

ANALISIS KINERJA SENSOR PH DAN TURBIDITAS UNTUK MENDETEKSI KINERJA FILTER AIR

Yulian Zetta Maulana*¹, Ajun Susilo², Gunawan Wibisono³

^{1,2} Teknik Elektro, Direktorat Kampus Purwokerto, Universitas Telkom, Indonesia

*e-mail: yulianm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Ketersediaan air bersih dengan tingkat kejernihan yang baik masih menjadi permasalahan di berbagai lingkungan rumah tangga, khususnya pada sumber air sumur yang memiliki tingkat kekeruhan dan kualitas yang beragam. Kondisi ini berpotensi menimbulkan risiko kesehatan serta menurunkan kenyamanan pengguna sehingga diperlukan metode pemantauan dan filtrasi air yang efektif. Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja tiga jenis media filtrasi yang berbeda, yaitu filter A berbahan kapas, filter B berbahan turmalin, dan filter C berbahan wool, dalam meningkatkan kualitas air sumur. Kebaruan penelitian terletak pada integrasi sistem monitoring kualitas air berbasis sensor pH dan sensor Turbiditas yang digunakan untuk mengevaluasi serta membandingkan performa beberapa media filtrasi secara real-time pada tiga sumber air sumur dengan karakteristik yang berbeda. Pengukuran derajat keasaman dan tingkat kekeruhan dilakukan menggunakan sensor pH dan sensor Turbiditas yang terhubung dengan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama, sedangkan hasil pengukuran ditampilkan pada LCD 16×2. Setiap media filtrasi diuji menggunakan 10 sampel air untuk memperoleh hasil yang representatif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor pH memiliki tingkat akurasi sebesar 97,63%, sedangkan sensor Turbiditas mencapai akurasi sebesar 91,70%, sehingga keduanya layak digunakan sebagai instrumen pemantauan kualitas air. Dari sisi performa filtrasi, filter A dan filter B menunjukkan kinerja terbaik dengan menghasilkan tingkat kekeruhan sebesar 0 NTU pada seluruh pengujian, sedangkan filter C menghasilkan nilai kekeruhan yang bervariasi pada setiap sumber air. Selain itu, sumber air sumur X memiliki kualitas awal terbaik dengan tingkat kekeruhan di bawah 355 NTU dan nilai pH rata-rata 7,19. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis sensor mampu memberikan pengukuran kualitas air secara akurat serta mendukung proses pemilihan media filtrasi yang paling efektif. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi sederhana dan berbiaya rendah untuk pemantauan kualitas air rumah tangga serta mendukung pengembangan sistem filtrasi air berbasis Internet of Things (IoT) pada penelitian selanjutnya.

Kata kunci: Air Jernih; Arduino Uno; Filter; Sensor pH; Sensor Turbiditas.

Abstract

The availability of clean water with adequate clarity remains a significant challenge in many household environments, particularly for well water sources that exhibit varying levels of Turbidity and water quality. This condition may pose health risks and reduce user comfort, highlighting the need for effective water monitoring and filtration methods. This study aims to analyze the performance of three different filtration media, namely Filter A made of cotton, Filter B made of tourmaline, and Filter C made of wool, in improving well water quality. The novelty of this research lies in the integration of a water quality monitoring system based on pH and Turbidity sensors to evaluate and compare the performance of multiple filtration media in real time across three well water sources with different characteristics. Water quality measurements were conducted using a pH sensor to determine the acidity level and a Turbidity sensor to measure water Turbidity. Both sensors were connected to an Arduino Uno as the main microcontroller, while the measurement results were displayed on a 16×2 LCD. Each filtration medium was tested using ten water samples to ensure representative results. The experimental results showed that the pH sensor achieved an accuracy of 97.63%, while the Turbidity sensor achieved an accuracy of 91.70%, indicating that both sensors are suitable for water quality monitoring applications. In terms of filtration performance, Filter A and Filter B demonstrated the best results, producing a Turbidity level of 0 NTU in all tests, whereas Filter C produced varying Turbidity values depending on the water source. Furthermore, Well Water Source X exhibited the best initial water quality, with Turbidity levels below 355 NTU and an average pH value of 7.19. The findings indicate that the proposed sensor-based monitoring system is capable of accurately assessing water quality and supporting the selection of the most effective filtration medium. This research is expected to provide a simple and cost-effective solution for household water quality monitoring and serve as a foundation for the future development of Internet of Things (IoT)-based water filtration systems.

Keywords: Arduino Uno; Clean Water; Filter; pH sensor; Turbidity Sensor;

1. PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan dasar manusia yang berperan penting dalam menjaga kesehatan, kesejahteraan, dan kualitas hidup masyarakat. Namun, pencemaran air masih menjadi permasalahan global yang serius. Laporan terbaru WHO dan UNICEF menunjukkan bahwa sekitar 2,1 miliar penduduk dunia

atau satu dari empat orang masih belum memiliki akses terhadap layanan air minum yang dikelola secara aman, termasuk 106 juta orang yang masih menggunakan sumber air permukaan tanpa pengolahan yang memadai [1]. Selain itu, sekitar 3,4 miliar penduduk dunia belum memiliki akses terhadap sanitasi yang dikelola secara aman, sedangkan 1,7 miliar penduduk masih kekurangan layanan higiene dasar [1]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kualitas air masih menjadi tantangan utama dalam pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya tujuan ke-6 mengenai akses air bersih dan sanitasi yang layak.

