

Uji Kinerja dan Evaluasi Kualitas Air Hasil Alat Penjernih Air Portable

Dwi Lastri Utami^{1*}, Yaumal Arbi²

^{1,2}, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Kota Padang.

*Email: dwilastriutami90@gmail.com

Abstrak

Ketersediaan air bersih yang memenuhi standar kualitas masih menjadi permasalahan di berbagai wilayah, khususnya pada daerah yang terdampak bencana banjir. Banjir menyebabkan penurunan kualitas air permukaan akibat meningkatnya kandungan padatan tersuspensi, bahan pencemar, dan kontaminan lainnya sehingga air tidak dapat dimanfaatkan secara langsung. Kondisi tersebut menuntut adanya teknologi penjernihan air yang efektif, ekonomis, mudah dioperasikan, serta memiliki mobilitas tinggi untuk mendukung penyediaan air bersih pada kondisi darurat maupun wilayah dengan keterbatasan infrastruktur. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja alat penjernih air portable berbasis pompa listrik dalam meningkatkan kualitas air melalui sistem filtrasi bertingkat yang dikombinasikan dengan proses desinfeksi menggunakan kalsium hipoklorit. Penelitian dilakukan dengan metode kuantitatif menggunakan pendekatan eksperimen melalui pengujian kualitas air sebelum dan sesudah proses pengolahan. Sistem filtrasi yang diterapkan meliputi saringan awal berbahan *Stainless Steel 304 food grade*, media pasir silika, pasir mangan, dan karbon aktif, kemudian dilanjutkan dengan proses desinfeksi menggunakan tablet kalsium hipoklorit. Parameter kualitas air yang dianalisis meliputi derajat keasaman (pH), Total Dissolved Solids (TDS), Electrical Conductivity (EC), Oxidation Reduction Potential (ORP), dan kekeruhan (turbidity). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai pH meningkat dari 6,81 menjadi 6,98, nilai TDS menurun dari 167 mg/L menjadi 147 mg/L, nilai ORP meningkat dari 276 mV menjadi 332 mV, sedangkan nilai kekeruhan berkurang dari 179 NTU menjadi 35 NTU dengan efisiensi penyisihan sebesar 80,45%. Selain itu, nilai EC mengalami perubahan setelah proses filtrasi dan desinfeksi yang menunjukkan adanya peningkatan karakteristik kualitas air. Alat yang dikembangkan memiliki kapasitas produksi sebesar 972 L/jam (16,2 L/menit), sehingga mampu menghasilkan air dengan kualitas yang lebih baik dibandingkan air baku. Berdasarkan hasil tersebut, sistem filtrasi bertingkat yang dipadukan dengan desinfeksi menggunakan kalsium hipoklorit terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas air permukaan dan berpotensi menjadi alternatif penyediaan air bersih yang praktis untuk kondisi darurat maupun daerah dengan akses air bersih yang terbatas.

Kata Kunci: alat penjernih air portable; evaluasi kinerja; filtrasi bertingkat; kalsium hipoklorit.

Pernyataan Pendanaan

Penelitian ini merupakan bagian dari kegiatan pengembangan alat penjernih air portable yang didanai oleh Ikatan Alumni Institut Teknologi Bandung (ITB) Angkatan 1984 melalui kerja sama dengan Departemen Teknik Sipil Universitas Negeri Padang. Penelitian ini dilaksanakan

sebagai bagian dari Tugas Akhir penulis di bawah bimbingan dosen pembimbing. Dukungan pendanaan mencakup penyediaan alat, material penelitian, dan fasilitas penelitian. Pemberi dana tidak terlibat dalam pengumpulan data, analisis data, interpretasi hasil, maupun penyusunan naskah artikel. Perancangan penelitian dan pelaksanaan penelitian dilakukan oleh penulis dengan arahan akademik dari dosen pembimbing.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, serta kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk terlibat dalam proyek pengembangan alat penjernih air portable yang menjadi objek penelitian ini. Apresiasi juga disampaikan kepada teknisi laboratorium dan seluruh pihak yang telah membantu dalam proses pembuatan alat, pengambilan sampel, serta pengujian kualitas air. Penulis turut mengucapkan terima kasih kepada Alumni ITB 84 dan Departemen Teknik Sipil atas dukungan dan kerja sama dalam pengembangan alat. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada kedua orang tua, partner penelitian, serta orang-orang terdekat atas doa, dukungan, dan motivasi selama penelitian hingga artikel ini dapat diselesaikan.

Etika Publikasi

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bertujuan mengevaluasi kinerja alat penjernih air portable melalui pengujian kualitas air permukaan sebelum dan sesudah proses filtrasi serta desinfeksi. Penelitian tidak melibatkan manusia maupun hewan sebagai subjek penelitian, sehingga tidak memerlukan persetujuan etik (*ethical approval*) sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Seluruh data diperoleh dari hasil pengujian laboratorium terhadap parameter kualitas air menggunakan prosedur pengujian yang sesuai dengan standar yang digunakan dalam penelitian.

Penyataan AI

Artikel ini disusun dengan bantuan ChatGPT sebagai alat pendukung dalam proses penyuntingan bahasa, parafrase, penyempurnaan struktur penulisan, serta peningkatan kejelasan penyajian naskah ilmiah. Penggunaan AI tidak digunakan untuk menghasilkan data penelitian, memanipulasi hasil, maupun menarik kesimpulan penelitian. Seluruh data, analisis, interpretasi hasil, dan kesimpulan merupakan hasil penelitian asli penulis. Semua keluaran AI telah ditinjau, diverifikasi, dan disunting kembali oleh penulis sebelum dimasukkan ke dalam naskah.

1. Pendahuluan

Ketersediaan air bersih masih menjadi tantangan di berbagai wilayah akibat penurunan kualitas air permukaan yang dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk, urbanisasi, perubahan tata guna lahan, serta meningkatnya aktivitas domestik dan industri. Kondisi tersebut menyebabkan meningkatnya kandungan sedimen, bahan organik, dan berbagai kontaminan di badan air sehingga kualitas air permukaan menjadi tidak stabil dan

memerlukan proses pengolahan sebelum dimanfaatkan sebagai sumber air bersih (Zhang et al., 2021). Permasalahan ini semakin kompleks ketika terjadi bencana banjir yang menyebabkan peningkatan kekeruhan, Total Dissolved Solids (TDS), serta potensi kontaminasi mikroorganisme akibat masuknya lumpur dan limbah ke badan air. Akibatnya, masyarakat mengalami kesulitan memperoleh air bersih pada saat kebutuhan justru meningkat (Kumar et al., 2023).

Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan untuk mengatasi kondisi tersebut adalah penggunaan alat penjernih air portable (portable water purifier). Sistem ini dirancang agar mudah dipindahkan, mudah dioperasikan, dan mampu menyediakan air bersih pada kondisi darurat maupun di wilayah yang belum memiliki infrastruktur penyediaan air bersih yang memadai (Venkatesha et al., 2020; Yaqin et al., 2020). Efektivitas alat penjernih air portable sangat dipengaruhi oleh sistem filtrasi yang digunakan. Filtrasi bertingkat (*multi-stage filtration*) memanfaatkan kombinasi beberapa media penyaring sehingga proses penyisihan partikel tersuspensi, senyawa organik, serta beberapa kontaminan dapat berlangsung secara lebih efektif dibandingkan penggunaan media tunggal (Utari et al., 2022; Riansyah & Al Kholif, 2021). Penggunaan media pasir silika, media mangan, dan karbon aktif telah dilaporkan mampu meningkatkan kualitas air melalui penurunan kekeruhan serta perbaikan karakteristik fisik dan kimia air (Al-Qodah et al., 2022; Nenohai et al., 2023).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem filtrasi bertingkat mampu meningkatkan kualitas air, baik melalui kombinasi beberapa media filtrasi maupun integrasi dengan sistem pemantauan parameter kualitas air (Masita et al., 2025). Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada efektivitas masing-masing media filtrasi atau hanya mengevaluasi sebagian parameter kualitas air. Penelitian yang mengevaluasi kinerja alat penjernih air portable berbasis pompa listrik dengan kombinasi media pasir silika, media mangan, karbon aktif, serta proses desinfeksi menggunakan tablet kalsium hipoklorit melalui pengujian parameter pH, Total Dissolved Solids (TDS), Electrical Conductivity (EC), Oxidation Reduction Potential (ORP), dan kekeruhan secara terpadu masih relatif terbatas. Selain itu, informasi mengenai perubahan kualitas air hasil pengolahan pada sistem tersebut masih memerlukan kajian lebih lanjut sehingga efektivitasnya dapat diketahui secara lebih komprehensif.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menguji kinerja dan mengevaluasi kualitas air hasil pengolahan menggunakan alat penjernih air portable berbasis pompa listrik yang menerapkan sistem filtrasi bertingkat dengan media pasir silika, media mangan, karbon aktif, serta proses desinfeksi menggunakan tablet kalsium hipoklorit. Evaluasi dilakukan berdasarkan perubahan nilai pH, Total Dissolved Solids (TDS), Electrical Conductivity (EC), Oxidation Reduction Potential (ORP), dan kekeruhan sebelum dan sesudah proses pengolahan sebagai indikator efektivitas sistem filtrasi.

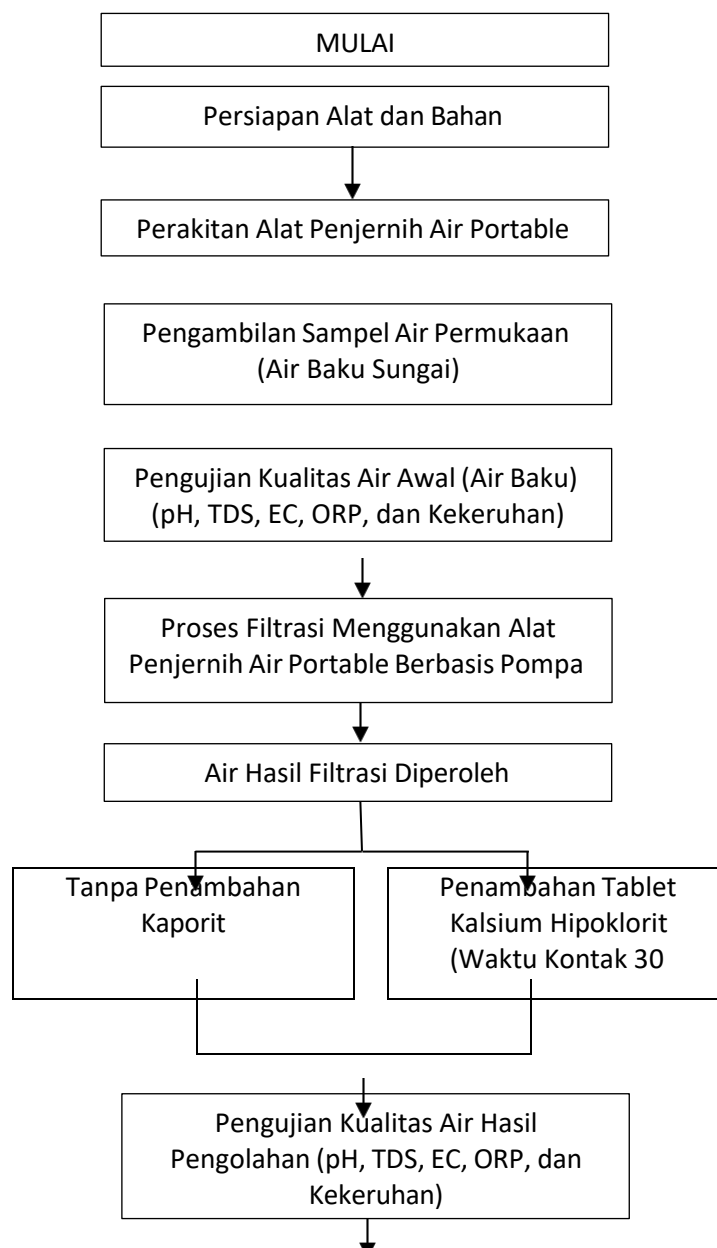
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai efektivitas sistem filtrasi bertingkat pada alat penjernih air portable dalam meningkatkan kualitas air permukaan. Hasil penelitian juga diharapkan menjadi referensi dalam pengembangan teknologi penjernihan air yang sederhana, ekonomis, mudah dioperasikan, dan memiliki mobilitas tinggi sebagai alternatif penyediaan air bersih, khususnya pada kondisi darurat akibat bencana banjir maupun di wilayah yang memiliki keterbatasan akses terhadap air bersih.

