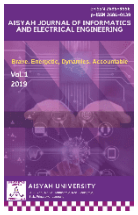
Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering
Universitas Aisyah Pringsewu

Journal Homepage
http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE



IMPLEMENTASI SISTEM FILTRASI AIR BERBASIS *INTERNET OF THINGS* DAN *FUZZY LOGIC* DENGAN MEDIA FILTER LIMBAH SABUT KELAPA BERTENAGA MIKROHIDRO UNTUK KEBUTUHAN MANDI, CUCI DAN KAKUS

Muhammad Ikbal[1], Adill Deswall Agi Firmansyah[2], Shafa Aura Ayu[3], Indra Aditya[4], Muhammad Rully Dwi Permana[5]

[1,4,5]Program Studi Teknik Mesin, [2,3]Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Singaperbangsa Karawang
2310631150066@student.unsika.ac.id, 2310631160002@student.unsika.ac.id,
2310631160034@student.unsika.ac.id, 2310631150060@student.unsika.ac.id,
2310631150069@student.unsika.ac.id

ABSTRACT

This study developed a water filtration device based on a turbidity sensor to assess and improve water suitability for hygiene and sanitation (MCK) purposes. The device is designed to filter contaminants from water by monitoring turbidity levels, using a single turbidity sensor as an indicator of water quality. This filtration method was implemented in a prototype device and tested on various water samples with different turbidity levels. The results showed that the device effectively reduced turbidity levels to meet clean water standards. The use of a turbidity sensor enables real-time water quality monitoring, allowing the device to provide quick and accurate results. This device is expected to serve as a practical solution for household-scale water filtration needs.

Keywords: Filtrasi air, *IoT, Fuzzy, Turbidity Sensor*

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan alat filtrasi air berbasis sensor turbidity untuk menentukan dan meningkatkan kelayakan air untuk penggunaan MCK. Alat ini dirancang untuk menyaring kontaminan dari air dengan memantau tingkat kekeruhan menggunakan satu sensor turbidity sebagai indikator kualitas. Metode filtrasi ini diimplementasikan dalam alat prototipe yang diuji pada beberapa sampel air dengan tingkat kekeruhan berbeda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini efektif dalam menurunkan tingkat kekeruhan hingga mencapai standar air bersih. Penggunaan sensor turbidity memungkinkan pemantauan kualitas air secara real-time, sehingga alat ini dapat memberikan hasil yang cepat dan akurat. Alat ini diharapkan dapat digunakan sebagai solusi praktis untuk kebutuhan filtrasi air di berbagai skala rumah tangga.

Kata Kunci: *Water Filtration, IoT, Fuzzy, Turbidity Sensor*

I. PENDAHULUAN

Bagi makhluk hidup, air merupakan sumber daya alam yang sangat dibutuhkan. Namun dengan semakin meningkatnya pembangunan pabrik industri dan pemukiman akibat adanya pertumbuhan dan perkembangan pada suatu wilayah yang menjadi salah satu penyebab terjadinya peningkatan pencemaran air bersih. Terdapat penelitian yang yang menyatakan bahwa di wilayah Kabupaten Karawang besar pertumbuhan industri skalapada tahun 2017 hingga tahun 2021 rata-rata sebesar 0,9% per tahun. Status mutu Sungai Citarum Kabupaten Karawang dengan pengambilan sampel dari Hulu ke Hilir (Agustus 2021-Januari 2022) adalah tercemar ringan (slightly polluted) dengan pollution index meningkat setiap bulannya [1].

Perilaku sejumlah masyarakat contohnya di Desa Pekan Sawah, Provinsi Sumatera Utara masih memanfaatkan sungai sebagai sarana mandi cuci kakus (MCK) disebabkan oleh kesulitan masyarakat untuk membangun sarana air bersih [2]. Menurut (Puspitasari, 2007) dalam (Budi Utomo, 2020) warga yang mendiami daerah di sekitar bibir Sungai rentan sekali terkena penyakit akibat adanya zat-zat yang merugikan tubuh, yang ditemukan dalam Sungai atau sumber air yang tercemar tersebut [2] [3].

