

Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Filtrasi Otomatis Kekeruhan Air Berbasis *Internet Of Things* Menggunakan ESP8266

Nurul Izzah^{*1}, Andi Muhammad Nur Hidayat², Wahyuddin Saputra³

^{1,2}Teknik Informatika, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Indonesia

³Teknik Komputer dan Jaringan, Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP), Indonesia

Email: ¹nurulizzah090319@gmail.com, ²andi.nurhidayat@uin-alauddin.ac.id,

³wahyuddin@poliupg.ac.id

Abstrak

Fluktuasi kekeruhan air pada sumber mata air pegunungan di Dusun Bonto dan Tonasa, Desa Songing, Kabupaten Sinjai, yang cenderung meningkat secara signifikan saat musim hujan akibat masuknya material erosi ke dalam aliran, telah menyebabkan penurunan kualitas air baku dan berpotensi mengganggu pemanfaatannya untuk kebutuhan domestik masyarakat. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya sistem monitoring kualitas air yang mampu melakukan deteksi dini dan memberikan notifikasi langsung kepada pengguna. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring kekeruhan air berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan *Telegram* sebagai media pengiriman data dan peringatan secara real-time, sekaligus dilengkapi mekanisme filtrasi otomatis untuk menjaga kualitas air tetap layak digunakan. Perancangan sistem memanfaatkan sensor kekeruhan *SEN0189* sebagai akuisisi data, mikrokontroler *ESP8266* sebagai unit pemrosesan dan komunikasi, serta integrasi ke *Telegram* untuk pengiriman data dan notifikasi secara real-time. Metode pengembangan menggunakan model *prototype*, dengan evaluasi kinerja melalui pengujian *black box*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mengirimkan data kekeruhan melalui *Telegram* dengan baik, dengan stabilitas pembacaan sensor mencapai rata-rata 95% yang menunjukkan konsistensi deteksi kekeruhan. Selain itu, pengujian *System Usability Scale* (SUS) menghasilkan skor 73, yang termasuk kategori *Good*, sehingga sistem dinilai layak diterapkan untuk monitoring kualitas air berbasis IoT di wilayah pedesaan.

Kata kunci: *ESP8266, Internet of Things (IoT), Kekeruhan, Monitoring Kualitas Air*

Abstract

Fluctuations in water turbidity in mountain springs in Bonto and Tonasa Hamlets, Songing Village, Sinjai Regency, which tend to increase significantly during the rainy season due to the influx of erosion material into the stream, have caused a decline in raw water quality and potentially disrupt its use for domestic needs. This condition indicates the need for a water quality monitoring system capable of early detection and providing direct notifications to users. This study aims to develop an Internet of Things (IoT)-based water turbidity monitoring system integrated with Telegram as a medium for sending data and warnings in real time, while also equipped with an automatic filtration mechanism to maintain water quality suitable for use. The system design utilizes the SEN0189 turbidity sensor for data acquisition, the ESP8266 microcontroller as a processing and communication unit, and integration with Telegram for sending data and notifications in real time. The development method uses a prototype model, with performance evaluation through black box testing. The results show that the system is able to transmit turbidity data via Telegram well, with the stability of sensor readings reaching an average of 95%, indicating consistent turbidity detection. In addition, the System Usability Scale (SUS) test produced a score of 73, which is included in the Good category, so the system is considered suitable for application for IoT-based water quality monitoring in rural areas.

Keywords: *ESP8266, Internet of Things (IoT), Turbidity, Water Quality Monitoring*

This work is an open access article and licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)



1. PENDAHULUAN

Sebagai zat yang begitu penting, air memegang peranan yang tidak tergantikan bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Hampir setiap aktivitas manusia memerlukan air, mulai dari kegiatan membersihkan diri (mandi), mencuci, memasak hingga berbagai aktivitas domestik lainnya [1]. Sebagai bagian dari lingkungan hidup, kualitas air sangat dipengaruhi oleh berbagai komponen

ekosistem di sekitarnya. Penurunan kualitas air sangat dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dan berdampak negatif pada kesehatan dan keamanan manusia serta makhluk hidup lainnya. Degradasi kualitas air berpotensi menurunkan efisiensi, produktivitas, kapasitas dukungan, dan kapasitas sumber daya air, yang pada gilirannya mengakibatkan penurunan nilai sumber daya alam.

Pada beberapa wilayah, sebagian masyarakat masih mengandalkan sumber-sumber air alami seperti sungai, sumur, dan mata air pegunungan untuk memenuhi kebutuhan mereka pada air. Sama halnya dengan masyarakat Desa Songing, Kecamatan Sinjai Selatan, Kabupaten Sinjai khususnya yang berlokasi di Dusun Bonto dan Tonasa masih memanfaatkan air dari sumber mata air pegunungan yang terletak di Dusun Bonto.

Namun permasalahan yang sering dijumpai oleh masyarakat yang menggunakan sumber mata air tersebut adalah tercemarnya air, terutama ketika musim hujan tiba, seringkali sumber mata air tersebut akan tercampur dengan material dari sekitarnya sehingga mengakibatkan air menjadi keruh. Kekeruhan sendiri merupakan kondisi di mana kejernihan cairan berkurang karena adanya partikel-partikel lain yang tercampur di dalamnya [2]. Pencemaran air yang mengakibatkan air menjadi keruh adalah masalah serius yang memiliki dampak luas, terutama pada kesehatan manusia dan kelestarian lingkungan. Seperti yang disebutkan dalam penelitian Saputra (2020), air yang keruh mengandung partikel padat dan sedimen yang dapat mengganggu kualitas air, membuatnya tidak layak untuk digunakan atau dikonsumsi [3].

