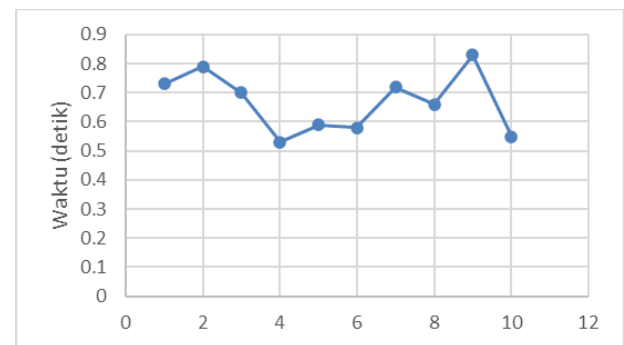
IV. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang filter air dengan sistem *backwash* otomatis berbasis logika fuzzy yang dapat dimonitoring dimana saja dengan IoT. Dari hasil penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa respond time turbidity sensor untuk membaca nilai kekeruhan air, rata – rata sekitar 1,26 detik, untuk TDS sensor rata – ratanya

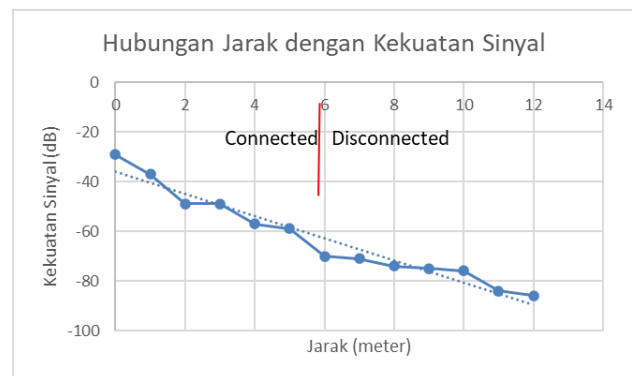
1,20 detik dan untuk flow meter sensor rata - rata 0,86 detik. Untuk ketelitian pembacaan sensor TDS = 1 ppm, sensor turbidity = 1 NTU, dan flow sensor = 0,01 liter/menit. Waktu yang dibutuhkan untuk perpindahan operasi (*Normal – Backwash – Clean – Stop*) memerlukan waktu kurang dari 1 detik. Jarak maksimal filter air dengan akses poin adalah 6 meter. Waktu tunda dari pengiriman data hingga data dapat diterima seutuhnya oleh web server kurang dari 1 detik.



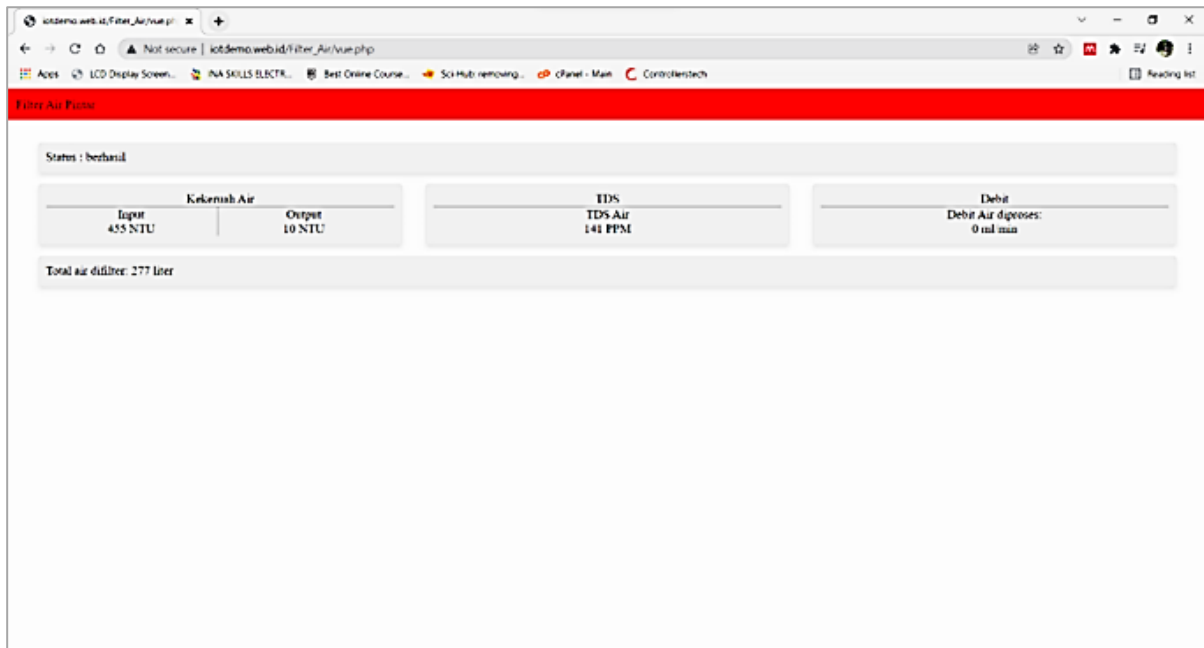
Gambar 17. Waktu respon solenoid valve



Gambar 18. pengukuran waktu tunda pengiriman data



Gambar 19. Hubungan jarak dan kekuatan sinyal



Gambar 20. Tampilan web server

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Universitas Mercu Buana serta Badan Riset dan Inovasi Nasional yang berkontribusi, semoga dimasa depan terpublikasi karya ilmiah yang selanjutnya.