Maka dari itu, diperlukan proses filtrasi air dari sungai agar layak dan aman digunakan untuk MCK. Pada penelitian ini dibuat sistem filtrasi air dan pemantauan hasil filtrasi berbasis IoT dan algoritma Fuzzy Logic untuk memberikan rekomendasi dan menyimpulkan kelayakan air setelah di filtrasi. Alat ini bertenaga mikrohidro untuk menghasilkan Listrik yang akan disuplai ke komponen elektrikal. Pada media filtrasi memanfaatkan limbah sabut kelapa sebagai bahan filtrasi untuk mendukung keberlanjutan dan pengolahan sampah. Dengan demikian proses pengelolaan air dapat menjadi lebih efisien dan efektif dalam menghasilkan air
dengan kualitas yang maksimal.

Artikel ini merupakan hasil orisinil pengembangan alat dari penelitian sebelumnya dengan menggunakan ide yang kami tuangkan sendiri.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Filtrasi

Menurut Trevor Sparks dan George Chase (2015) dalam buku Filters and Filtration Handbook (6th ed.), Filtrasi mengacu pada tindakan memisahkan satu atau lebih fase materi yang berbeda dari yang lain menggunakan perbedaan fisik dalam fase-fase tersebut (seperti ukuran partikel atau kepadatan). Filtrasi banyak digunakan dalam pengolahan air untuk memurnikan dan memisahkan kontaminan [4].

B. Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah konsep teknologi yang melibatkan pemasangan teknologi, seperti sensor atau aplikasi, pada berbagai objek. Tujuannya adalah untuk menghubungkan, berkomunikasi,
mengendalikan, dan bertukar data dari jarak jauh menggunakan perangkat lain melalui jaringan nirkabel dan internet [5].

C. Kualitas Air

Dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 Tahun 1990 Tentang: syarat-syarat dan pengawasan kualitas air, air dibagi menjadi beberapa kategori yaitu air minum, air bersih, air kolam renang, air permandian umum. Air bersih adalah air yang digunakan sehari-hari seperti untuk mencuci peralatan makan dan juga peralatan masak dapat dikatakan sebagai air bersih. Dalam peraturan tersebut ditetapkan beberapa parameter yang harus dimiliki air bersih seperti nilai TDS tidak melebihi 1000 MG/L, dan memiliki nilai pH antara 6,5 – 8,5 [6].

D. Logika Fuzzy

Menurut (Kusumadewi, 2010) dalam buku (Wahyuni, 2021) yang berjudul LOGIKA FUZZY TAHANI (Teori dan Implementasi), logika fuzzy merupakan sebuah logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (fuzzyness) antara nilai benar dan salah. Dengan menggunakan logika fuzzy suatu sistem dapat memiliki keluaran selain benar dan salah. Logika fuzzy mempunyai nilai yang berkelanjutan, fuzzy dinyatakan dalam derajat

dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran [7] [8].

E. MQTT

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) adalah protokol komunikasi yang dirancang khusus untuk aplikasi machine-to-machine (M2M) dan Internet of Things (IoT). Protokol ini bersifat ringan dan efisien, memungkinkan pengiriman data dengan konsumsi bandwidth yang minimal dan latensi yang rendah [9] [10].

F. ESP32

ESP32 adalah sebuah sistem pada chip (SoC) yang dikembangkan oleh Espressif Systems, yang mengintegrasikan kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth dalam satu paket. Protokol ini dirancang untuk aplikasi Internet of Things (IoT) dan machine-to-machine (M2M) dengan fokus pada efisiensi daya dan biaya rendah [11].

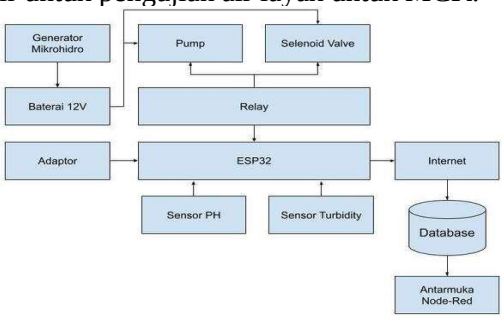
G. Sensor *turbidity*

Sensor turbidity adalah alat yang digunakan untuk mengukur kejernihan atau kekeruhan cairan, biasanya air. Sensor ini berfungsi dengan memancarkan cahaya melalui cairan dan mengukur jumlah cahaya yang terhambur oleh partikel-partikel yang tersuspensi dalam cairan tersebut. Semakin banyak partikel yang ada, semakin banyak cahaya yang terhambur, dan semakin tinggi nilai turbidity yang terbaca [12].