Salah satu parameter kualitas air berdasarkan standar mutu Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32/Menkes/Per/IX/2017 mengenai Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air adalah kekeruhan. Di mana berdasarkan PERMENKES RI Nomor 416 Tahun 1990, kekeruhan maksimum yang diperbolehkan untuk air bersih adalah 25 NTU (Nephelometric Turbidity Unit) [4]. Sementara itu, menurut standar No. 2 Menteri Kesehatan Republik Indonesia 492/MENKES/PER/IV/2010 mengenai persyaratan kualitas air minum, batas kekeruhan untuk air minum maksimal adalah 5 NTU [5]. Oleh karena itu diperlukan pemantauan secara berkala guna mengetahui tingkat kekeruhan air yang baik untuk digunakan. Salah satu teknik yang efektif untuk mengolah air adalah filtrasi. Dalam proses ini, air dialirkkan melalui media filtrasi yang terdiri dari butiran material dengan ukuran dan ketebalan tertentu. Selain itu, filtrasi dianggap sebagai metode pengolahan air yang murah serta dapat diakses secara langsung oleh masyarakat. Jenis media dan sifatnya mempengaruhi efisiensi filtrasi [6].

Penelitian terdahulu terkait monitoring kekeruhan berbasis IoT umumnya melaporkan pendekatan serupa dalam hal arsitektur perangkat keras dan pengolahan data, namun berbeda pada pilihan sensor, *platform* komunikasi, dan tindakan korektif yang disertakan. Seperti penelitian Putrawan, dkk (2019) mengembangkan sistem monitoring kekeruhan air dan pemberi pakan otomatis pada kolam budidaya ikan koi berbasis *NodeMCU*, sensor kekeruhan *TSD-10*, sensor jarak *HC-SR-04*, *RTC DS-1307*, Motor Servo *MG996R*, Modul *Relay* dan Pompa serta *Software Pemrograman Arduino* dengan tampilan antar muka berbasis *Blynk* [7]. Sistem tersebut berhasil menampilkan data secara *real time* dan mengatur pemberian pakan, namun fokusnya berada pada budidaya ikan, bukan pada konteks penyediaan air bersih masyarakat.

Penelitian lain oleh Niryulianto (2022) merancang sistem monitoring kedalaman dan kekeruhan kualitas air yang menggunakan sensor *turbidity* dan sensor ultrasonik dengan mikrokontroler *Wemos D1* serta visualisasi data berbasis *website* untuk memantau kedalaman dan kekeruhan secara *real time* [8]. Sementara itu, penelitian Listiani, dkk (2024) mengembangkan sistem pemantauan kualitas air mineral menggunakan sensor kekeruhan (*turbidity*) dan sensor *TDS*, mikrokontroler *ESP8266* serta aplikasi *Blynk* dan *LCD* sebagai *interface*. Meskipun mampu mengklasifikasikan kualitas air, sistem tersebut belum menyertakan mekanisme reduksi kekeruhan [9].

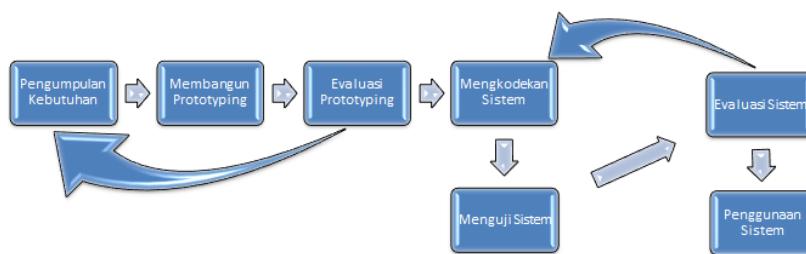
Dibandingkan dengan penelitian-penelitian terdahulu, penelitian ini menawarkan kebaruan berupa integrasi sistem monitoring kekeruhan IoT berbasis *ESP8266* dengan mekanisme filtrasi otomatis serta notifikasi *real time* melalui telegram. Pendekatan ini belum banyak dikaji dalam literatur, terutama dalam konteks pengelolaan air bersih masyarakat pedesaan. Dengan menggabungkan pemantauan, pengambilan keputusan otomatis, dan saluran komunikasi yang mudah diakses masyarakat, sistem ini diharapkan mampu mengatasi permasalahan kekeruhan air secara lebih efektif.

Dengan adanya sistem monitoring kekeruhan yang dilengkapi dengan filtrasi secara otomatis berbasis IoT, masyarakat akan lebih mudah dalam memantau kondisi air yang akan digunakan serta

dapat menjaga kondisi air untuk mencegah beberapa resiko dari penggunaan air yang keruh atau tercemar. Teknologi *Internet of Things* memungkinkan proses pemantauan dilakukan dengan mudah dan *real time* melalui koneksi internet, sehingga memberikan solusi praktis bagi pengelolaan air bersih di tingkat masyarakat.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan beberapa tahapan dalam pelaksanaanya. Diawali dengan observasi lapangan untuk mengamati objek penelitian yakni lokasi penampungan air dan sumber air. Selain itu dilakukan pula wawancara dan studi literatur untuk mengumpulkan data yang berkaitan dengan penelitian ini. Penelitian ini termasuk dalam kategori *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan rancang bangun sistem menggunakan metode *prototype*. Metode *prototype* ini memiliki beberapa tahapan yang harus dilakukan secara terstruktur dalam proses pembuatannya [10]. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan perbaikan sistem secara iteratif hingga memenuhi kriteria fungsional dan kinerja yang diharapkan. Apabila pada tahap akhir sistem masih dinyatakan belum optimal atau memiliki kekurangan, maka dilakukan evaluasi dan penyempurnaan kembali hingga diperolah hasil yang sesuai kebutuhan.