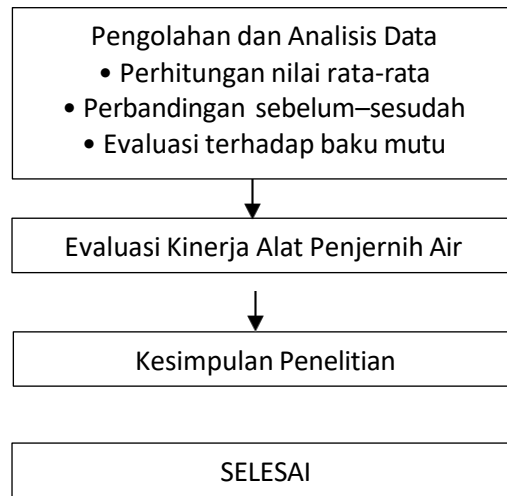
2. Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen untuk menilai kinerja alat penjernih air portable berbasis pompa listrik dalam meningkatkan

kualitas air permukaan. Evaluasi dilakukan melalui perbandingan kualitas air pada tiga tahapan, yaitu air baku, air setelah proses filtrasi, dan air hasil filtrasi yang telah diberi perlakuan desinfeksi menggunakan tablet kalsium hipoklorit. Parameter kualitas air yang dianalisis meliputi Potential of Hydrogen (pH), Total Dissolved Solids (TDS), Electrical Conductivity (EC), Oxidation Reduction Potential (ORP), dan kekeruhan (turbidity).

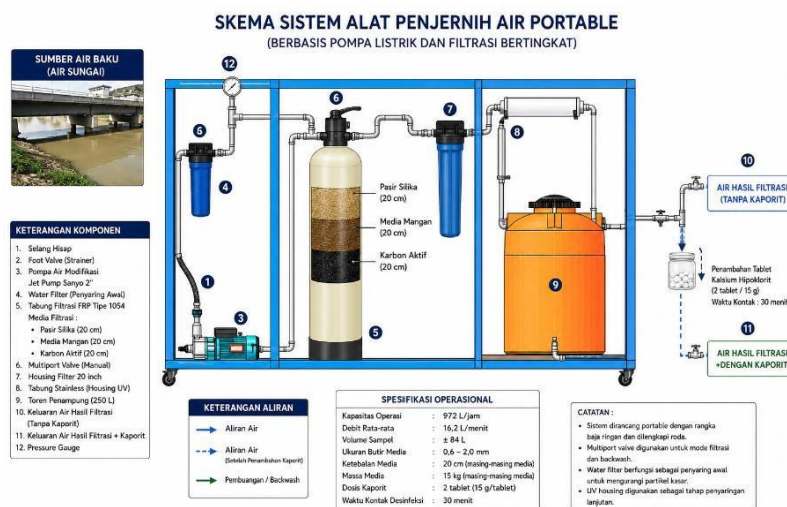
Objek penelitian berupa air permukaan yang diambil dari salah satu sungai di Kota Padang, Sumatera Barat. Pengambilan sampel dilakukan secara purposive sampling, yaitu dengan memilih lokasi yang memiliki tingkat kekeruhan cukup tinggi sehingga sesuai untuk menguji kemampuan alat penjernih air portable. Sistem pengolahan air yang digunakan terdiri atas pompa air modifikasi Jet Pump Sanyo 2 inci, *water filter* sebagai penyaring awal, tabung filtrasi FRP tipe 1054 yang diisi media pasir silika, media mangan, dan karbon aktif, multiport valve, housing filter 20 inch, serta tabung stainless (housing UV) sebagai tahap penyaringan lanjutan. Setelah proses filtrasi selesai, air hasil pengolahan dibagi menjadi dua kelompok, yaitu sampel tanpa perlakuan kaporit dan sampel yang diberi tablet kalsium hipoklorit sebelum dilakukan pengujian kualitas air. Tahapan penelitian secara keseluruhan disajikan pada Gambar 1.





Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Sistem penjernih air yang digunakan dirancang sebagai unit portable dengan prinsip filtrasi bertingkat (*multi-stage filtration system*). Air baku dipompa menuju *water filter* untuk menyaring partikel berukuran besar sebelum memasuki tabung filtrasi FRP yang berisi media pasir silika, media mangan, dan karbon aktif. Selanjutnya, air dialirkan melalui housing filter 20 inch dan tabung stainless (housing UV) sebelum ditampung sebagai air hasil filtrasi. Sebagian air hasil filtrasi kemudian diberikan perlakuan desinfeksi menggunakan tablet kalsium hipoklorit agar dapat dibandingkan dengan sampel tanpa perlakuan. Konfigurasi sistem pengolahan air yang digunakan pada penelitian ini ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema sistem alat penjernih air portable.

Skema pada Gambar 2 menggambarkan rangkaian proses pengolahan air mulai dari pengambilan air baku, penyaringan awal, proses filtrasi menggunakan media pasir silika, media mangan, dan karbon aktif, hingga penyaringan lanjutan sebelum air ditampung sebagai hasil filtrasi. Setelah itu, air hasil pengolahan dipisahkan menjadi dua kelompok, yaitu tanpa penambahan kaporit dan dengan penambahan tablet kalsium hipoklorit,

kemudian dianalisis berdasarkan parameter pH, TDS, EC, ORP, dan kekeruhan. Rangkaian proses tersebut digunakan untuk mengevaluasi efektivitas sistem filtrasi bertingkat dalam memperbaiki kualitas air permukaan.

Pengumpulan data dilakukan melalui pengujian langsung terhadap setiap sampel menggunakan instrumen yang telah dikalibrasi. Pengukuran parameter pH, TDS, EC, dan ORP dilakukan menggunakan Water Quality Meter, sedangkan nilai kekeruhan diukur menggunakan Turbidity Meter. Setiap kondisi pengujian dilakukan sebanyak dua kali, kemudian hasilnya dirata-ratakan sebagai data penelitian. Selama pelaksanaan penelitian, kondisi operasional alat dijaga tetap, meliputi susunan media filtrasi, ketebalan media sebesar 20 cm, massa masing-masing media 15 kg, ukuran butir media 0,6–2,0 mm, kapasitas operasi alat 972 L/jam, debit filtrasi rata-rata 16,2 L/menit, volume air yang diproses sekitar 84 L, penggunaan 2 tablet kaporit (15 g/tablet), serta waktu kontak desinfeksi selama 30 menit. Pengendalian kondisi tersebut bertujuan untuk memastikan bahwa perubahan kualitas air yang diamati berasal dari proses filtrasi, bukan dari variasi kondisi pengujian.