III. METODOLOGI

A. Perancangan system

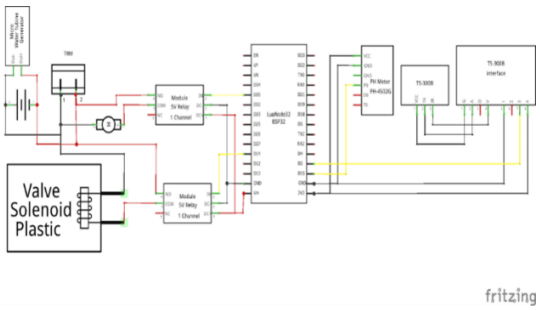
Perancangan system untuk mengontrol proses pada filtrasi yang dilakukan secara otomatis melalui pembacaan pH dan turbidity air untuk pengujian air layak untuk MCK.



Gambar 1. Blok diagram proses

Pada saat perancangan alat memiliki proses awal untuk pembuatan blok diagram agar mempermudah implementasi alat. Tahap awal dalam proses filtrasi ini, generator mikrohidro menghasilkan listrik dari arus air dan dimasukkan pada baterai dengan kapasitas 12V. Lalu baterai tersebut akan menyuplai listrik ke pompa air dan *solenoid valve*. Sistem ini menggunakan 1 pompa air dan 2 *Solenoid Valve* untuk mengatur arah air. Sistem kontrol elektronis menggunakan mikrokontroler ESP32 untuk membaca data dari sensor PH dan *Turbidity* (kekeruhan air), hasil pembacaan sensor ini akan dimasukkan pada program *Fuzzy Logic* untuk menentukan tingkat kelayakan air untuk MCK. ESP32 juga berfungsi untuk mengontrol *relay* yang terhubung dengan *valve* dan pompa. Hasil pembacaan dan pengolahan data pada ESP32 akan dikirimkan lewat internet ke *database* dan *dashboard* antarmuka *website*.

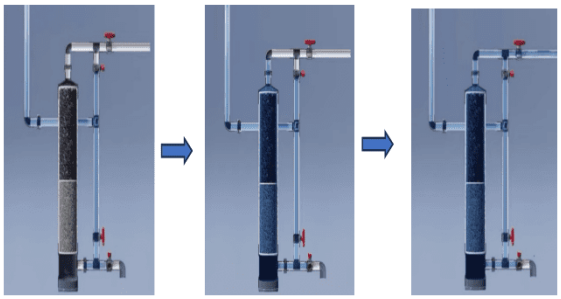
B. Perancangan skematik alat



Gambar 2. Skematik alat

Gambar 2 merupakan skematik alat sistem filtrasi, dimana pada skematik tersebut dipaparkan diagram pengkabelan antar komponen. Sistem ini menggunakan 2 jenis suplai yaitu dari generator mikrohidro yang mengeluarkan 12V untuk aktuator dan adaptor dengan keluaran tegangan 5V untuk ESP32. Sensor PH dan Turbidity yang digunakan dihubungkan pada pin 3.3V ESP32 sedangkan untuk relay menggunakan pin Vin sebagai sumber dari mikrokontroler.