Gambar 1. Model *Prototype*

Berdasarkan Gambar 1 di atas, terlihat bahwa terdapat 7 tahapan dalam perancangan sistem menggunakan model *prototype*. Berikut penjelasan dari setiap tahapan yang ada:

1. Pengumpulan Kebutuhan

Pada penelitian ini semua informasi yang dibutuhkan untuk membangun sistem diperoleh dari hasil observasi dan juga wawancara. Selain itu informasi juga didapatkan dari studi literatur berupa jurnal dan skripsi dari penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Adapun alat dan bahan yang perlu disiapkan pada penelitian ini adalah laptop, *ESP8266* [11], sensor kekeruhan *SEN0189* [12], *solenoid valve*, *relay*, *power supply*, filter air, *software Arduino IDE* dan *telegram*.

2. Membangun *Prototype*

Tahap ini melibatkan perancangan sistem yang akan dibuat, kemudian diikuti dengan perakitan alat yang diperlukan. Perancangan sistem dalam penelitian ini mencakup pembuatan desain sistem yang meliputi *input*, *proses* dan *output* sebagai representasi awal *prototype* yang akan dibangun. Selain itu dibuatkan juga *flowchart* sebagai analisis sistem yang memaparkan alur penggunaan sistem. Setelah proses merancang sistem telah selesai, dilanjutkan dengan proses perakitan alat dan bahan berdasarkan desain sistem yang telah dibuat sebelumnya.

3. Evaluasi *Prototype*

Pada tahap ini, dilakukan evaluasi menyeluruh terhadap *prototype*, serta perbaikan dilakukan apabila ditemukan kendala atau masalah. Evaluasi *prototype* diperlukan untuk memastikan bahwa sistem yang telah dibangun telah memenuhi kriteria atau keinginan yang diinginkan.

4. Mengkodekan Sistem

Pada tahap ini, dilakukan pemrograman pada alat serta sensor untuk memastikan fungsionalitas serta menghasilkan *output* yang diinginkan. Selanjutnya, dilakukan integrasi antara alat dan sistem pemantauan yang memanfaatkan *Telegram*. Dalam penelitian ini, pengkodean sistem menggunakan

software Arduino IDE [13].

5. Menguji Sistem

Pada tahapan ini, sebelum menggunakan sistem yang telah dirancang akan diuji terlebih dahulu untuk memastikan kinerjanya. Dalam penelitian ini, pengujian sistem menggunakan teknik pengujian *Black Box*. Setelah proses pengujian sistem telah dilakukan dan tidak terdapat masalah apapun, selanjutnya akan dilakukan uji kelayakan sistem pada *user* untuk mengevaluasi seberapa mudah sistem dapat digunakan oleh pengguna.

6. Evaluasi Sistem

Tahap ini bertujuan guna memastikan bahwa sistem berfungsi dengan baik sebelum digunakan.

7. Penggunaan Sistem

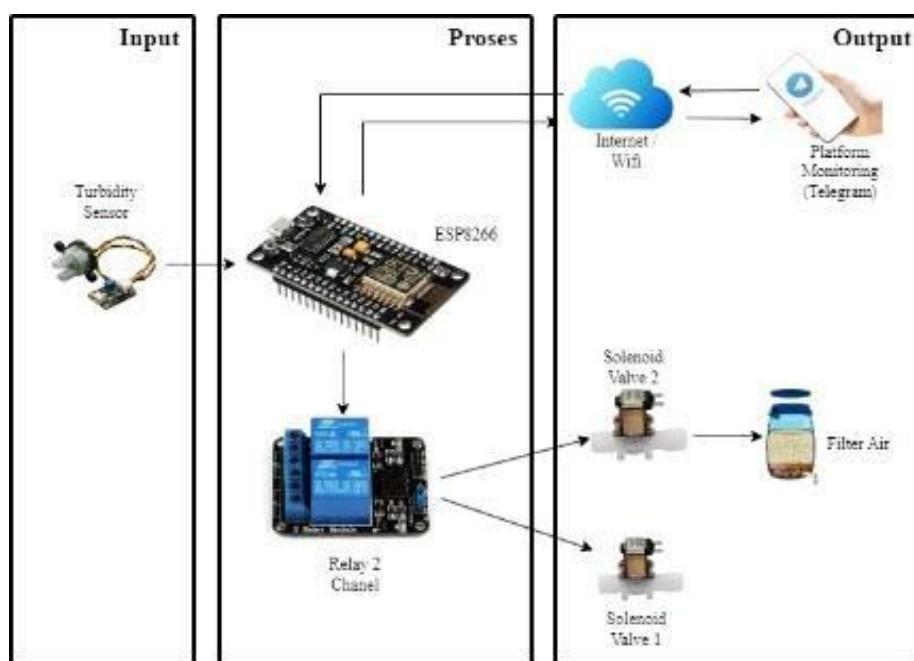
Sistem yang telah diuji dan telah memenuhi kriteria yang diinginkan maka akan siap digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

3.1.1. Hasil Perancangan Diagram Blok Sistem

Dalam penelitian ini, diagram blok sistem digunakan untuk merencanakan, mendesain, serta mengidentifikasi komponen-komponen sistem yang akan dirancang secara rinci. Sebagai ilustrasi mengenai sistem yang akan dibuat, disajikan diagram skenario sistem berikut ini:



Gambar 2. Desain Sistem

Gambar 2 di atas menggambarkan secara keseluruhan desain sistem yang hendak dibuat dalam penelitian ini. Sistem ini memanfaatkan sampel dari mata air Dusun Bonto sebagai sumber data untuk mengukur tingkat kekeruhan dengan menggunakan sensor kekeruhan *SEN0189* sebagai input. Data hasil pembacaan sensor kemudian diproses oleh *ESP8266*, yang selanjutnya mengirimkan data tersebut ke platform monitoring yakni *telegram* melalui jaringan internet atau *Wi-Fi*. Apabila nilai kekeruhan melebihi batas maksimum yang ditetapkan yaitu 25 NTU, maka *ESP8266* akan mengaktifkan *relay* untuk mengendalikan *solenoid valve*. Mekanisme ini memungkinkan pembukaan dan penutupan aliran air secara otomatis menuju media filtrasi. Lalu *output* dari sistem ini berupa informasi tingkat kekeruhan yang telah di proses, ditampilkan secara *real time* melalui *telegram*.

3.1.2. Hasil Perancangan Filter

Pada penelitian ini, filter air dirancang untuk mengurangi tingkat kekeruhan air. Dalam perancangan filter ini, akan digunakan 4 media filter. Setiap media filter tersebut memiliki fungsi yang berbeda. Zeolit atau kerikil (5 - 15 mm) yang berfungsi untuk memfilter partikel-partikel kotoran yang berukuran sedang dalam air. Pasir silika (4 - 30 mesh) efektif dalam menghilangkan lumpur, endapan, pasir, serta partikel asing lainnya yang ada dalam air. Karbon aktif berfungsi untuk menjernihkan air, mengatasi bau, serta menghilangkan kandungan klorin. *Sponge Aquadine Filter Mat* berfungsi untuk menyerap endapan-endapan yang membuat warna air menjadi lebih jernih [14].

Untuk memperoleh susunan media filter yang paling efektif dalam menyaring air, akan dilakukan serangkaian percobaan dengan variasi susunan dan ketebalan dari media filter yang berbeda-beda. Semakin tebal lapisan media filter yang diterapkan, semakin efektif penyaringan air kotor sehingga hasilnya akan semakin bersih dibandingkan dengan filter yang memiliki lapisan lebih tipis [15]. Dari rangkaian percobaan tersebut, urutan media filter yang dihasilkan pada Tabel 1 menunjukkan konfigurasi paling optimal yang mampu menurunkan kekeruhan secara signifikan.

3.1.3. Hasil Tampilan *Interface*

Interface ini ditampilkan melalui perangkat keras *smartphone* yang menjalankan fitur *Telegram*, yakni *bot* yang memungkinkan interaksi dengan pengguna melalui pesan [16]. Dalam hal ini, *bot Telegram* akan berfungsi sebagai media informasi mengenai hasil pembacaan sensor kekeruhan *SEN0189*. Dengan tampilan *interface* yang baik, diharapkan pengguna dapat dengan mudah memanfaatkan fitur *bot Telegram* ini untuk memonitor kekeruhan air secara efisien.

3.1.4. Hasil Pengujian Reading Sensor

Pengujian *reading* sensor dilakukan dengan cara pengambilan data secara berulang pada sensor kekeruhan *SEN0189* kemudian data yang telah diperoleh akan dihitung nilai kesalahan relatifnya sehingga dapat diketahui tingkat kestabilan sensor dalam melakukan pembacaan nilai kekeruhan.



Gambar 3. Pengujian Reading Sensor

Gambar 6 menunjukkan proses pengujian sensor kekeruhan *SEN0189* yang terintegrasi dengan perangkat keras sistem monitoring. *ESP8266*, sensor kekeruhan *SEN0189*, serta rangkaian pendukung ditempatkan dalam sebuah wadah untuk memastikan stabilitas selama pengujian. Sensor kekeruhan *SEN0189* diuji dengan mencelupkannya ke dalam beberapa sampel air yang ditempatkan pada gelas ukuran kecil. Setiap sampel memiliki tingkat kekeruhan yang berbeda untuk menguji kemampuan sensor dalam membedakan variasi konsentrasi partikel tersuspensi. Hasil pembacaan sensor kemudian diteruskan ke *ESP8266* untuk di proses sebelum dikirimkan ke *platform* monitoring. Pengujian ini bertujuan memverifikasi akurasi sensor serta memastikan sistem dapat bekerja secara konsisten dalam kondisi lapangan. Rata-rata stabilitas pembacaan sensor mencapai 95%, yang menunjukkan bahwa sensor kekeruhan *SEN0189* memberikan hasil yang konsisten dalam pembacaan tingkat kekeruhan air.

3.1.5. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk memastikan bahwa semua komponen dapat terkoneksi dan berfungsi sesuai rancangan. Pengujian dimulai dengan menempatkan air dengan tingkat kekeruhan maksimum (di atas 25 NTU) pada penampungan air untuk memicu respon sistem.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa apabila sensor *kekeruhan* *SEN0189* mendeteksi tingkat kekeruhan yang melebihi batas maksimum yang telah ditentukan yakni 25 NTU, maka *relay* akan mengaktifkan *solenoid valve* pertama untuk menutup dan *solenoid valve* kedua untuk terbuka agar aliran air mengarah pada media filtrasi. *Solenoid valve* akan berfungsi sebagai keran yang menutup dan terbuka secara otomatis apabila mendapatkan sumber daya dari *relay*. Ketika sensor *kekeruhan* *SEN0189* mendeteksi kembali tingkat kekeruhan air telah berada di bawah ambang batas maksimum yang telah ditentukan, maka *relay* akan menutup aliran sumber daya ke *solenoid valve* pertama dan kedua agar kembali pada posisi awal. Hasil pembacaan sensor *kekeruhan* *SEN0189* akan dapat dimonitoring melalui aplikasi *telegram* secara real time.