Menurut WHO, pada tahun 2022 sedikitnya 1,7 miliar penduduk dunia masih menggunakan sumber air minum yang terkontaminasi limbah fekal, sehingga meningkatkan risiko penyebaran penyakit seperti diare, kolera, disentri, tifus, dan polio [2]. Air minum yang terkontaminasi diperkirakan menyebabkan sekitar 505.000 kematian akibat diare setiap tahun, terutama di negara berkembang yang memiliki keterbatasan akses terhadap sumber air bersih dan sanitasi yang memadai [2]. Oleh karena itu, pemantauan kualitas air secara berkelanjutan menjadi salah satu langkah penting dalam upaya perlindungan kesehatan masyarakat.

Sistem filtrasi air umumnya digunakan untuk meningkatkan kualitas air dengan mengurangi partikel tersuspensi dan menstabilkan kondisi air. Berbagai media filtrasi seperti pasir, karbon aktif, zeolit, dan filter kapas telah dikembangkan untuk meningkatkan kinerja filtrasi. Namun, setiap metode filtrasi memiliki kemampuan yang berbeda dalam mengurangi kekeruhan dan menjaga stabilitas pH air. Oleh karena itu, analisis komparatif diperlukan untuk menentukan metode filtrasi yang paling efektif untuk meningkatkan kejernihan dan kualitas air [3] [4].

Perkembangan teknologi terkini telah memungkinkan pemantauan kualitas air dilakukan secara otomatis menggunakan sistem berbasis sensor. Sensor kekeruhan dapat mendeteksi konsentrasi partikel tersuspensi dalam air, sedangkan sensor pH mampu mengukur tingkat keasaman atau alkalinitas air secara real-time. Integrasi sensor-sensor ini dengan mikrokontroler dan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan sistem pemantauan kualitas air yang lebih efisien, akurat, dan berkelanjutan [5] [6].

Sistem pemantauan nirkabel untuk penilaian kualitas air telah menunjukkan kinerja yang andal dalam mengukur nilai pH dan kekeruhan secara terus menerus [7]. Kerangka kerja berbasis IoT canggih untuk pemantauan kualitas air juga menunjukkan bahwa sistem sensor terintegrasi dapat memberikan solusi yang akurat dan hemat biaya untuk pengelolaan air bersih [8]. Studi serupa yang dilakukan di komunitas terpencil membuktikan bahwa sistem pemantauan waktu nyata efektif untuk meningkatkan akses masyarakat terhadap sumber air bersih [9]. Selain itu, sistem pemantauan cerdas yang terintegrasi dengan platform IoT telah menunjukkan akurasi dan keandalan yang tinggi dalam menjaga parameter kualitas air [10].

Penelitian [11] mengembangkan sistem monitoring dan filtrasi kekeruhan air berbasis Internet of Things (IoT) pada tangki penampungan air. Sistem tersebut memanfaatkan sensor Turbiditas untuk memantau tingkat kejernihan air secara real-time. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sensor Turbiditas dapat meningkatkan efektivitas pemantauan kualitas air dan mempermudah proses evaluasi sistem filtrasi secara otomatis. Selanjutnya, penelitian [12] mengembangkan sistem monitoring tingkat pH dan kekeruhan air untuk menentukan kelayakan konsumsi air. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi sensor pH dan Turbiditas mampu memberikan informasi kualitas air yang lebih lengkap dibandingkan penggunaan satu parameter saja. Integrasi kedua sensor tersebut dinilai dapat meningkatkan akurasi dalam proses identifikasi kondisi air.

Penelitian lain [13] mengembangkan sistem monitoring kualitas air berbasis IoT yang mampu mengukur parameter pH, Turbiditas, suhu, dan total dissolved solids (TDS) secara real-time. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan pemantauan kualitas air secara berkelanjutan dengan tingkat akurasi yang baik. Selain itu, integrasi teknologi IoT memungkinkan proses pemantauan dilakukan secara lebih efisien dan mudah diakses. Penelitian [14] mengembangkan sistem monitoring kualitas air sungai secara real-time dengan metode fuzzy Tsukamoto. Sistem tersebut menggunakan parameter pH dan Turbiditas untuk mengklasifikasikan kualitas air secara otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode fuzzy dapat meningkatkan proses analisis kualitas air serta membantu pengambilan keputusan secara lebih efektif.

Penelitian [15] membahas pengembangan sistem monitoring kualitas air dan filtrasi secara real-time pada aplikasi akuakultur berbasis IoT. Penelitian tersebut menitikberatkan pada peningkatan akurasi sistem filtrasi menggunakan sensor pH dan Turbiditas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis sensor dapat digunakan untuk mengevaluasi performa filtrasi air secara efektif dan berkelanjutan.

Meskipun banyak penelitian telah membahas sistem pemantauan kualitas air, masih terbatas penelitian yang berfokus pada analisis komparatif kinerja filtrasi air berdasarkan kejernihan air menggunakan sensor pH dan kekeruhan secara bersamaan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja beberapa metode filtrasi air dalam meningkatkan kejernihan dan kualitas air menggunakan sensor pH dan kekeruhan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan sistem pemantauan filtrasi air yang efektif, berbiaya rendah, dan waktu nyata untuk aplikasi rumah tangga dan pendidikan.