C. Desain alat filtrasi dan keseluruhan alat

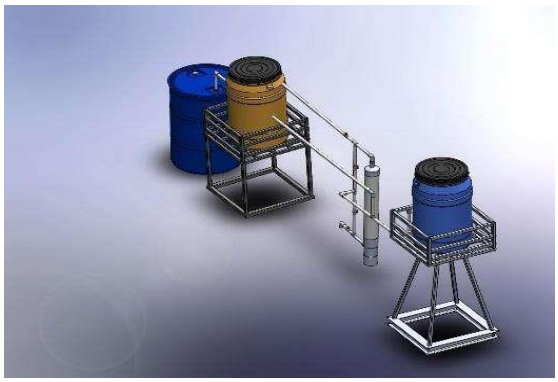


Gambar 3. Sistem Kerja Tabung Filtrasi

Pada gambar diatas, proses filtrasi dimulai dengan air dari pengendapan menuju tabung filter lalu air naik dari bawah ke atas ketika proses filtrasi dilakukan lalu, *valve* 2 terbuka untuk ke penampungan akhir. Media filtrasi yang digunakan pada sistem ini adalah sabut kelapa, pasir silika, batu zeolit, karbon aktif, dan pasir magnesium yang diberi sekat oleh kain flanel. struktur sabut kelapa tersusun atas lignoselulosa (selulosa, lignin, dan hemi selulosa) yang secara alami berpori sehingga kedua bahan tersebut dapat digunakan sebagai media filtrasi dan absorpsi selain itu, bahan ini mampu menurunkan bahan organik dan logam pada air.

Pasir silika digunakan karena mampu menangkap partikel halus, meningkatkan kejernihan dan mengurangi kekeruhan air. batu zeolit mampu mengikat logan-logam pada air dan menurunkan nilai kandungan logam besi pada air tersebut. Karbon aktif mampu mengabsorpsi kontaminan organik, bau, dan rasa yang tidak diinginkan. Pasir magnesium efektif dalam menghilangkan zat besi dan mangan yang sering menyebabkan warna, bau, dan kerak pada peralatan.

Gambar 4. Desain Keseluruhan Alat Sistem Filtrasi



Pembuatan desain awal dari keseluruhan alat ini diperlukan sebagai acuan dalam proses perancangan keseluruhan alat ini.

D. Perancangan *fuzzy*

Perancangan monitoring kualitas air dengan metode Fuzzy Logic Tsukamoto menggunakan 2 parameter yaitu pH dan Turbidity untuk mengindikasikan kualitas air yang baik untuk kebutuhan MCK. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil sampel air kotor untuk selanjutnya diuji dengan sensor dan diamati melalui IoT. Parameter yang biasa diukur adalah konsentrasi ion hidrogen (pH). Kualitas air yang baik untuk kebutuhan MCK berkisar antara 6.5 – 7.5. Selain parameter nilai pH, parameter lain yang digunakan pada sistem ini yaitu tingkat kejernihan (Turbidity).

Perancangan Fuzzy Logic dilakukan untuk pemrosesan data sensor agar dapat menghasilkan nilai kualitas air yang diperlukan. Fuzzy Logic menerima input dari kedua parameter sensor lalu memprosesnya menjadi nilai indeks kualitas air. Tahapan proses Fuzzy Logic dimulai dengan tahap fuzzifikasi dengan menerapkan fungsi keanggotaan segitiga (Triangle Membership Function) dan fungsi keanggotaan Trapesium (Trapezoid Membership Function). Selanjutnya yaitu proses inferensi dan evaluasi aturan-aturan yang berlaku pada kondisi indeks kualitas air dan mengkombinasikan seluruh kondisi kualitas air yang mungkin untuk mendapatkan hasil yang akurat. Terakhir yaitu proses defuzzifikasi untuk mendapatkan hasil kesimpulan kualitas air yang bagus digunakan untuk kebutuhan MCK.

Tabel 1. Variabel linguistik Input NTU

No	Batas masukan Tegas (NTU)	Variabel Fuzzy
1	0-10	Jernih
2	10-100	Keruh
3	100-1000	Kotor

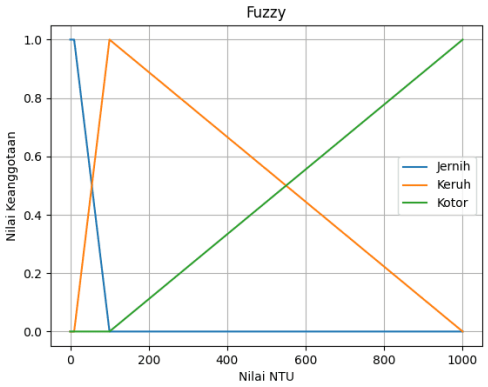
Adapun fungsi keanggotaan input NTU dalam melakukan fuzzifikasi:

$$\mu_{jernih}(x) = \begin{cases} 1, & x < 0 \\ 1, & 0 \le x \le 10 \\ \dfrac{100 - x}{100 - 10}, & 10 < x < 100 \\ 0, & x > 100 \end{cases}$$

$$\mu_{keruh}(x) = \begin{cases} \dfrac{x-10}{100-10}, & 10 < x \leq 100 \\ \dfrac{1000-x}{1000-100}, & 100 < x < 1000 \\ 0, & x < 10, x > 1000 \end{cases}$$

$$\mu_{kotor}(x) = \begin{cases} \dfrac{x-100}{1000-100}, & 100 < x \leq 1000 \\ 1, & 1000 \leq x \leq 4000 \\ 1, & x > 4000 \\ 0, & x < 100 \end{cases}$$

Setelah fungsi keanggotaan ditetapkan, nilai NTU yang diukur akan dihitung derajat keanggotaannya terhadap setiap kategori.



Grafik 1. Grafik Fungsi Keanggotaan Kekeruhan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hardware dan software

Sebagai pendukung kinerja alat. Hardware meliputi: hasil elektronis dan hasil hardware alat. Sedangkan software meliputi: hasil aplikasi IoT, hasil database, dan hasil fuzzy.

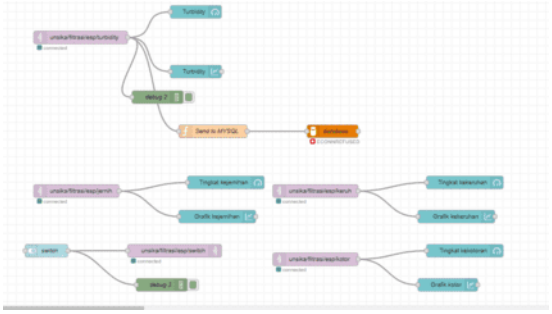
1. Hasil Hardware

Pertama penulis melakukan analisis dari aliran fluida yaitu air, setelah mengetahui aliran fluida penulis membuat penempatan alat dari tinggi ke rendah, dengan ini menghasilkan aliran air secara maksimal untuk mengalir. Pada gambar 4.1 merupakan hasil dari implementasi analisis yang lakukan.

Gambar 4.1 Hardware

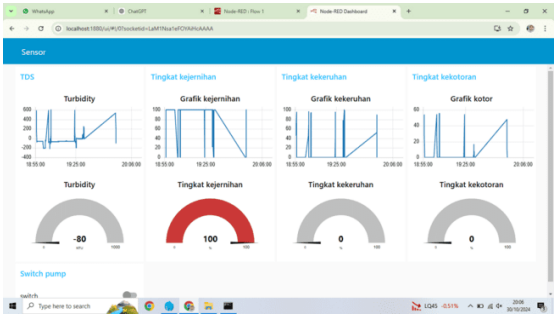
2. Hasil Software

Dalam pembuatan perangkat lunak penulis menggunakan Node-Red sebagai user interface sekaligus penghubung esp32, protokol mqtt dan database. Pada gambar 4.2.1 merupakan node blok yang dibuat untuk melakukan publish dan subscribe. Penulis melakukan publish data sensor dan fuzzy menggunakan node MQTT in dan melakukan subscribe pump menggunakan node MQTT out.



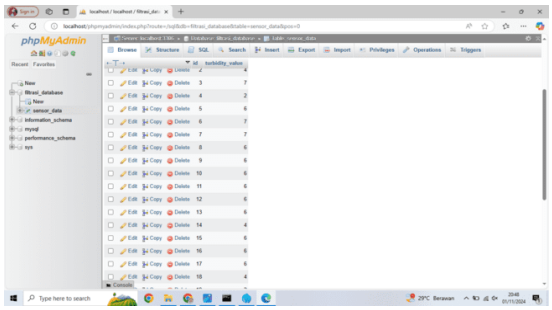
Gambar 4.2.1 Blok node-red

Blok node--red yang telah dibuat sebelumnya telah dihubungkan dengan node pallete gauge dan chart sehingga ketika di deploy kemudian di running di localhost tertampil UI seperti pada gambar 4.2.2. Terdapat 4 grafik yaitu grafik nilai NTU kekeruhan air, tingkat kejernihan, tingkat kekeruhan dan tingkat kekotoran. Selain itu, user juga bisa melakukan kontrol manual pada pump menggunakan tombol switch pada user interface.