REFERENSI

- [1] D. Komarudin *et al.*, "Analisis Kadar Cemar Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Air Tanah Di Perumahan Perumnas Bekasi," *ISTA Online Teknologi Journal*, vol. 02, no. 32, pp. 8–13, 2021.
- [2] N. C. Putra, Jayanta, and Y. Widiastwi, "Penerapan Logika Fuzzy Untuk Mendeteksi Kualitas Air Higiene Sanitasi Menggunakan Metode Sugeno (Studi Kasus : Air Tanah Kota Bekasi)," *J. Semin. Nas. Mhs. Ilmu Komput. dan Apl.*, vol. 1, no. 4, pp. 693–706, 2020.
- [3] Y. Mei, "Rancang Bangun Sistem Pengolah Air Bersih Standar WHO dan Kemenkes Bagi Warga Dusun Sinan - Desa Gawerejo - Kecamatan Karangbinangun - Kabupaten Lamongan Jawa Timur," *J. Pengabd. dan Pengemb. Masy.*, vol. II, no. 5, pp. 189–201, 2019.
- [4] M. Fatimura, M. Bakrie, A. Wahyudi, and A. Safentry, "Pengolahan Air Sumur Dengan Filter Sistem Backwash Di Kelurahan Mariana Kecamatan Banyuasin I," *J. PKM Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 02, no. 02, pp. 133–141, 2019.
- [5] S. N. Ibrahim, M. S. L. Hakim, A. L. Asnawi, and N. A. Malik, "Automated Water Tank Filtration System Using LDR Sensor," *Proc. - 6th Int. Conf. Comput. Commun. Eng. Innov. Technol. to Serve Humanit. ICCCE 2016*, pp. 195–199, 2016.
- [6] A. T. Nugraha and R. Arifuddin, "Water Purification Technology Implementation Design," *JEEMECES (Journal Electr. Eng. Mechatron. Comput. Sci.)*, vol. 3, no. 2, pp. 143–148, 2020.
- [7] L. C. Supriya and S. Gayathri, "Automatic Back-Wash Filtering System," *Int. J. Pure Appl. Math.*, vol. 120, no. 6, pp. 6385–6400, 2018.
- [8] B. Erfianto and A. G. Putrada, "Water filter automation system using fuzzy logic controller," *2019 7th Int. Conf. Inf. Commun. Technol. ICoICT 2019*, pp. 1–6, 2019.
- [9] F. Akhter, H. R. Siddiquei, M. E. E. Alahi, K. P. Jayasundera, and S. C. Mukhopadhyay, "An IoT-Enabled Portable Water Quality Monitoring System With MWCNT/PDMS Multifunctional Sensor for Agricultural Applications," *IEEE Internet Things J.*, vol. 9, no. 16, pp. 14307–14316, Aug. 2022.
- [10] D. Petrov, K.-F. Taron, U. Hilleringmann, and T.-H. Joubert, "Low-cost Sensor System for on-the-field Water Quality Analysis," in *2021 Smart Systems Integration (SSI)*, Apr. 2021, pp. 1–4.
- [11] L. M. Silalahi, A. D. Rochendi, I. Kampono, M. Husni, R. Sutiadi, and others, "Alat Bantu Training Elektronika Berbasis Internet Of Things dengan Logika Fuzzy Menggunakan NODEMCU," *KILAT*, vol. 10, no. 2, pp. 287–300, 2021.
- [12] O. Barybin, E. Zaitseva, and V. Brazhnyi, "Testing the Security ESP32 Internet of Things Devices," in *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Oct. 2019, pp. 143–146.
- [13] L. M. Silalahi, M. Alaydrus, A. D. Rochendi, and M. Muhtar, "DESIGN OF TIRE PRESSURE MONITORING SYSTEM USING A PRESSURE

- SENSOR BASE,” *SINERGI*, vol. 23, no. 1, p. 70, Feb. 2019.
- [14] E. Saputra, M. Kabib, and B. S. Nugraha, “Rancang Bangun Sistem Kontrol Debit Air Pada Pompa Paralel Berbasis Arduino,” *J. crankshaft*, vol. 2, no. 1, pp. 73–80, 2019.
- [15] P. A. Darwito, H. Sa’diyah, and M. Raditya, “Rancang Bangun Sistem Pengolah Air Bersih Standar WHO dan Kemenkes Bagi Warga Dusun Sinan-Desa Gawerejo-Kecamatan Karangbinangun-Kabupaten Lamongan Jawa Timur,” *J. Pengabd. dan Pengemb. Masy.*, vol. 2, no. 1, pp. 167–176, 2019.
- [16] Z. Lubis *et al.*, “Kontrol Mesin Air Otomatis Berbasis Arduino Dengan Smartphone,” *Bul. Utama Tek.*, vol. 14, no. 3, pp. 155–159, 2019.
- [17] M. S. Ivanova, “Fuzzy Set Theory and Fuzzy Logic for Activities Automation in Engineering Education,” in *2019 IEEE XXVIII International Scientific Conference Electronics (ET)*, 2019.
- [18] F. S. GrØnvold, J. C. G. Simões, H. Berntsen, L. E. Roseng, and T. Dong, “Low Power Consumption device for Biological Stability Monitoring in Drinking Water,” in *2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, Jul. 2018, pp. 3841–3844.
- [19] Anisha, R. A. Menon, and A. Prabhakar, “Electronically controlled water flow restrictor to limit the domestic wastage of water,” in *2017 International conference on Microelectronic Devices, Circuits and Systems (ICMDCS)*, Aug. 2017, pp. 1–6.