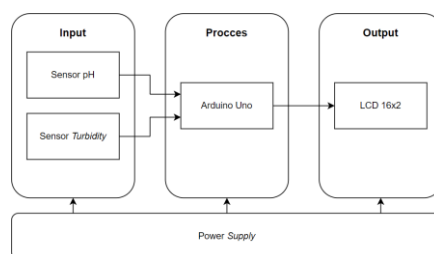
Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada pengembangan metode evaluasi kinerja filtrasi berbasis sensor dengan membandingkan tiga media filtrasi yang berbeda, yaitu kapas, turmalin, dan wool, menggunakan dua parameter kualitas air utama secara simultan, yaitu pH dan kekeruhan. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini tidak hanya melakukan pemantauan kualitas air secara real-time, tetapi juga menganalisis efektivitas masing-masing media filtrasi pada tiga sumber air sumur dengan tingkat kekeruhan awal yang berbeda. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi media filtrasi yang paling efektif berdasarkan kondisi awal air, sehingga menghasilkan metode evaluasi filtrasi yang lebih komprehensif dan aplikatif untuk kebutuhan rumah tangga. Selain itu, penelitian ini menghasilkan data akurasi sensor pH dan sensor Turbiditas dalam aplikasi filtrasi air yang dapat digunakan sebagai dasar pengembangan sistem pemantauan kualitas air berbiaya rendah untuk lingkungan domestik maupun laboratorium pendidikan.

2. METODE

Sistem secara keseluruhan yang terdiri dari empat bagian utama, yaitu power supply, input, proses, dan output. Bagian power supply berfungsi sebagai sumber daya utama yang menyuplai tegangan ke seluruh komponen sistem, termasuk bagian input, unit proses, dan LCD 16×2. Dengan adanya catu daya yang stabil, seluruh komponen dapat bekerja secara optimal selama proses pengukuran dan pengolahan data berlangsung.

Pada bagian input terdapat dua sensor, yaitu sensor Turbiditas Seno 189 dan sensor pH. Sensor Turbiditas digunakan untuk mendeteksi tingkat kejernihan air berdasarkan jumlah partikel tersuspensi yang terdapat di dalam air. Sementara itu, sensor pH berfungsi untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan air. Data hasil pembacaan dari kedua sensor tersebut kemudian dikirimkan ke mikrokontroler sebagai data masukan untuk diproses lebih lanjut. Tahap proses dilakukan oleh Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama sistem. Arduino Uno bertugas membaca, mengolah, dan menganalisis data yang diterima dari sensor Turbiditas dan sensor pH. Pada tahap ini, mikrokontroler melakukan pengolahan terhadap nilai sensor sehingga sistem dapat menginterpretasikan kondisi kualitas air secara akurat berdasarkan tingkat kejernihan dan nilai pH yang terukur.

Selanjutnya, hasil pengolahan data dikirimkan ke bagian output yang menggunakan LCD 16×2 sebagai media tampilan. LCD berfungsi untuk menampilkan informasi hasil pembacaan sensor dalam bentuk nilai numerik secara real-time. Dengan adanya tampilan ini, pengguna dapat memantau tingkat kekeruhan air dan nilai pH air secara langsung sehingga kondisi kualitas air dapat diketahui dengan lebih mudah dan cepat. Untuk blok diagram system dapat dilihat pada gambar 1.



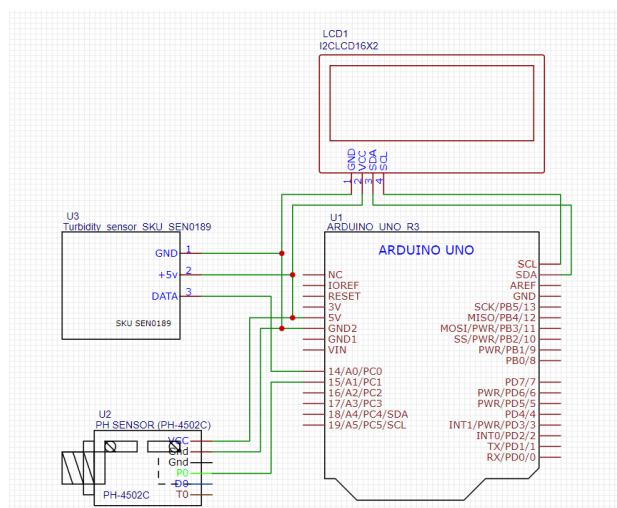
Gambar 1. Blok Diagram

Sementara untuk spesifikasi alat dan bahan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan yang digunakan

No.	Alat dan Bahan
1.	Arduino Uno
2.	Sensor <i>Turbiditas</i>
3.	Sensor pH
4.	LCD 16x2 I2C
5.	Kabel Jumper
6.	Adaptor 5V
7.	Filter A (kapas)
8.	Filter B (turmalin)
9.	Filter C Wool)

Untuk Diagram pengkabelan dapat dilihat pad gambar 2.



Gambar 2. Diagram pengkabelan

Persamaan Terkait dengan perhitungan nilai Turbiditas terdapat pada persamaan 1 dan).

$$V_{out} = \frac{ADC \times 5}{1023} \quad (1)$$

Keterangan:

V_{out} = tegangan keluaran sensor (Volt)

ADC = nilai pembacaan analog dari Arduino

Persamaan konversi tegangan menjadi nilai Turbiditas :

$$NTU = -1120.4V_{out}^2 + 5742.3V_{out} - 4352.9 \quad (2)$$

Keterangan:

NTU = tingkat kekeruhan air

V_{out} = tegangan sensor Turbiditas

Persamaan Terkait dengan perhitungan nilai pH terdapat pada persamaan 3 dan 4. Persamaan konversi tegangan menjadi nilai pH:

$$pH = 7 + \frac{2.5 - V_{pH}}{0.18} \quad (3)$$

atau bentuk linear sederhananya:

$$pH = -5.70V_{pH} + 21.34 \quad (4)$$

Keterangan:

pH = derajat keasaman air

V_{pH} = tegangan keluaran sensor

Error digunakan untuk mengetahui selisih antara hasil pengukuran sensor dan alat referensi (standar). Persamaan error dapat dilihat pada persamaan 5.

$$\text{Error (\%)} = \left| \frac{X_{ref} - X_{sensor}}{X_{ref}} \right| \times 100\% \quad (5)$$