Gambar 4.2.2 User interface

Hasil data nilai NTU akan masuk pada database SQL menggunakan phpmyadmin. Berikut pada gambar 4.2.3 adalah hasil penyimpanan data pada database terdapat kolom id dan nilai turbidity yang masuk.



Gambar 4.2.3 Database SQL

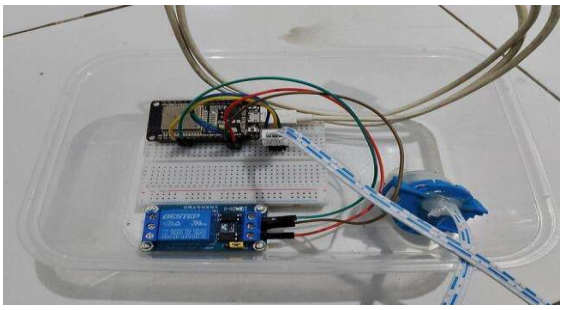
B. Pengujian keseluruhan

Hasil pengujian keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.

No	Waktu	Kekeruhan (NTU)	Tingkat jernih %	Tingkat keruh %	Tingkat kotor %
1	16:10:39	260	0.00	82.22	17.78
2	16:17:32	259	0.00	82.33	17.67
3	16:21:06	258	0.00	82.44	17.56
4	16:22:53	104	0.00	99.56	0.44
5	16:25:02	103	0.00	99.67	0.33
6	16:27:0	101	0.00	99.89	0.11
7	16:29:4	70	33.33	66.67	0.00
8	16:31:8	69	34.44	65.56	0.00
9	16:33:12	68	35.56	64.44	0.00
10	16:35:16	49	56.67	43.33	0.00
11	16:37:20	48	57.78	42.22	0.00
12	16:39:24	47	58.89	41.11	0.00
13	16:41:28	18	91.11	8.89	0.00
14	16:43:32	17	92.22	7.78	0.00
15	16:45:36	16	93.33	6.67	0.00
16	16:47:40	8	100.00	0.00	0.00
17	16:49:44	7	100.00	0.00	0.00
18	16:51:48	3	100.00	0.00	0.00
19	16:53:52	2	100.00	0.00	0.00
20	16:55:56	1	100.00	0.00	0.00

C. Pengujian blackbox



Gambar 4.3.1 Blackbox

Pada bagian ini dijelaskan skenario pengujian blackbox untuk sistem filtrasi, yaitu pengujian hardware dan software. pengujian hardware dilakukan dengan pengecekan konektivitas mikrokontroler ESP32 dengan internet dan kemampuan ESP32 dalam membaca data NTU sensor turbidity dan melakukan pengendalian terhadap kontrol air dengan valve dan pump. pengujian software dilakukan dengan menguji kemampuan ESP32 dalam pengiriman data ke platform web seperti MQTT, Node-Red dan SQL database.

Kelas uji	Skenario pengujian	Hasil yang diharapkan	Kesimpulan
Hardware	Konektivitas ESP32	ESP32 terhubung ke internet	Valid
	Pembacaan sensor turbidity	Sensor mendeteksi 0-1000 NTU	Valid
	ESP32 dapat mengontrol valve dan pump	Valve dan pump secara otomatis bergantian tergantung kelayakan air	Valid
software	Prototol MQTT	ESP dapat mengirimkan data ke MQTT	Valid
	Node-Red Platform	Node-Red menampilkan data sesuai dengan data MQTT	Valid
	SQL database	Node-Red mengirimkan data ke SQL	Valid

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Pada penelitian ini dibuat sistem filtrasi air dan pemantauan hasil filtrasi berbasis IoT dan

algoritma *Fuzzy Logic* untuk memberikan rekomendasi dan menyimpulkan kelayakan air setelah di filtrasi. Alat ini dirancang dengan tujuan untuk menghasilkan kualitas air yang sesuai dengan standar kualitas air yang dipergunakan untuk MCK dengan mengotomatisasi sistem dan membuatnya berbasis IoT sehingga bisa dipantau secara *real time*. Memaksimalkan proses filtrasi dengan adanya system control dan pemantauan pada kekeruhan (*turbidity)* air.