Data hasil pengujian dianalisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan menghitung nilai rata-rata setiap parameter, membandingkan kualitas air sebelum dan sesudah proses pengolahan, serta mengevaluasi hasilnya terhadap baku mutu kualitas air yang berlaku. Penilaian kinerja alat dilakukan berdasarkan perubahan nilai pH dan ORP, serta besarnya penurunan TDS, EC, dan kekeruhan. Seluruh hasil analisis kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memberikan gambaran yang komprehensif mengenai kinerja alat penjernih air portable.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perubahan Kualitas Air Setelah Proses Filtrasi

Kinerja alat penjernih air portable dievaluasi berdasarkan perubahan kualitas air sebelum dan sesudah proses pengolahan melalui sistem filtrasi bertingkat serta desinfeksi menggunakan tablet kalsium hipoklorit. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan karakteristik air baku sungai, air hasil filtrasi, dan air hasil filtrasi setelah proses desinfeksi. Parameter yang digunakan sebagai indikator kinerja meliputi Potential of Hydrogen (pH), Total Dissolved Solids (TDS), Electrical Conductivity (EC), Oxidation Reduction Potential (ORP), dan kekeruhan. Ringkasan hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan hasil pengujian kualitas air sebelum dan sesudah proses pengolahan

Parameter	Air Baku Sungai	Air Hasil Filtrasi	Air Hasil Filtrasi + Kaporit	Perubahan
pH	6,81	6,92	6,98	Meningkat mendekati netral
TDS (mg/L)	167	158	147	Menurun
EC (μS/cm)	335	315	297	Menurun
ORP (mV)	276	274	332	Meningkat setelah desinfeksi
Kekeruhan	179	26	24	Menurun
(NTU)				signifikan

Sumber: Hasil pengujian penelitian, 2026.

Secara umum, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pengolahan yang diterapkan mampu memperbaiki kualitas air pada seluruh parameter yang diamati.

Perbaikan paling nyata terlihat pada nilai kekeruhan, yang mengalami penurunan drastis dari 179 NTU menjadi 26 NTU setelah proses filtrasi, kemudian kembali menurun menjadi 24 NTU setelah tahap desinfeksi. Penurunan ini mengindikasikan bahwa sistem filtrasi bertingkat memiliki kemampuan yang tinggi dalam menyisihkan partikel tersuspensi yang menjadi penyebab utama tingginya kekeruhan air permukaan. Dengan demikian, proses filtrasi memberikan kontribusi utama terhadap peningkatan kejernihan air.

Peningkatan kualitas air juga tercermin dari penurunan nilai Total Dissolved Solids (TDS) dan Electrical Conductivity (EC). Nilai TDS berkurang dari 167 mg/L menjadi 147 mg/L, sedangkan EC menurun dari 335 $\mu\text{S}/\text{cm}$ menjadi 297 $\mu\text{S}/\text{cm}$ setelah seluruh tahapan pengolahan selesai. Penurunan kedua parameter tersebut menunjukkan bahwa sistem filtrasi tidak hanya efektif menyaring partikel tersuspensi, tetapi juga mampu mengurangi sebagian zat terlarut dan ion yang memengaruhi daya hantar listrik air. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi media pasir silika, media mangan, dan karbon aktif bekerja secara komplementer melalui mekanisme penyaringan, adsorpsi, dan oksidasi sehingga mampu memperbaiki karakteristik fisik maupun kimia air.

Berbeda dengan parameter TDS, EC, dan kekeruhan, nilai pH mengalami perubahan yang relatif kecil. Nilai pH meningkat secara bertahap dari 6,81 pada air baku menjadi 6,92 setelah filtrasi dan mencapai 6,98 setelah penambahan kaporit. Kecenderungan tersebut menunjukkan bahwa proses pengolahan mampu mengarahkan kondisi air menuju kisaran netral tanpa menyebabkan perubahan kimia yang berlebihan. Stabilitas pH merupakan indikator bahwa media filtrasi bekerja secara efektif tanpa mengganggu keseimbangan kimia air, sehingga kualitas air hasil pengolahan tetap terjaga.

Parameter Oxidation Reduction Potential (ORP) menunjukkan karakteristik yang berbeda dibandingkan parameter lainnya. Nilai ORP relatif tetap setelah proses filtrasi, namun meningkat secara signifikan setelah penambahan tablet kalsium hipoklorit. Fenomena ini menunjukkan bahwa proses filtrasi lebih berperan dalam menghilangkan kontaminan fisik, sedangkan proses desinfeksi memberikan pengaruh terhadap sifat oksidatif air. Peningkatan ORP setelah penambahan kaporit mengindikasikan meningkatnya kemampuan oksidasi air, yang berkaitan dengan efektivitas proses desinfeksi dalam menghambat keberadaan mikroorganisme.

Secara keseluruhan, hasil penelitian memperlihatkan bahwa penerapan sistem filtrasi bertingkat yang dipadukan dengan desinfeksi menghasilkan peningkatan kualitas air yang lebih optimal dibandingkan filtrasi saja. Filtrasi berkontribusi utama dalam menurunkan kekeruhan, TDS, dan EC, sedangkan proses desinfeksi memperkuat kualitas kimia air melalui peningkatan nilai ORP tanpa mengubah pH secara signifikan. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi kedua proses tersebut mampu menghasilkan sistem pengolahan air yang saling melengkapi, sehingga alat penjernih air portable yang dikembangkan memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai solusi penyediaan air bersih pada kondisi darurat, wilayah terdampak bencana, maupun daerah dengan keterbatasan akses terhadap sistem pengolahan air konvensional.

3.2 Perubahan Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (*Potential of Hydrogen* atau pH) merupakan salah satu indikator utama dalam penilaian kualitas air karena berpengaruh terhadap berbagai proses fisika,

kimia, dan biologis yang berlangsung di dalam air. Selain menentukan efektivitas proses pengolahan, nilai pH juga menjadi parameter penting dalam menilai kelayakan air untuk dimanfaatkan. Berdasarkan hasil pengujian, nilai pH mengalami peningkatan secara bertahap dari 6,81 pada air baku menjadi 6,92 setelah proses filtrasi, kemudian meningkat menjadi 6,98 setelah penambahan tablet kalsium hipoklorit. Meskipun peningkatan tersebut tidak terlalu besar, kecenderungan menuju kondisi netral menunjukkan bahwa sistem pengolahan mampu memperbaiki karakteristik kimia air tanpa mengubah keseimbangan alamnya secara signifikan.