Akurasi dihitung menggunakan persamaan 6 dan 7

$$\text{Akurasi (\%)} = 100\% - \text{Error (\%)} \quad (6)$$

atau dapat dituliskan:

$$\text{Akurasi (\%)} = \left(1 - \left| \frac{X_{ref} - X_{sensor}}{X_{ref}} \right| \right) \times 100 \quad (7)$$

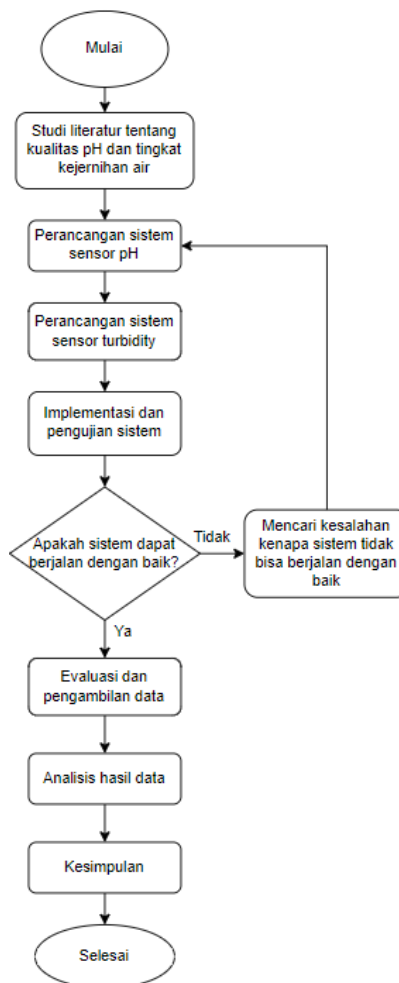
Di mana:

X_{ref} = nilai pengukuran alat referensi (misalnya pH meter atau Turbiditas Meter)

X_{sensor} = nilai pengukuran sensor

Bagian perancangan sistem terdapat dua bagian yaitu perancangan sistem sensor pH dan perancangan sistem sensor Turbiditas. Untuk perancangan yang dimaksud berupa proses suatu perakitan sistem yang akan digunakan untuk pengambilan data dari penelitian kali ini. Pada tahap perancangan software, peneliti mengembangkan program untuk alat pembanding kinerja tingkat kejernihan air. Proses pemrograman ini dijelaskan melalui flowchart, yang memberikan gambaran visual tentang urutan langkah-langkah dalam software tersebut.

Analisis perbandingan kinerja filtrasi air terhadap tingkat kejernihan air dilakukan melalui beberapa tahapan pengujian menggunakan sensor pH dan sensor Turbiditas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas sistem filtrasi dalam meningkatkan kualitas air berdasarkan parameter tingkat keasaman (pH) dan tingkat kekeruhan air. Proses pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor pH terhadap alat ukur standar pH meter, serta menganalisis hasil pengukuran sensor Turbiditas pada beberapa sampel air yang telah difiltrasi. Pengujian menggunakan tiga sumber air sumur yang berbeda, yaitu sumur X, sumur Y, dan sumur Z. Ketiga sumber air tersebut dipilih karena memiliki karakteristik tingkat kekeruhan yang berbeda-beda. Air dari sumur X memiliki kondisi yang relatif lebih jernih atau tidak terlalu keruh, air sumur Y memiliki tingkat kekeruhan sedang, sedangkan air sumur Z memiliki tingkat kekeruhan paling tinggi dibandingkan kedua sumur lainnya. Perbedaan karakteristik air ini digunakan untuk mengetahui kemampuan masing-masing filter. Untuk diagram alir sistem dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir sistem

Dalam penelitian ini digunakan tiga jenis filter air yang berbeda. Filter A menggunakan bahan dasar kapas yang berfungsi menyaring partikel-partikel kasar pada air. Filter B menggunakan bahan dasar turmalin, yaitu batu mineral alami yang dipercaya mampu membantu proses penjernihan air dan meningkatkan kualitas air hasil filtrasi. Sementara itu, filter C menggunakan sistem filtrasi bertahap yang terdiri dari empat lapisan penyaring, yaitu premium grade wool filter sebagai penyaring awal partikel besar, premium natural gravels filter untuk menyaring kotoran berukuran sedang, premium nano-activated carbon untuk mengurangi bau, warna, dan zat pencemar dalam air, serta nano-wool filter sebagai tahap penyaringan akhir agar air menjadi lebih jernih. Dengan adanya variasi jenis filter dan sumber air sumur, penelitian ini dapat memberikan analisis yang lebih jelas mengenai filter yang memiliki performa terbaik dalam meningkatkan kejernihan dan kualitas air.

2. HASIL PENELITIAN

Tingkat akurasi Sensor pH

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pembacaan sensor pH memiliki tingkat kesesuaian yang cukup baik dibandingkan dengan alat ukur standar pH meter. Perbedaan hasil pengukuran antara sensor pH dan pH meter hanya berada pada kisaran 1,7% hingga 2%, sehingga sensor pH dapat dikatakan memiliki tingkat akurasi yang baik dan cukup andal untuk digunakan dalam pengukuran kadar pH air. Tingkat akurasi pengukuran pH dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Akurasi sensor pH dibandingkan dengan pH meter.