Dalam prosesnya, sensor memerlukan setidaknya 20 kali iterasi untuk menentukan apakah air sudah layak atau belum.

B. Saran

Adapun beberapa saran yang mungkin dapat kami berikan yang dapat digunakan dalam penelitian dan pengembangan alat yang serupa di masa yang akan datang.

1. Tambahkan Sensor Lain: Selain turbidity, Anda bisa mempertimbangkan sensor tambahan seperti sensor pH, sensor Total Dissolved Solids (TDS), atau sensor konduktivitas. Ini akan membantu memantau parameter lain yang bisa menunjukkan tingkat kemurnian dan keamanan air.
2. Kalibrasi dan Pemeliharaan Sensor: Pastikan sensor turbidity selalu dikalibrasi agar tetap akurat. Sensor turbidity mudah terpengaruh oleh penumpukan partikel, sehingga memerlukan pembersihan dan kalibrasi rutin.
3. Pemantauan Tekanan Air: Filter yang tersumbat akan menyebabkan penurunan tekanan air, yang bisa memengaruhi efektivitas filtrasi. Menambahkan sensor tekanan dapat membantu mendeteksi kapan filter mulai tersumbat, sehingga bisa dilakukan pembersihan atau penggantian.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Z. W. A. I. P. Nur Qalbi Faagna, "Pengaruh Aktivitas Industri Terhadap Kualitas Air Sungai Kabupaten Karawang," *Jurnal Industry Xplore,* Pp. 368-377, 2024.

[2] S. M. S. K. T. Budi Utomo, "Pembuatan Pompa Sumur Dalam (Deep Well) Untuk Menyediakan Air Bersih Bagi Masyarakat," *Prosiding Pkm-Csr,* Pp. 2655-3570, 2020.

[3] D. E. Puspitasari, "Dampak Pencemaran Air Terhadap Kesehatan Lingkungan Dalam Peerspektif Hukum Lingkungan (Studi Kasus Sungai Code Di Kelurahan Wirogunan Kecamatan Mergangsan Dan Kelurahan Prawirodirjan Kecamatan Gondomanan Yogyakarta," *Mimbar Hukum,* Pp. 23-24, 2009.

[4] T. Sparks And G. Chase, Filters And Filtration Handbook, 6th Ed., Butterworth-Heinemann, 2015.

[5] Y. Yudhanto And A. Azis, Pengantar Teknologi Internet Of Things (Iot), Unspress, 2019.

[6] Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 Tahun 1990 Tentang: Syarat-Syarat Dan Pengawasan Kualitas Air.

[7] S. P. H. Kusumadewi, Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan. Cetakan Pertama, 2nd Ed., Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.

[8] I. Wahyuni, Logika Fuzzy Tahani (Teori Dan Implementasi), Depok: Komojoyo Press (Anggota Ikapi), 2021.

[9] D. B. Prasetyo, Protokol Jaringan Dalam Internet Of Things, Yogyakarta: Lppm Upn “Veteran” Yogyakarta, 2020.

[10] A. Antonić, M. Marjanović, P. Skočir And I. P. Žarko, "Comparison Of The Cupus Middleware And Mqtt Protocol For Smart City Services," *13th International Conference On Telecommunications (Contel),* Pp. 1-8, 2015.

[11] E. W. Pratama And A. Kiswantono, "Electrical Analysis Using Esp-32 Module In Realtime," *Journal Of Electrical Engineering And Computer Sciences* , Vol. 7, No. 2, Pp. 1273-1284, 2022.

[12] I. A. Aziz, H. Setyawan And M. A. Auliq, "Desain Prototipe Sistem Filtrasi Limbah Produksi Tahu Dengan Menggunakan Sensor Ph Dan Sensor Turbidity Berbasis Arduino Mega," *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputasi (Elkom),* Vol. 5, No. 2, Pp. 225-237, 2023.