Perubahan nilai pH tersebut mengindikasikan bahwa media filtrasi yang digunakan berperan tidak hanya dalam menyisihkan kontaminan, tetapi juga dalam menjaga kestabilan kondisi kimia air. Pasir silika berfungsi sebagai penyaring partikel tersuspensi, media mangan membantu proses oksidasi terhadap senyawa anorganik tertentu, sedangkan karbon aktif berperan melalui mekanisme adsorpsi terhadap senyawa organik serta zat penyebab warna dan bau. Sinergi ketiga media tersebut menghasilkan proses filtrasi yang efektif dalam meningkatkan kualitas air sekaligus mempertahankan nilai pH pada rentang yang relatif stabil.

Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian (Tjhajanti dan Ernanda., 2024) yang menyatakan bahwa penggunaan media filtrasi bertingkat berupa pasir silika, karbon aktif, dan zeolit mangan mampu meningkatkan kualitas air tanpa menyebabkan perubahan pH yang signifikan. Mereka menjelaskan bahwa kombinasi media tersebut bekerja secara sinergis dalam memperbaiki karakteristik fisik dan kimia air sehingga nilai pH tetap berada dalam kisaran baku mutu yang dipersyaratkan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem filtrasi bertingkat lebih berperan dalam menghilangkan kontaminan dibandingkan mengubah sifat kimia dasar air.

Kesesuaian hasil juga ditemukan pada penelitian (Zahro et al., 2022) yang menggunakan kombinasi pasir silika, karbon aktif, dan *manganese greensand* sebagai media filtrasi. Penelitian tersebut melaporkan bahwa proses filtrasi mampu mempertahankan kestabilan nilai pH selama pengolahan air. Kondisi ini disebabkan oleh mekanisme utama filtrasi yang didominasi oleh proses penyaringan, adsorpsi, dan oksidasi, sehingga tidak menyebabkan perubahan konsentrasi ion hidrogen secara langsung. Dengan demikian, perubahan pH yang relatif kecil pada penelitian ini merupakan karakteristik yang umum dijumpai pada sistem filtrasi multimedia.

Setelah proses filtrasi, penambahan tablet kalsium hipoklorit menghasilkan peningkatan nilai pH hingga 6,98, namun kenaikan tersebut masih berada pada kisaran yang wajar. Hal ini menunjukkan bahwa dosis desinfektan yang digunakan cukup untuk mendukung proses desinfeksi tanpa menimbulkan perubahan keseimbangan asam-basa air secara berarti. Stabilitas nilai pH setelah desinfeksi menjadi aspek penting karena efektivitas hipoklorit sangat dipengaruhi oleh kondisi pH air, sehingga nilai yang mendekati netral mendukung proses desinfeksi berlangsung secara optimal sekaligus mempertahankan kualitas air hasil pengolahan.

Berdasarkan mekanisme pengolahan yang terjadi, dapat dipahami bahwa sistem filtrasi dan desinfeksi memiliki fungsi yang saling melengkapi. Filtrasi bertugas mengurangi kontaminan fisik maupun sebagian zat terlarut, sedangkan desinfeksi meningkatkan keamanan mikrobiologis air tanpa memberikan dampak yang berarti terhadap keseimbangan kimianya. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa integrasi media pasir silika, media mangan, karbon aktif, dan tablet kalsium hipoklorit mampu menghasilkan sistem pengolahan yang efektif sekaligus stabil dari aspek kualitas kimia air.

Dari perspektif akademik, hasil penelitian ini memperkuat konsep bahwa multimedia filtration tidak hanya efektif dalam proses pemisahan fisik, tetapi juga berperan dalam menjaga kestabilan parameter kimia selama pengolahan air. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada pembuktian bahwa penerapan sistem filtrasi bertingkat yang dipadukan dengan desinfeksi menggunakan kalsium hipoklorit pada alat penjernih air portable mampu menghasilkan air dengan nilai pH yang tetap stabil dan mendekati kondisi netral. Temuan tersebut menambah bukti empiris mengenai efektivitas teknologi penjernihan air portable sebagai alternatif penyediaan air bersih, khususnya untuk kondisi darurat maupun wilayah yang memiliki keterbatasan akses terhadap sistem pengolahan air konvensional.

3.3 Penurunan Total Dissolved Solids (TDS) dan Electrical Conductivity (EC)

Total Dissolved Solids (TDS) dan Electrical Conductivity (EC) merupakan dua parameter yang memiliki keterkaitan erat dalam penilaian kualitas air. TDS menunjukkan jumlah keseluruhan zat terlarut yang terdapat di dalam air, meliputi mineral, garam, ion, serta senyawa organik maupun anorganik, sedangkan EC menggambarkan kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik yang dipengaruhi oleh konsentrasi ion-ion terlarut. Oleh karena itu, perubahan nilai kedua parameter tersebut dapat mencerminkan efektivitas proses pengolahan dalam mengurangi kandungan zat terlarut pada air.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai TDS mengalami penurunan secara bertahap dari 167 mg/L pada air baku menjadi 158 mg/L setelah proses filtrasi, kemudian berkurang kembali menjadi 147 mg/L setelah tahap desinfeksi menggunakan tablet kalsium hipoklorit. Penurunan tersebut mengindikasikan bahwa sistem filtrasi bertingkat mampu mengurangi sebagian kandungan padatan terlarut yang terdapat dalam air sungai. Walaupun media filtrasi yang digunakan tidak memiliki kemampuan menghilangkan seluruh zat terlarut sebagaimana teknologi reverse osmosis (RO), kombinasi media pasir silika, media mangan, dan karbon aktif tetap memberikan kontribusi dalam menurunkan konsentrasi zat terlarut melalui mekanisme penyaringan, adsorpsi, dan oksidasi.

Hasil tersebut sejalan dengan penelitian (Tjhajanti dan Ernanda., 2024) yang melaporkan bahwa penggunaan media filtrasi bertingkat efektif dalam menurunkan nilai TDS melalui kombinasi proses penyaringan fisik dan adsorpsi. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa karbon aktif memiliki luas permukaan yang besar sehingga mampu mengadsorpsi senyawa organik terlarut, sedangkan media mangan berfungsi mengoksidasi logam-logam tertentu sehingga lebih mudah dipisahkan selama proses filtrasi. Sinergi antar media tersebut menjadi faktor utama dalam meningkatkan kualitas air hasil pengolahan.