No	Nilai Sensor pH	Nilai pH meter	Error	Akurasi (%)	Standar Deviasi	Presisi (%)
1.	4,17	4,01	3,99	96,01	0,94	97,68
2.	4,07	4,01	1,50	98,50		
3.	3,94	4,01	1,75	98,25		
4.	4,09	4,01	2,00	98,00		
5.	3,88	4,01	3,24	96,76		
6.	3,92	4,01	2,24	97,76		
7.	4,07	4,01	1,50	98,50		
8.	4,15	4,01	3,49	96,51		
9.	4,11	4,01	2,49	97,51		
10.	4,07	4,01	1,50	98,50		
Rata-rata	4,06	4,01	2,37	97,63		

Hasil Perbandingan 3 filter terhadap pH

Perbandingan kinerja Filter terhadap 3 jenis sumur yang dijadikan tempat uji pH dapat dilihat pada table 2, 3 dan 4.

Tabel 2. Perbandingan nilai pH pada sumur X

NO	Nilai pH Sebelum Filter	Sumber Air Sumur X		
		Nilai Sensor pH		
		Filter A	Filter B	Filter C
1	7,54	7,54	7,81	7,65
2	7,92	8,19	8,41	7,43
3	7,7	8,08	8,3	7,35
4	7,65	7,7	8,19	7,65
5	7,54	7,49	8,57	7,43
6	7,21	7,32	8,3	7,49
7	7,16	7,11	8,03	7,16
8	6,35	7,67	8,46	7,49
9	6,4	7,56	8,19	7,03
10	6,45	7,51	8,08	7,65
Rata-Rata	7,19	7,61	8,23	7,43

Tabel 3. Perbandingan nilai pH pada sumur Y

NO	Nilai pH Sebelum Filter	Sumber Air Sumur Y		
		Nilai Sensor pH		
		Filter A	Filter B	Filter C
1	7,59	7,92	8,25	7,54
2	7,54	7,87	7,81	8,08
3	7,21	7,49	8,19	8,03
4	7	7,16	7,7	7,7
5	7,27	7,7	8,25	7,59
6	7,26	7,27	7,7	7,32
7	7,38	7,05	8,14	8,03
8	7	7,27	8,08	7,87
9	7,49	7,54	7,87	7,49
10	7,11	7,27	7,49	7,16
Rata-Rata	7,18	7,45	7,94	7,68

Tabel 4. Perbandingan nilai pH pada sumur Z

NO	Nilai pH Sebelum Filter	Sumber Air Sumur Z		
		Nilai Sensor pH		
		Filter A	Filter B	Filter C
1	8,14	8,14	8,57	8,14
2	8,08	7,87	8,32	7,87
3	7,76	7,49	8,3	7,54
4	7,59	8,02	8,08	8,19
5	7,87	7,65	7,65	7,76
6	7,54	7,27	7,7	7,65
7	7,43	7,87	8,59	7,49
8	7,81	7,54	8,03	8,03
9	7,43	7,81	7,68	7,54
10	7,7	7,54	7,48	7,59
Rata-Rata	7,73	7,72	7,94	7,78

Berdasarkan hasil pengujian nilai pH pada ketiga sumber air sumur, yaitu sumur X, sumur Y, dan sumur Z, dapat diketahui bahwa proses filtrasi menggunakan filter A, filter B, dan filter C memberikan pengaruh yang berbeda terhadap perubahan nilai pH air. Pada sumber air sumur X, nilai rata-rata pH sebelum filtrasi sebesar 7,19. Setelah dilakukan filtrasi, filter A menghasilkan rata-rata pH sebesar 7,61, filter B sebesar 8,23, dan filter C sebesar 7,43. Hasil ini menunjukkan bahwa filter B memberikan peningkatan nilai pH paling tinggi dibandingkan filter lainnya, sehingga air cenderung menjadi lebih basa. Sementara itu, filter C menghasilkan nilai pH yang paling mendekati kondisi awal air sumur X. Pada sumber air sumur Y, nilai rata-rata pH sebelum filtrasi sebesar 7,18. Setelah proses filtrasi, filter A menghasilkan rata-rata pH sebesar 7,45, filter B sebesar 7,94, dan filter C sebesar 7,68. Sama seperti pada sumur X, filter B kembali menunjukkan peningkatan nilai pH yang paling besar dibandingkan filter lainnya. Sedangkan pada sumur Z, nilai rata-rata pH sebelum filtrasi sebesar 7,73, kemudian setelah filtrasi diperoleh rata-rata pH sebesar 7,72 pada filter A, 7,94 pada filter B, dan 7,78 pada filter C. Pada sumur Z, perubahan nilai pH relatif lebih kecil dibandingkan dua sumber air lainnya, sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi awal air sumur Z sudah cukup stabil.

Tingkat akurasi Sensor Turbiditas

Berdasarkan hasil pengujian sensor Turbiditas yang ditunjukkan pada tabel, diperoleh nilai pembacaan sensor Turbiditas sebesar 251,35 NTU, sedangkan hasil pengukuran menggunakan alat standar

Turbiditas meter menunjukkan nilai sebesar 274,11 NTU. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan dengan hasil pembacaan yang sama pada setiap percobaan. Hal ini menunjukkan bahwa sensor Turbiditas memiliki tingkat konsistensi pembacaan yang sangat baik. Dari hasil perbandingan tersebut diperoleh nilai error sebesar 8,30%, sehingga tingkat akurasi sensor mencapai 91,70%. Nilai akurasi ini menunjukkan bahwa sensor Turbiditas cukup baik dan layak digunakan untuk pengukuran tingkat kekeruhan air pada sistem filtrasi air.

Selain itu, nilai deviasi standar yang diperoleh sebesar 0 menunjukkan bahwa tidak terdapat perubahan nilai pada setiap pengukuran yang dilakukan. Dengan kata lain, seluruh hasil pembacaan sensor memiliki kestabilan yang sangat tinggi. Nilai presisi yang diperoleh mencapai 100%, yang berarti sensor mampu menghasilkan data yang konsisten pada setiap pengukuran berulang. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sensor Turbiditas memiliki performa yang baik dari sisi konsistensi, presisi, dan akurasi dalam mendeteksi tingkat kekeruhan air, meskipun masih terdapat sedikit selisih dibandingkan alat ukur standar Turbiditas meter. Tabel 5 menunjukkan Tingkat akurasi, presisi dan standar deviasi dari sensor Turbiditas yang digunakan.