3.1.6. Hasil *Usability Testing*

Dalam penelitian ini digunakan juga *usability testing* menggunakan SUS (*System Usability Scale*) untuk menilai Tingkat *usability* sistem. Pengujian ini dilakukan dengan menyebarluaskan kuisioner kepada 10 responden setelah responden tersebut melakukan uji coba penggunaan sistem monitoring menggunakan *telegram*. Dari hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata SUS adalah 73, yang termasuk dalam kategori *Good*. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mudah dipahami dan dioperasikan oleh pengguna.

3.2. Pembahasan

3.2.1. Pembahasan Perancangan Sistem

Di bawah ini merupakan gambar hasil perancangan perangkat keras secara keseluruhan dari sistem monitoring tingkat kekeruhan pada tandon air.



Gambar 4. Hasil Perancangan Sistem

Gambar 4 menunjukkan rancangan perangkat keras pada sistem monitoring kekeruhan air yang terdiri atas *ESP8266*, sensor kekeruhan *SEN0189*, relay dan dua *solenoid valve*. *ESP8266* berfungsi sebagai pemroses utama untuk mengolah data hasil pembacaan sensor kekeruhan *SEN0189* serta mengendalikan *relay*. *ESP8266* memperoleh nilai kekeruhan dari sensor *SEN0189* dan selanjutnya mengaktifkan atau menonaktifkan *relay* berdasarkan nilai tersebut untuk mengatur pembukaan dan penutupan *solenoid valve*. Selain itu, *ESP8266* memiliki modul *Wi-Fi* terintegrasi yang memungkinkan perangkat terhubung ke jaringan internet, sehingga data hasil pemantauan dapat dikirimkan secara *real time* ke *platform* monitoring berbasis *telegram*.

3.2.2. Pembahasan Perancangan Filter

Setelah beberapa kali melakukan uji coba untuk menentukan kombinasi media filter air yang optimal mengurangi tingkat kekeruhan air, didapatkan bahwa susunan media filter yang paling efektif adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Urutan Media Filter

Urutan Media Filter (dari atas ke bawah)	Media Filter	Tebal media filter
1	<i>Sponge aquadine filter mat</i> (kapas)	3,5 cm
2	Pasir silika	4 cm
3	<i>Sponge aquadine filter mat</i> (kapas)	4 cm
4	Batu zeolit	2 cm
5	Arang aktif	4 cm
6	<i>Sponge aquadine filter mat</i> (kapas)	3 cm
7	Batu zeolit	6 cm

Tabel 1 menunjukkan susunan media filtrasi yang digunakan dalam proses filtrasi. Media filter disusun secara berlapis dari atas ke bawah dengan tujuan untuk memaksimalkan proses penyisihan partikel tersuspensi pada air. Lapisan pertama menggunakan *sponge aquadine filter mate* setebal 3,5 cm yang berfungsi menyerap endapan dan partikel tersuspensi sehingga membantu meningkatkan kejernihan air. Lapisan kedua berupa pasir silika setebal 4 cm, yang efektif dalam menghilangkan lumpur, endapan halus, pasir, dan partikel asing lainnya.

Pada lapisan ketiga, *sponge aquadine filter mate* kembali digunakan dengan ketebalan 4 cm untuk memperkuat penyaringan mekanis. Lapisan keempat terdiri dari batu zeolit setebal 2 cm yang berfungsi menyaring partikel kotoran berukuran sedang serta membantu menurunkan kandungan seperti amonia. Lapisan kelima adalah arang aktif setebal 4 cm, yang berperan menjernihkan air, menghilangkan bau, dan mengadsorpsi zat organik serta kandungan klorin.

Lapisan keenam kembali menggunakan *sponge aquadine filter mate* setebal 3 cm untuk memastikan sisa endapan tersaring dengan optimal. Lapisan terakhir adalah batu zeolit setebal 6 cm, yang berfungsi sebagai penyaring akhir (*polishing layer*) guna meningkatkan kejernihan dan kualitas keseluruhan air sebelum keluar dari sistem filtrasi. Susunan dan ketebalan berlapis ini dirancang agar setiap media bekerja sesuai karakteristiknya sehingga proses filtrasi dapat berlangsung secara bertahap dan efisien.

3.2.3. Pembahasan Tampilan Interface

Perangkat lunak yang digunakan adalah telegram dengan memanfaatkan salah satu fiturnya yaitu *bot telegram*.



Gambar 5. Interface Perangkat Lunak

Gambar 5 memperlihatkan antarmuka *bot telegram* yang digunakan untuk memonitoring tingkat kekeruhan air. Melalui perintah yang tersedia pada bot, pengguna dapat memperolah informasi mengenai kondisi air yang ada dalam tandon seperti nilai tingkat kekeruhan dan informasi pendukung lainnya. Selain itu, pengguna juga dapat menetapkan nilai ambang batas kekeruhan yang akan menjadi parameter pemicu proses filtrasi.

Pemanfaatan *telegram* dipilih karena *platform* ini mendukung komunikasi dua arah secara instan, fleksibel dan tidak memerlukan server khusus. Dengan demikian, sistem dapat digunakan langsung oleh pengguna tanpa instalasi aplikasi tambahan.