Tren penurunan juga terlihat pada parameter Electrical Conductivity (EC). Nilai EC berkurang dari 335 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pada air baku menjadi 315 $\mu\text{S}/\text{cm}$ setelah proses filtrasi, kemudian turun menjadi 297 $\mu\text{S}/\text{cm}$ setelah proses desinfeksi. Penurunan ini menunjukkan bahwa berkurangnya konsentrasi ion terlarut di dalam air secara langsung menurunkan kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik. Hubungan yang searah antara nilai TDS dan EC memperlihatkan bahwa proses filtrasi berhasil mengurangi kandungan zat terlarut yang berkontribusi terhadap konduktivitas listrik air.

Temuan tersebut didukung oleh penelitian (Zahro et al., 2022) yang menyatakan bahwa sistem multimedia filtration dengan media pasir silika, karbon aktif, dan *manganese greensand* mampu menurunkan nilai EC sebagai akibat berkurangnya jumlah ion terlarut selama proses pengolahan. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa

semakin rendah konsentrasi ion di dalam air, maka semakin kecil pula nilai konduktivitas listrik yang dihasilkan. Dengan demikian, penurunan nilai EC pada penelitian ini menjadi salah satu indikator keberhasilan sistem filtrasi dalam memperbaiki kualitas kimia air.

Tahap desinfeksi menggunakan tablet kalsium hipoklorit tidak memberikan perubahan yang berarti terhadap nilai TDS maupun EC. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa jumlah desinfektan yang ditambahkan relatif kecil sehingga tidak meningkatkan konsentrasi ion terlarut secara signifikan. Oleh karena itu, peran utama kalsium hipoklorit dalam penelitian ini lebih difokuskan sebagai agen desinfeksi untuk mengendalikan kontaminan mikrobiologis tanpa memengaruhi karakteristik fisik maupun kimia air secara nyata.

Jika dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, nilai TDS air hasil pengolahan sebesar 147 mg/L masih berada jauh di bawah batas maksimum yang dipersyaratkan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem penjernih air portable yang dikembangkan mampu menghasilkan air dengan kandungan padatan terlarut yang memenuhi standar kualitas air. Penurunan nilai EC yang terjadi juga memperkuat indikasi bahwa proses pengolahan berhasil mengurangi kandungan ion terlarut sehingga meningkatkan kualitas kimia air secara keseluruhan.

Secara umum, kombinasi media pasir silika, media mangan, dan karbon aktif terbukti bekerja secara sinergis dalam menurunkan nilai TDS dan EC melalui mekanisme penyaringan, adsorpsi, serta oksidasi. Hasil penelitian ini memperkuat konsep bahwa multimedia filtration tidak hanya efektif dalam menghilangkan kontaminan fisik, tetapi juga mampu memperbaiki karakteristik kimia air dengan mengurangi konsentrasi zat terlarut. Temuan tersebut menunjukkan bahwa alat penjernih air portable yang dikembangkan memiliki potensi sebagai teknologi alternatif penyediaan air bersih, khususnya pada kondisi darurat bencana maupun di wilayah yang belum memiliki akses memadai terhadap sistem pengolahan air konvensional.

3.4 Perubahan Oxidation Reduction Potential (ORP)

Oxidation Reduction Potential (ORP) merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menggambarkan kemampuan air dalam menjalankan reaksi oksidasi dan reduksi. Parameter ini banyak dimanfaatkan sebagai indikator efektivitas proses desinfeksi karena berkaitan dengan kemampuan suatu oksidator dalam menonaktifkan mikroorganisme patogen. Semakin tinggi nilai ORP, semakin besar pula potensi oksidatif air sehingga kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri, virus, dan mikroorganisme lainnya menjadi lebih baik.

Berdasarkan hasil pengujian, nilai ORP pada air baku sebesar 276 mV, kemudian mengalami sedikit penurunan menjadi 274 mV setelah melewati proses filtrasi. Perubahan yang relatif kecil tersebut menunjukkan bahwa sistem filtrasi bertingkat belum memberikan pengaruh yang berarti terhadap kondisi oksidasi-reduksi air. Sebaliknya, setelah dilakukan desinfeksi menggunakan tablet kalsium hipoklorit, nilai ORP meningkat secara signifikan menjadi 332 mV. Peningkatan ini menunjukkan bahwa proses desinfeksi berperan dalam meningkatkan kemampuan oksidatif air melalui pembentukan senyawa klorin aktif.

Nilai ORP yang relatif stabil selama tahap filtrasi mengindikasikan bahwa media pasir silika, media mangan, dan karbon aktif lebih berfungsi dalam menghilangkan partikel tersuspensi, bahan organik, serta beberapa kontaminan anorganik daripada mengubah sifat oksidasi-reduksi air. Mekanisme yang dominan pada tahap ini meliputi proses penyaringan secara fisik, adsorpsi oleh karbon aktif, serta oksidasi terbatas pada

permukaan media filtrasi. Oleh sebab itu, perubahan nilai ORP setelah proses filtrasi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Peningkatan ORP yang terjadi setelah penambahan tablet kalsium hipoklorit berkaitan dengan terbentuknya asam hipoklorit (HOCl) dan ion hipoklorit (OCl^-) ketika senyawa tersebut larut di dalam air. Kedua spesies kimia tersebut merupakan oksidator yang kuat dan berperan dalam merusak dinding sel mikroorganisme, menginaktivasi enzim, serta menghambat proses metabolisme sel. Dengan demikian, meningkatnya nilai ORP pada penelitian ini menunjukkan bahwa proses desinfeksi berlangsung secara efektif tanpa menyebabkan perubahan yang berarti terhadap nilai pH air hasil pengolahan.

Hasil penelitian ini memiliki kesesuaian dengan temuan *World Health Organization* (WHO, 2022) yang menyatakan bahwa peningkatan nilai ORP setelah proses klorinasi dapat dijadikan indikator meningkatnya efektivitas desinfeksi. WHO menjelaskan bahwa keberadaan senyawa klorin aktif mampu menciptakan kondisi oksidatif yang tidak menguntungkan bagi mikroorganisme patogen, sehingga nilai ORP sering digunakan sebagai parameter pendukung dalam mengevaluasi keberhasilan proses desinfeksi air.