Tabel 5. Akurasi sensor Turbiditas dibandingkan dengan pH meter.

No	Nilai sensor Turbidity	Nilai Turbidity Meter	Error	Akurasi	Deviasi Standar	Nilai Presisi
1	251.35 NTU	274.11 NTU	8,30%	91,70	0	100%
2	251.35 NTU	274.11 NTU	8,30%	91,70		
3	251.35 NTU	274.11 NTU	8,30%	91,70		
4	251.35 NTU	274.11 NTU	8,30%	91,70		
5	251.35 NTU	274.11 NTU	8,30%	91,70		
6	251.35 NTU	274.11 NTU	8,30%	91,70		
7	251.35 NTU	274.11 NTU	8,30%	91,70		
8	251.35 NTU	274.11 NTU	8,30%	91,70		
9	251.35 NTU	274.11 NTU	8,30%	91,70		
10	251.35 NTU	274.11 NTU	8,30%	91,70		
Nilai Rata-Rata				91,70		

Hasil Perbandingan 3 filter terhadap Turbiditas

Perbandingan kinerja Filter terhadap 3 jenis sumur yang dijadikan tempat uji Turbiditas dapat dilihat pada table 6, 7 dan 8.

Tabel 6. Perbandingan nilai Turbiditas pada sumur X

NO	Nilai NTU Sebelum Filter	Sumber Air Sumur X		
		Nilai Sensor Turbidity		
		Filter A	Filter B	Filter C
1	355 NTU	0 NTU	0 NTU	0 NTU
2	355 NTU	0 NTU	0 NTU	0 NTU
3	355 NTU	0 NTU	0 NTU	0 NTU
4	355 NTU	0 NTU	0 NTU	0 NTU
5	355 NTU	0 NTU	0 NTU	0 NTU
6	355 NTU	0 NTU	0 NTU	0 NTU
7	355 NTU	0 NTU	0 NTU	0 NTU
8	355 NTU	0 NTU	0 NTU	0 NTU
9	355 NTU	0 NTU	0 NTU	0 NTU
10	355 NTU	0 NTU	0 NTU	0 NTU
Rata- rata		355 NTU	0 NTU	0 NTU

Tabel 7. Perbandingan nilai Turbiditas pada sumur y

NO	Nilai NTU Sebelum Filter	Sumber Air Sumur Y		
		Nilai Sensor <i>Turbidity</i>		
		Filter A	Filter B	Filter C
1	689 NTU	0 NTU	0 NTU	241 NTU
2	689 NTU	0 NTU	0 NTU	241 NTU
3	689 NTU	0 NTU	0 NTU	241 NTU
4	689 NTU	0 NTU	0 NTU	241 NTU
5	689 NTU	0 NTU	0 NTU	241 NTU
6	689 NTU	0 NTU	0 NTU	241 NTU
7	689 NTU	0 NTU	0 NTU	241 NTU
8	689 NTU	0 NTU	0 NTU	241 NTU
9	689 NTU	0 NTU	0 NTU	241 NTU
10	689 NTU	0 NTU	0 NTU	241 NTU
Rata- rata	689 NTU	0 NTU	0 NTU	241 NTU

Tabel 8. Perbandingan nilai Turbiditas pada sumur Z

NO	Nilai NTU Sebelum Filter	Sumber Air Sumur Z		
		Nilai Sensor <i>Turbidity</i>		
		Filter A	Filter B	Filter C
1	1288 NTU	0 NTU	0 NTU	428 NTU
2	1288 NTU	0 NTU	0 NTU	428 NTU
3	1288 NTU	0 NTU	0 NTU	428 NTU
4	1288 NTU	0 NTU	0 NTU	428 NTU
5	1288 NTU	0 NTU	0 NTU	428 NTU
6	1288 NTU	0 NTU	0 NTU	428 NTU
7	1288 NTU	0 NTU	0 NTU	428 NTU
8	1288 NTU	0 NTU	0 NTU	428 NTU
9	1288 NTU	0 NTU	0 NTU	428 NTU
10	1288 NTU	0 NTU	0 NTU	428 NTU
Rata- rata	1288 NTU	0 NTU	0 NTU	428 NTU

Berdasarkan hasil pengujian tingkat kekeruhan air menggunakan sensor Turbiditas pada tiga sumber air sumur, yaitu sumur X, sumur Y, dan sumur Z, diperoleh hasil bahwa setiap sumber air memiliki tingkat kekeruhan awal yang berbeda-beda sebelum dilakukan proses filtrasi. Sumber air sumur X memiliki nilai kekeruhan awal sebesar 355 NTU, sumur Y sebesar 689 NTU, dan sumur Z sebesar 1288 NTU. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sumur X memiliki kondisi air yang paling jernih dibandingkan sumur Y dan sumur Z, sedangkan sumur Z merupakan sumber air dengan tingkat kekeruhan paling tinggi.

Proses filtrasi menggunakan filter A dan filter B, seluruh hasil pengukuran menunjukkan nilai 0 NTU pada ketiga sumber air sumur. Hasil ini menandakan bahwa kedua filter tersebut mampu menurunkan tingkat kekeruhan air secara maksimal hingga air menjadi sangat jernih. Konsistensi hasil juga terlihat pada seluruh percobaan yang dilakukan sebanyak 10 kali pengujian, di mana nilai yang diperoleh selalu sama pada setiap pengukuran. Dengan demikian, filter A dan filter B dapat dikategorikan memiliki efektivitas yang sangat baik dalam proses penjernihan air.