3.2.4. Pembahasan Pengujian Reading Sensor

Pengujian reading sensor dilakukan terhadap sepuluh sampel air dengan tingkat kekeruhan berbeda. Berikut hasil pengujian reading sensor yang telah dilakukan

Tabel 2. Hasil Pengujian Reading Sensor

sampel	Tingkat Kekeruhan					Rata-rata	Stabilitas
	Data 1	Data 2	Data 3	Data 4	Data 5		
1	7	7	7	7	7	7	100%
	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	
2	14	13	13	14	13	13,4	97%
	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	
3	31	31	29	28	28	29,4	98%
	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	
4	7	7	8	8	7	7,4	94%
	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	
5	3	6	6	7	7	5,8	74%
	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	
6	12	10	11	10	10	10,6	94%
	NTU	NYU	NTU	NTU	NTU	NTU	
7	14	15	14	14	13	14	96%
	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	
8	7	6	6	6	6	6,2	94%
	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	
9	6	6	6	6	6	6	100%
	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	
10	8	8	8	8	8	8	100%
	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	
Rata-rata						95%	

Tabel 2 menyajikan hasil pengujian pembacaan sensor kekeruhan SEN0189 terhadap sepuluh sampel air dengan tingkat kekeruhan berbeda. Setiap sampel diuji sebanyak lima kali untuk mengevaluasi konsistensi dan akurasi pembacaan sensor. Nilai rata-rata kekeruhan dihitung dari lima kali pembacaan pada masing-masing sampel, kemudian digunakan untuk menilai stabilitas sensor.

Berdasarkan data pada Tabel 2, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor kekeruhan mampu memberikan pembacaan yang relatif konsisten, sebagaimana ditunjukkan dengan nilai stabilitas rata-rata sebesar 95%. Nilai tersebut diperoleh dari pembacaan sensor pada lima kali pengulangan untuk setiap sampel tidak menunjukkan variasi yang besar. Hal ini sama dengan temuan Arsyad, dkk (2022) yang menyatakan bahwa sensor kekeruhan menunjukkan performa stabil pada pengukuran berulang [17]. Dengan demikian, sensor dapat dikategorikan memiliki tingkat kestabilan yang tinggi. Secara keseluruhan, hasil yang disajikan pada tabel menunjukkan bahwa sensor kekeruhan yang digunakan dalam sistem mampu menghasilkan pembacaan yang stabil dan dapat diandalkan untuk proses monitoring kekeruhan air.

3.2.5. Pembahasan Pengujian Keseluruhan Sistem

Setelah melakukan beberapa tahapan pengujian, dapat diketahui seluruh perangkat dalam sistem telah bekerja dengan baik. Sensor *kekeruhan* *SEN0189* dapat membaca tingkat kekeruhan air secara konsisten dan responsif terhadap perubahan nilai kekeruhan. *Relay* mampu membuka dan menutup *solenoid valve* berdasarkan dengan nilai kekeruhan yang terdeteksi oleh sensor *kekeruhan* *SEN0189*. respon otomatis relay dan solenoid valve terhadap perubahan nilai kekeruhan menunjukkan bahwa logika pengendalian telah berjalan sesuai dengan perancangan. Pola ini sejalan dengan sistem motomatis pembersih air yang dikembangkan oleh Mudzakir, dkk (2025), di mana aktuator akan diaktifkan berdasarkan nilai ambang sensor [18]. Namun, berbeda dengan penelitian tersebut yang menggunakan *GRPS SIM900A* sebagai modul komunikasi, sistem ini memanfaatkan *ESP8266* dan *telegram* yang menyediakan anatarmuka lebih ringan dan mudah diakses oleh masyarakat pedesaan. Selain itu, sistem filter otomatis menunjukkan kinerja yang efektif dalam menurunkan tingkat kekeruhan air secara optimal. Hal ini menunjukkan keberhasilan integrasi antara monitoring, sistem filtrasi otomatis dan notifikasi real time melalui *telegram*.

3.2.6. Pembahasan *Usability Testing*

Dari hasil penyebaran kuisioner SUS kepada para pegguna atau responden didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Usability Testing

Responden	Skor Setiap Pertanyaan										Jumlah	Nilai (Jumlah x 2.5)
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q ₁₀		
Responden 1	3	3	3	3	3	3	4	3	2	2	29	73
Responden 2	3	3	4	3	3	2	3	3	2	1	27	68
Responden 3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	2	31	78
Responden 4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	32	80
Responden 5	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	31	78
Responden 6	4	2	3	3	3	3	3	3	3	2	29	73
Responden 7	4	3	3	2	2	3	3	2	2	1	25	63
Responden 8	4	3	3	3	3	4	4	3	3	1	31	78
Responden 9	3	3	3	3	3	3	4	3	2	1	28	70
Responden 10	4	3	3	3	3	3	4	3	2	2	30	75
Total Rata-rata Skor											73	

Tabel 3 menyajikan hasil usability testing yang dilakukan terhadap 10 responden untuk menilai kemudahan penggunaan sistem. Setiap responden diminta memberikan penilaian terhadap sepuluh butir pertanyaan dengan skala 1-4, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan tingkat kepuasan atau kemudahan yang lebih baik. Nilai total untuk setiap responden kemudian dikonversi menjadi skor SUS dengan mengalikan jumlah skor dengan faktor 2,5 sesuai pedoman penilaian *System Usability Scale* (SUS).

Berdasarkan hasil pengujian SUS (*System Usability Scale*) yang telah dilakukan, didapatkan skor rata-rata sebesar 73. Berdasarkan skala SUS, skor 73 termasuk dalam kategori *Good* (baik) dalam kepuasan pengguna [19]. Secara keseluruhan, hasil *usability testing* ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan dinilai cukup mudah digunakan dan layak untuk digunakan oleh masyarakat sebagai sarana monitoring kekeruhan air.