Temuan serupa juga disampaikan oleh (Gray., 2014) yang menjelaskan bahwa penggunaan senyawa hipoklorit pada proses klorinasi akan meningkatkan nilai ORP melalui pembentukan oksidator yang bereaksi dengan bahan organik maupun mikroorganisme di dalam air. Gray menegaskan bahwa peningkatan nilai ORP mencerminkan meningkatnya efektivitas proses desinfeksi, sedangkan proses filtrasi pada dasarnya lebih berorientasi pada penyisihan kontaminan fisik dan sebagian senyawa kimia daripada inaktivasi mikroorganisme.

Peningkatan nilai ORP dari 274 mV menjadi 332 mV setelah penambahan kaporit menunjukkan bahwa penerapan filtrasi dan desinfeksi secara berurutan memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan apabila hanya menggunakan filtrasi. Tahap filtrasi terlebih dahulu mengurangi partikel tersuspensi serta bahan organik yang berpotensi mengonsumsi klorin bebas, sehingga senyawa klorin aktif yang terbentuk pada tahap desinfeksi dapat bekerja lebih efektif dalam meningkatkan kapasitas oksidasi air. Kondisi ini menunjukkan adanya hubungan yang saling mendukung antara proses filtrasi dan desinfeksi dalam meningkatkan kualitas air.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan nilai ORP menjadi salah satu indikator keberhasilan penerapan sistem penjernih air portable yang dikembangkan. Sistem multimedia filtration berperan dalam memperbaiki karakteristik fisik dan sebagian sifat kimia air, sedangkan penambahan tablet kalsium hipoklorit meningkatkan kemampuan oksidatif air melalui proses desinfeksi. Integrasi kedua proses tersebut menghasilkan sistem pengolahan yang tidak hanya efektif dalam memperbaiki kualitas air, tetapi juga meningkatkan aspek keamanan mikrobiologis. Oleh karena itu, alat penjernih air portable yang dikembangkan memiliki potensi untuk diterapkan sebagai alternatif teknologi penyediaan air bersih, khususnya pada kondisi darurat bencana maupun di daerah yang belum memiliki akses memadai terhadap fasilitas pengolahan air konvensional.

3.5 Penurunan Kekeruhan (Turbidity)

Kekeruhan (*turbidity*) merupakan salah satu parameter fisik yang digunakan untuk menggambarkan tingkat kejernihan air. Nilai kekeruhan dipengaruhi oleh keberadaan partikel tersuspensi, seperti lumpur, pasir halus, bahan organik, maupun mikroorganisme yang menyebabkan cahaya sulit menembus air. Semakin tinggi tingkat kekeruhan, semakin rendah kualitas fisik air karena banyaknya partikel yang masih

tersuspensi. Oleh sebab itu, parameter ini menjadi salah satu indikator utama dalam menilai keberhasilan proses pengolahan air, khususnya pada sistem filtrasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekeruhan mengalami penurunan yang sangat signifikan selama proses pengolahan. Air baku dengan tingkat kekeruhan sebesar 179 NTU berhasil diturunkan menjadi 26 NTU setelah melewati sistem filtrasi bertingkat, kemudian kembali menurun menjadi 24 NTU setelah proses desinfeksi menggunakan tablet kalsium hipoklorit. Secara keseluruhan, sistem pengolahan mampu menurunkan kekeruhan sekitar 86,6%, yang menunjukkan bahwa alat penjernih air portable memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menyisihkan partikel tersuspensi dari air sungai. Hasil ini juga mengindikasikan bahwa proses filtrasi memberikan kontribusi terbesar terhadap peningkatan kejernihan air, sedangkan tahap desinfeksi hanya memberikan pengaruh tambahan yang relatif kecil terhadap penurunan kekeruhan.

Keberhasilan sistem filtrasi dalam menurunkan kekeruhan dipengaruhi oleh karakteristik media yang digunakan. Pasir silika berfungsi sebagai lapisan penyaring awal yang menahan partikel berukuran besar melalui mekanisme filtrasi mekanis. Selanjutnya, media mangan membantu mengoksidasi logam seperti besi dan mangan sehingga membentuk endapan yang lebih mudah dipisahkan selama proses penyaringan. Pada tahap berikutnya, karbon aktif berperan melalui mekanisme adsorpsi untuk mengurangi senyawa organik, penyebab warna, bau, serta partikel berukuran lebih halus yang masih lolos dari lapisan media sebelumnya. Kerja sama ketiga media tersebut menghasilkan proses filtrasi yang lebih efektif dibandingkan penggunaan satu jenis media secara tunggal.

Hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian (Tjhajanti dan Ernanda., 2024) yang melaporkan bahwa sistem multimedia filtration menggunakan pasir silika, karbon aktif, dan media mangan mampu menurunkan nilai kekeruhan secara signifikan. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa setiap media memiliki mekanisme kerja yang berbeda sehingga proses penyisihan partikel berlangsung secara bertahap dan menghasilkan efisiensi filtrasi yang lebih tinggi dibandingkan sistem filtrasi dengan media tunggal.

Temuan serupa juga dikemukakan oleh (Zahro et al., 2022) yang menyatakan bahwa kombinasi pasir silika, karbon aktif, dan *manganese greensand* efektif dalam meningkatkan kualitas fisik air melalui penurunan kekeruhan. Menurut penelitian tersebut, semakin banyak partikel tersuspensi yang tertahan selama proses filtrasi, maka tingkat kejernihan air akan semakin meningkat. Hasil tersebut mendukung temuan penelitian ini bahwa penerapan sistem filtrasi bertingkat merupakan metode yang efektif untuk memperbaiki kualitas fisik air permukaan.

Tahap desinfeksi menggunakan tablet kalsium hipoklorit hanya menurunkan nilai kekeruhan dari 26 NTU menjadi 24 NTU, sehingga pengaruhnya terhadap parameter ini relatif kecil. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa fungsi utama kalsium hipoklorit bukan untuk menghilangkan partikel tersuspensi, melainkan sebagai desinfektan yang berperan dalam mengendalikan mikroorganisme patogen. Dengan demikian, penurunan kekeruhan pada penelitian ini terutama dihasilkan oleh kinerja media filtrasi, sedangkan proses desinfeksi berfungsi sebagai tahap lanjutan untuk meningkatkan keamanan mikrobiologis air hasil pengolahan.