Sementara itu, hasil filtrasi menggunakan filter C menunjukkan performa yang berbeda dibandingkan filter A dan filter B. Pada sumber air sumur X, filter C masih mampu menghasilkan tingkat kejernihan sebesar 0 NTU, sehingga kualitas air setelah filtrasi menjadi sangat jernih. Namun, pada sumber air sumur Y, hasil filtrasi menggunakan filter C menghasilkan nilai rata-rata sebesar 241 NTU, sedangkan pada sumur Z menghasilkan nilai sebesar 428 NTU. Hasil tersebut menunjukkan bahwa filter C masih dapat mengurangi

tingkat kekeruhan air, tetapi belum mampu menjernihkan air secara maksimal seperti filter A dan filter B, terutama pada air dengan tingkat kekeruhan tinggi.

4. DISKUSI

Secara keseluruhan, seluruh hasil pengukuran pH pada ketiga sumber air sumur masih berada dalam rentang standar kualitas air bersih, yaitu antara pH 7 hingga 8,5. Hal ini menunjukkan bahwa proses filtrasi yang dilakukan tidak menyebabkan perubahan pH yang melewati batas standar kelayakan air. Dari ketiga filter yang digunakan, filter B cenderung memberikan peningkatan nilai pH paling tinggi pada setiap sumber air sumur. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kandungan mineral pada bahan turmalin yang mampu memengaruhi tingkat keasaman air. Sementara itu, filter A dan filter C menghasilkan perubahan nilai pH yang lebih stabil dan mendekati nilai awal air sebelum filtrasi. Selain itu, perbedaan tingkat kekeruhan pada masing-masing sumber air sumur tidak memberikan pengaruh yang terlalu signifikan terhadap nilai pH air, karena seluruh sampel tetap menunjukkan nilai pH yang relatif netral hingga sedikit basa setelah proses filtrasi dilakukan. Perbandingan kinerja filter dapat dilihat pada table 9, 10 dan 11.

Tabel 9. Perbandingan nilai pH sebelum dan sesudah difilter

Sumber Air	Sebelum	Filter A	Filter B	Filter C
Sumur X	7,19	7,61	8,23	7,43
Sumur Y	7,18	7,45	7,94	7,68
Sumur Z	7,73	7,72	7,94	7,78

Tabel 10. Perbandingan nilai Turbiditas sebelum dan sesudah difilter

Sumber Air	Sebelum	Filter A	Filter B	Filter C
Sumur X	355	0	0	0
Sumur Y	689	0	0	241
Sumur Z	1288	0	0	428

Tabel 11. Tingkat Efektivitas Filter

Sumber Air	Filter A	Filter B	Filter C
Sumur X	100	100	100
Sumur Y	100	100	65,02
Sumur Z	100	100	66,77