3.2.7. Analisis Pengujian Sistem

Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan dengan memanfaatkan sensor kekeruhan *SEN0189* untuk mendeteksi tingkat kekeruhan air. Terdapat standar tingkat kekeruhan yang menjadi acuan dalam pengujian ini, yakni nilai kekeruhan dari 0 sampai 25 dalam satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). Standar ini berdasarkan standar mutu Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32/Menkes/Per/IX/2017 mengenai Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk kekeruhan, di mana berdasarkan PERMENKES RI Nomor 416 Tahun 1990, kekeruhan maksimum yang diperbolehkan untuk air bersih adalah 25 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*).



Nilai kekeruhan yang didapatkan sebelum dilakukan filterasi adalah 36 NTU.

Nilai kekeruhan yang didapatkan setelah melalui proses filterasi adalah 11 NTU.

INFORMASI: (PERMENKES RI Nomor 416 Tahun 1990, kekeruhan maksimum yang diperbolehkan untuk air bersih adalah 25 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*))
Tingkat Kekeruhan: 36.00 NTU
Selenoid Air Bersih: Mati
Selenoid Filter Air: Nyala
Batas Kekeruhan Saat Ini: 25.00 NTU
Tingkat Kekeruhan Melebihi Batas Air Diarahkan Ke Media Filter
Air Sangat Keruh

10:40

INFORMASI: (PERMENKES RI Nomor 416 Tahun 1990, kekeruhan maksimum yang diperbolehkan untuk air bersih adalah 25 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*))
Tingkat Kekeruhan: 11.00 NTU
Selenoid Air Bersih: Nyala
Selenoid Filter Air: Mati
Batas Kekeruhan Saat Ini: 25.00 NTU
Air Diarahkan Ke Tandon Air Bersih
Air Agak Keruh

10:38

Gambar 6. Hasil Pengujian Filter

Gambar 6 menampilkan perbandingan tingkat kekeruhan air sebelum dan sesudah melalui proses filtrasi menggunakan sistem yang dirancang. Pada sisi kiri, ditunjukkan kondisi air sebelum filtrasi dengan nilai kekeruhan sebesar 36 NTU, yang termasuk kategori sangat keruh dan melebihi batas maksimum kekeruhan air bersih menurut PERMENKES RI Nomor 416 Tahun 1990, yaitu 25 NTU. Notifikasi pada *telegram* mengonfirmasi bahwa sistem mendeteksi kekeruhan berada di atas ambang batas, sehingga *solenoid valve* untuk air keruh dibuka agar air di alirkan menuju media filtrasi.

Pada sisi kanan, terlihat kondisi air setelah melewati proses filtrasi dengan nilai kekeruhan turun menjadi 11 NTU. Nilai ini berada di bawah ambang batas standar kualitas air bersih, sehingga dapat dikategorikan sebagai agak keruh dan memenuhi standar kekeruhan yang ditetapkan. Notifikasi *telegram* menunjukkan bahwa setelah proses filtrasi, *solenoid valve* air bersih kembali menyalakan karena tingkat kekeruhan air memenuhi standar sehingga dianggap layak dialirkan ke tandon air.

Dari hasil pengujian, didapatkan bahwa filter air yang dimanfaatkan dalam sistem mampu menurunkan tingkat kekeruhan air secara signifikan, yakni dari 36 NTU menjadi 11 NTU, atau terjadi penurunan sebesar 69%. hasil ini menunjukkan bahwa media filter bekerja secara efektif dalam mengurangi kekeruhan air.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya mampu memantau kekeruhan secara real time, namun juga mampu melakukan mitigasi melalui filtrasi otomatis. Hal ini menunjukkan potensi penerapan sistem secara langsung pada sumber mata air alami, terutama di wilayah pedesaan yang masih bergantung pada sumber air alami.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh pengujian yang telah dilakukan, penelitian ini berhasil merancang sistem monitoring kekeruhan air berbasis IoT menggunakan *ESP8266*. Sistem mampu melakukan pembacaan tingkat kekeruhan dengan stabilitas rata-rata sebesar 95% dan mengirimkan data hasil pembacaan sensor secara *real time* melalui *platform telegram* sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan.

Sistem filtrasi otomatis yang dirancang juga berfungsi sesuai harapan. Ketika kekeruhan melebihi ambang batas yang telah ditetapkan, sistem secara otomatis mengaktifkan *relay* untuk menutup *solenoid valve 1* dan membuka *solenoid valve 2*, sehingga air diarahkan menuju media filtrasi. Mekanisme ini terbukti mampu menurunkan tingkat kekeruhan air sesuai standar baku mutu yang berlaku.

Meskipun sistem telah mencapai kinerja yang diharapkan, penelitian ini masih memiliki keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, pengujian sistem hanya dilakukan pada satu sumber air, yaitu mata air Dusun Bonto, sehingga variasi karakteristik kekeruhan air dari lokasi berbeda belum sepenuhnya terwakili. Kedua, akurasi sensor kekeruhan SEN0189 masih dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu dan keberadaan gelembung udara, sehingga dapat menimbulkan fluktuasi pembacaan tertentu. Ketiga, sistem filtrasi yang digunakan bersifat statis sehingga efektivitasnya dapat menurun seiring waktu apabila media filter tidak diganti atau di bersihkan secara berkala.