Apabila dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, penurunan nilai kekeruhan yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem penjernih air portable mampu memperbaiki kualitas fisik air secara nyata. Meskipun nilai akhir kekeruhan sebesar 24 NTU masih memerlukan pengolahan lanjutan apabila air akan dimanfaatkan sebagai air minum, hasil tersebut telah menunjukkan bahwa alat

yang dikembangkan efektif mengurangi beban partikel tersuspensi dalam jumlah yang besar. Oleh karena itu, sistem ini memiliki potensi untuk diterapkan sebagai unit pra-pengolahan (*pre-treatment*) maupun sebagai penyedia air bersih pada kondisi darurat bencana, ketika akses terhadap instalasi pengolahan air konvensional terbatas.

Secara umum, hasil penelitian membuktikan bahwa penurunan kekeruhan merupakan indikator utama keberhasilan kinerja alat penjernih air portable yang dikembangkan. Kombinasi media pasir silika, media mangan, dan karbon aktif mampu bekerja secara sinergis dalam meningkatkan kejernihan air melalui mekanisme penyaringan, oksidasi, dan adsorpsi, sedangkan penambahan tablet kalsium hipoklorit melengkapi proses pengolahan melalui fungsi desinfeksi. Temuan ini memperkuat bahwa integrasi multimedia filtration dan desinfeksi merupakan pendekatan yang efektif dalam meningkatkan kualitas air permukaan. Selain memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan teknologi pengolahan air skala portable, penelitian ini juga menunjukkan potensi penerapan sistem sebagai alternatif penyediaan air bersih yang praktis, mudah dioperasikan, dan sesuai untuk digunakan pada daerah terdampak bencana, wilayah terpencil, maupun kawasan yang belum memiliki fasilitas pengolahan air yang memadai.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat penjernih air portable berbasis pompa listrik yang menerapkan sistem multimedia filtration menggunakan media pasir silika, media mangan, dan karbon aktif, serta dipadukan dengan proses desinfeksi menggunakan tablet kalsium hipoklorit, mampu meningkatkan kualitas air permukaan. Peningkatan tersebut ditunjukkan melalui perbaikan pada parameter pH, *Total Dissolved Solids* (TDS), *Electrical Conductivity* (EC), *Oxidation Reduction Potential* (ORP), dan kekeruhan. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk mengevaluasi kinerja alat dalam meningkatkan kualitas air permukaan telah berhasil dicapai. Dari sisi teoritis, hasil ini memperkuat penerapan konsep filtrasi bertingkat yang dikombinasikan dengan desinfeksi sebagai metode pengolahan air yang efektif. Sementara itu, secara praktis, alat yang dikembangkan berpotensi dimanfaatkan sebagai alternatif penyediaan air bersih, khususnya pada kondisi darurat bencana maupun di daerah yang memiliki keterbatasan akses terhadap fasilitas pengolahan air.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Pengujian hanya dilakukan pada satu jenis sumber air permukaan dengan parameter kualitas air yang terbatas, sehingga hasil yang diperoleh belum dapat menggambarkan kinerja alat pada karakteristik air yang lebih beragam. Selain itu, aspek kualitas mikrobiologis serta ketahanan media filtrasi dalam penggunaan jangka panjang belum menjadi bagian dari kajian penelitian ini. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji kinerja alat pada berbagai jenis sumber air dengan karakteristik yang berbeda, menambahkan analisis parameter mikrobiologi, serta mengevaluasi umur pakai media filtrasi dan efisiensi sistem selama pengoperasian berkelanjutan agar efektivitas alat dapat dinilai secara lebih menyeluruh.

Referensi

- AWWA. (2017). *Water Treatment Plant Design* (5th ed.). American Water Works Association.
- Crittenden, J. C., Trussell, R. R., Hand, D. W., Howe, K. J., & Tchobanoglous, G. (2012). *MWH's Water Treatment: Principles and Design* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Edzwald, J. K. (Ed.). (2011). *Water Quality and Treatment: A Handbook on Drinking Water*

- (6th ed.). American Water Works Association.
- Gray, N. F. (2014). *Drinking Water Quality: Problems and Solutions* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Rahman, A., Salman, A., Ardianta., Ansharuddin., Nainggolan, R., Siregar, S. A., Wan Ismail, W. Z., & Abdul Ghani, M. A. (2023). Water Treatment Process using Manganese Zeolite Filter, Activated Carbon Filter, and Silica Sand Filter. *International Journal of Technical Vocational and Engineering Technology*, 3(3), 1–7.
- Riansyah, M. L., & Al Kholif, M. (2021). Pengaruh Media Filter *Manganese Greensand*, Karbon Aktif, Pasir Silika dan Kerikil dalam Menurunkan Kadar Mangan, Kekeruhan dan Bau pada Air Sumur. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 20(1). <https://doi.org/10.36456/waktu.v20i01.5151>.
- Saswini, A. A. U., Yusriyanto., & Syafri, M. (2023). Studi Penggunaan Media Filtrasi Pasir Silika, Manganese, dan Arang Aktif untuk Menurunkan Parameter Pencemaran TDS, Mangan, Nitrat (NO₂), dan MPN Coliform terhadap Kualitas Air Sumur Gali. *Barongko: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 1(3), 432–444. <https://doi.org/10.59585/bajik.v1i3.144>.
- SNI 6774:2008. (2008). *Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 6989.57:2008. (2008). *Air dan Air Limbah—Bagian 57: Metode Pengujian Kekeruhan dengan Turbidimeter*. Badan Standardisasi Nasional.
- Spellman, F. R. (2017). *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations* (4th ed.). CRC Press.
- Tjhajanti, P. H., & Ernanda, R. R. (2024). Silica Sand, Activated Carbon, and Manganese Zeolite for Clean Water Filtration. *Indonesian Journal of Cultural and Community Development*, 15(3). <https://doi.org/10.21070/ijccd.v15i3.1064>.
- World Health Organization. (2022). *Guidelines for Drinking-water Quality* (4th ed., incorporating the second addendum). World Health Organization.
- Zahro, S. F., Setyowati, R. D. N., Nengse, S., & Utama, T. T. (2022). Pengolahan limbah cair laundry menggunakan kombinasi media pasir silika–karbon aktif–*manganese greensand*. *Dampak*, 19(1), 8–16. <https://doi.org/10.25077/dampak.19.1.8-16.2022>.