Sementara itu, penggunaan sensor Turbiditas menghadapi tantangan dalam hal kalibrasi yang tidak optimal, yang mengakibatkan perbedaan yang signifikan antara nilai yang diukur oleh sensor Turbiditas dengan *Turbidity* meter. Meskipun demikian, sensor Turbiditas masih memberikan gambaran kasar tentang tingkat kekeruhan air dari setiap sumber sumur. Proses filtrasi menggunakan filter A, B, dan C menunjukkan efektivitas yang berbeda dalam mengurangi kekeruhan air, dengan filter A dan B berhasil menurunkan kekeruhan hingga mendekati 0 NTU, sementara filter C menunjukkan kinerja yang lebih rendah dalam mengurangi kekeruhan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kekeruhan awal air sangat memengaruhi hasil filtrasi, khususnya pada penggunaan filter C. Semakin tinggi tingkat kekeruhan awal air, maka nilai NTU setelah filtrasi juga cenderung lebih tinggi. Dari ketiga filter yang digunakan, filter A dan filter B memiliki performa terbaik karena mampu menghasilkan nilai 0 NTU pada seluruh sumber air sumur, sedangkan filter C memiliki kemampuan filtrasi yang lebih rendah pada air dengan tingkat kekeruhan sedang hingga tinggi. Selain itu, seluruh hasil pengukuran sensor Turbiditas menunjukkan nilai yang konsisten pada setiap percobaan, sehingga sensor dinilai memiliki kestabilan dan presisi yang baik dalam mengukur tingkat kekeruhan air. Berdasarkan hasil penelitian, Filter B berbahan turmalin menunjukkan performa terbaik karena mampu menghasilkan tingkat kekeruhan 0 NTU pada seluruh sampel air sumur sekaligus meningkatkan nilai pH ke rentang yang lebih netral hingga sedikit basa. Dari hasil pengujian pH, Filter B menghasilkan nilai rata-rata pH tertinggi dibandingkan filter lainnya, yaitu: Sumur X: pH 8,23, Sumur Y: pH 7,94, Sumur Z: pH 7,94. Sementara itu, dari sisi kejernihan air, Filter B mampu menurunkan kekeruhan hingga 0 NTU pada seluruh sumber air yang diuji. Hasil ini menunjukkan bahwa media turmalin memiliki kemampuan yang baik dalam menyaring partikel tersuspensi sekaligus membantu menstabilkan karakteristik kimia air. Turmalin merupakan mineral alami yang memiliki struktur kristal kompleks dan luas permukaan yang relatif besar sehingga mampu mengadsorpsi partikel-partikel halus, bahan organik, serta beberapa ion yang terkandung dalam air. Selain itu, turmalin diketahui dapat melepaskan ion mineral dalam jumlah kecil yang berkontribusi terhadap peningkatan pH air menuju kondisi yang lebih netral atau sedikit basa. Oleh karena itu, Filter B tidak hanya berfungsi sebagai media penyaring fisik tetapi juga memberikan efek perbaikan kualitas kimia air.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian pada tiga sumber air sumur yang berbeda, diperoleh bahwa nilai pH air secara keseluruhan berada pada rentang pH 7 hingga 8,5. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas pH air masih berada dalam kategori standar air bersih. Selama proses filtrasi berlangsung, perubahan kadar pH pada air tidak mengalami perbedaan yang terlalu signifikan. Nilai pH sebelum dan sesudah filtrasi hanya mengalami sedikit peningkatan, yaitu dari rata-rata pH di bawah 7,5 menjadi di atas 7,5. Hal ini menunjukkan bahwa proses filtrasi lebih berpengaruh terhadap tingkat kejernihan air dibandingkan terhadap perubahan kadar pH air itu sendiri. Pada pengujian tingkat kekeruhan air, terlihat adanya perubahan yang sangat signifikan setelah proses filtrasi dilakukan. Sebagai contoh, sumber air sumur dengan tingkat kekeruhan awal sebesar 1288 NTU mengalami penurunan hingga mencapai 0 NTU setelah melewati proses filtrasi menggunakan filter B. Penurunan nilai kekeruhan ini menunjukkan bahwa partikel-partikel penyebab kekeruhan pada air berhasil tersaring dengan baik oleh media filter yang digunakan. Dengan demikian, sistem filtrasi yang diterapkan terbukti sangat efektif dalam meningkatkan tingkat kejernihan air. Secara keseluruhan, ketiga jenis filter yang digunakan dalam penelitian ini mampu meningkatkan kualitas air, meskipun terdapat perbedaan performa pada masing-masing filter. Filter A dan filter B menunjukkan hasil terbaik karena mampu menghasilkan tingkat kekeruhan mendekati 0 NTU pada hampir seluruh pengujian. Sementara itu, filter C yang menggunakan empat tahapan penyaringan masih menghasilkan nilai akhir sebesar 428 NTU pada air dengan tingkat kekeruhan tinggi, sehingga performanya dinilai kurang optimal dibandingkan filter A dan filter B.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] World Health Organization (WHO) and United Nations Children's Fund (UNICEF), *Progress on Household Drinking Water and Sanitation 2000–2024: Special Focus on Inequalities*, Geneva, Switzerland: WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme, 2025.
- [2] World Health Organization, *Drinking-water Fact Sheet*, Geneva, Switzerland: WHO, Sept. 2023..
- [3] A. F. Ramadhan, M. Iqbal, and S. Hidayat, "Clean water recommendation system based on water quality using Turbidity and TDS sensors based on Internet of Things," *International Journal of Engineering Science Technologies*, vol. 4, no. 1, pp. 33–40, 2023.
- [4] Y. Firmansyah, R. Maulana, and A. Nugraha, "IoT integration in water control systems using fuzzy method based on pH and Turbidity sensors," *Epsilon: Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, vol. 21, no. 2, pp. 77–85, 2022.

- [5] M. R. Fauzi, N. Akbar, and T. Wijaya, "Automation of water treatment systems using pH, conductivity, and Turbidity sensors based on microcontroller," *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, vol. 24, no. 1, pp. 11–18, 2024.
- [6] A. K. Sharma and P. Singh, "Real-time water quality assessment via IoT using pH, temperature, TDS, and Turbidity sensors," *Ingénierie des Systèmes d'Information*, vol. 28, no. 4, pp. 1045–1053, 2023.
- [7] M. S. Hossain, M. Rahman, and K. Ahmed, "A smart monitoring system for water quality detection using wireless sensor networks," *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 12, no. 3, pp. 2512–2520, 2022.
- [8] S. Patel, R. Kumar, and A. Verma, "HydroSense: A dual-microcontroller IoT framework for real-time multi-parameter water quality monitoring," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 45120–45134, 2024.
- [9] J. Dela Cruz, M. Santos, and P. Ramos, "IoT-based water quality monitoring system in off-grid communities," *Sensors*, vol. 24, no. 8, Art. no. 3145, 2024.
- [10] L. Chen, Y. Zhao, and H. Wang, "An IoT-enabled smart aquarium system for real-time water quality monitoring and automated control," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 11, no. 6, pp. 5231–5242, 2025.
- [11] S. Ka'ka, Paisal, Umar, and R. Salsabilla, "Sistem monitoring dan filtrasi kekeruhan air pada tangki penampungan air berbasis Internet of Things," *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, vol. 8, pp. 112–118, 2024.
- [12] A. Fatri, M. Basri, and U. Suwardoyo, "Pengembangan evidence monitoring tingkat pH dan kekeruhan air untuk menentukan kelayakan konsumsi air," *Informatika*, vol. 12, no. 3, pp. 215–223, 2024.
- [13] W. H. Sugiharto, H. Susanto, and A. B. Prasetijo, "Real-time water quality assessment via IoT: Monitoring pH, TDS, temperature, and Turbidity," *Ingénierie des Systèmes d'Information*, vol. 28, no. 4, pp. 823–831, 2023.
- [14] C. N. Insani and N. Arifin, "IoT-enabled real-time monitoring and Tsukamoto fuzzy classification of Mandar River water quality via web integration for sustainable resource management," *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, vol. 6, no. 5, pp. 1021–1030, 2025.
- [15] I. G. M. N. Desnanjaya, I. M. A. Nugraha, and A. A. G. B. Ariana, "Improved design and accuracy of real-time water quality and filtering systems for application in IoT-based aquaculture," *Jurnal Riset Akuakultur*, vol. 20, no. 1, pp. 27–47, 2025.