Untuk pengembangan selanjutnya, sistem dapat ditingkatkan dengan menambahkan kalibrasi otomatis pada sensor kekeruhan guna meningkatkan akurasi pembacaan. Selain itu, diperlukan pengujian pada berbagai kondisi sumber air untuk mendapatkan validasi performa yang lebih komprehensif. Sistem juga dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur pemantauan historis berbasis cloud, integrasi dashboard web, serta menambahkan fitur pemantauan media filtrasi secara digital untuk menjaga mekanisme filtrasi tetap berjalan dengan baik. Dengan penegmbangan tersebut, diharapkan sistem dapat bekerja lebih efisien, akurat, dan aplikatif pada berbagai skenario penggunaan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. D. Septyaningrum, Anita dan Kurniawan, "Analisa Sistem Pengendalian dan Monitoring Tingkat Kekeruhan Tandon Air Berbasis Arduino Uno dan Internet Of Things," *J. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. Vol. 10, no. No. 2 Tahun 2021, pp. 26–32, 2021.
- [2] Udin, H. Hamrul, and M. F. Mansyur, "Prototype Sistem Monitoring Kekeruhan Sumber Mata Air Berbasis Internet of Things," *J. Appl. Comput. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 66–72, 2021.
- [3] Y. Saputera, "Permasalahan Pencemaran Air Yang Terjadi di Lingkungan," *Univ. Banjarmasin*, vol. 3, pp. 1–7, 2020.
- [4] M. R. Ridho, D. Setiawan, and R. I. Ginting, "Implementasi Internet Of Things (IOT) Untuk Sistem Kendali Kekeruhan Air Pada Tangki Air Menggunakan Metode Duplex Berbasis NodeMCU," *J. CyberTech*, vol. 1, no. 3, 2018.
- [5] B. Reforma, A. Ma'arif, and Sunardi, "Alat Pengukur Kualitas Air Bersih Berdasarkan Tingkat Kekeruhan dan Jumlah Padatan Terlarut," vol. 13, no. 02, pp. 66–73, 2022.
- [6] M. H. Mulia, "Pengolahan Air Bersih dengan Metode Filtrasi Menggunakan Media Pasir Besi," *Skripsi Tek. Lingkung.*, vol. 20, no. 1, pp. 38–52, 2021.
- [7] I. G. H. Putrawan, P. Rahardjo, and I. G. A. P. R. Agung, "Sistem Monitoring Tingkat Kekeruhan Air dan Pemberi Pakan Otomatis pada Kolam Budidaya Ikan Koi Berbasis NodeMCU," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 19, no. 1, p. 1, 2019.
- [8] H. W. Niriyulianto, "Analisis Internet OF Things Untuk Sistem Monitoring Kedalaman Dan Kekeruhan Air," vol. 2, no. 1, pp. 24–31, 2023.
- [9] R. Listiani, F. T. Syifa, and D. Kurnianto, "Sistem Pemantauan Kualitas Air Mineral Berbasis Internet of Things," vol. 16, pp. 22–28, 2024.
- [10] R. Suhendri, "Prototyping Model - metodologi penelitian." [Online]. Available:

https://sites.google.com/a/student.unsika.ac.id/metodologi_penelitian_redisuhendri113/tugas-1-5-metode-rpl/prototyping-model. [Accessed: 12-Oct-2023].

[11] F. Febrianti, S. Adi Wibowo, and N. Vendyansyah, "Implementasi IoT (Internet of Things) Monitoring Kualitas Air dan sistem Administrasi Pada Pengelola Air Bersih Skala Kecil," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 5, no. 1, pp. 171–178, 2021.

[12] K. Rida, "Prototipe Sistem Kontrol Filtrasi air Keruh Otomatis Berbasis Arduino Uno," 2018.

[13] Riswandi, "Sistem Kontrol Vertical Garden Menggunakan NODEMCU ESP8266 Berbasis Android," 2019.

[14] A. A. Novia, A. Nadesya, D. J. Harliyanti, M. Ammar, and R. Arbaningrum, "Alat Pengolahan Air Baku Sederhana Dengan Sistem Filtrasi," *Widyakala J.*, vol. 6, pp. 12–20, 2019.

[15] Ilyas, V. Tan, and U. B. M. Kaleka, "Penjernihan Air Metode Filtrasi untuk Meningkatkan Kesehatan Masyarakat RT Pu 'uzeze Kelurahan Rukun Lima Nusa Tenggara Timur," vol. 15, no. 1, pp. 46–52, 2021.

[16] D. Abimanto and I. Mahendro, "Penggunaan Aplikasi Telegram Untuk Kegiatan Pembelajaran Jarak Jauh Pada Mata Kuliah Bahasa Inggris Materi Speaking Pada Mahasiswa Universitas Maritim Amni Semarang," *Pros. Kematriman 2021*, vol. 1, no. 1, pp. 245–256, 2021.

[17] Y. Arsyad, B. Y. Bhae, and K. J. Tute, "Sistem Monitoring Kekeruhan Air Berbasis IoT (Studi Kasus : Perumda Ende)," vol. 2, no. 2, pp. 133–139, 2022.

[18] M. A. Mudzakir, L. A. Supriyono, and A. Subandono, "Sistem Cerdas Pemantauan Kualitas Air dan Pembersihan Otomatis Berbasis IoT dengan Turbidity Sensor Menggunakan GPRS SIM900A Berbasis Android," 2025.

[19] D. W. Ramadhan, B. Soedijono, and E. Pramono, "Pengujian Usability Website TimeExcelindo Menggunakan Sytem Usability Scale (SUS) (Studi Kasus : Website Time Excelindo)," vol. 04, pp. 139–147, 2019.