

Terbit online pada laman: <https://ejurnal.umri.ac.id/index.php/JST>

Jurnal Surya Teknika

| ISSN (Print) 2354-6751 | ISSN (Online) 2723-7222 |



Research Article

Karakteristik Penjernihan Air Tanah dengan Carbon Filter Mengacu pada Permenkes Nomor 2 Tahun 2023

Viona Aulia Rahmi ^{1,*}, Muhammad Thoriq Fajri ¹, Dini Aulia Sari Ermal ¹, Megawati Fratiwi ², Ryan Oktaviandi ³, Roida Nabila ¹

¹ Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau, Jl. Tuanku Tambusai, Delima, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru, Riau 28290, Indonesia

² Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

³ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau, Jl. Tuanku Tambusai, Delima, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru, Riau 28290, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diserahkan : 20 Mei 2026
Diterima : 25 Juni 2026
Diterbitkan : 30 Juni 2026

KATA KUNCI

Air Tanah, Adsorpsi, Permenkes No. 2 Tahun 2023, Filter Karbon, Kualitas Air

KORESPONDENSI

*E-mail: vionaauliarahmi@umri.ac.id

A B S T R A K

Meskipun air tanah menjadi tumpuan utama pasokan air bersih bagi mayoritas masyarakat Indonesia, kualitasnya kerap terganggu oleh parameter fisik dan kimia yang melampaui batas aman, seperti tingginya tingkat kekeruhan, bau yang menyengat, serta konsentrasi Besi (Fe) dan Mangan (Mn) yang berlebihan. Penelitian ini difokuskan untuk menguji efektivitas purifikasi air tanah menggunakan media filter karbon aktif dalam sistem filtrasi tabung Fiber Reinforced Plastic (FRP). Studi ini mengevaluasi kinerja filtrasi dengan merujuk pada Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan (SBMKL) untuk keperluan higiene sanitasi, sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa filter karbon aktif bekerja secara efisien; mampu mereduksi kekeruhan hingga 79,3%, menghilangkan bau secara signifikan, menurunkan kadar Fe hingga memenuhi baku mutu Permenkes No. 2 Tahun 2023, serta menurunkan konsentrasi Mn, nitrat, nitrit, dan Cr^{6+} yang sejak awal telah berada dalam rentang standar. Dengan demikian, analisis efluen mengonfirmasi bahwa air hasil olahan tersebut telah memenuhi standar regulasi dan layak digunakan untuk kebutuhan sanitasi sehari-hari.

A B S T R A C T

Although groundwater is the primary source of clean water for most Indonesians, its quality is often compromised by physical and chemical parameters that exceed safe limits, such as high turbidity, a pungent odor, and excessive concentrations of iron (Fe) and manganese (Mn). This study focused on testing the effectiveness of groundwater purification using activated carbon filter media in a Fiber Reinforced Plastic (FRP) tube filtration system. This study evaluates filtration performance in accordance with the Environmental Health Quality Standards (SBMKL) for sanitation and hygiene purposes, as stipulated in Regulation of the Minister of Health (Permenkes) of the Republic of Indonesia No. 2 of 2023. The experimental results show that the activated carbon filter operates efficiently; it is capable of reducing turbidity by up to 85%, significantly eliminating odors, lowering iron (Fe) levels to meet the quality standards of Permenkes No. 2 of 2023, and reducing the concentrations of manganese (Mn), nitrate, nitrite, and Cr^{6+} which were already within the standard range from the outset. Thus, the effluent analysis confirms that the treated water meets regulatory standards and is suitable for daily sanitation needs.

1. PENDAHULUAN

Pemenuhan kebutuhan air bersih yang layak, baik dari segi kuantitas maupun kualitas, merupakan prasyarat mutlak bagi kesehatan masyarakat dan keberlangsungan hidup manusia. Dalam konteks demografi Indonesia, air tanah masih menjadi sumber daya vital yang menopang kebutuhan domestik sebagian besar rumah tangga, mulai dari kawasan urban padat penduduk hingga wilayah pedesaan. Kendati demikian, ketergantungan yang tinggi terhadap akuifer ini sering kali tidak sejalan dengan kualitas air yang tersedia. Di berbagai wilayah dengan karakteristik geologis tertentu, air tanah kerap kali terekspos oleh kontaminasi parameter fisik dan kimia yang melampaui ambang batas keamanan. Fenomena ini dapat dipicu oleh proses pelarutan mineral batuan secara alami maupun akibat dampak sekunder dari aktivitas antropogenik. Permasalahan yang paling prevalen dan sering dikeluhkan masyarakat meliputi tingginya tingkat kekeruhan, munculnya bau yang tidak sedap, serta konsentrasi logam terlarut yang signifikan, terutama unsur Besi (Fe) dan Mangan (Mn) [1].

Keberadaan kontaminan-kontaminan tersebut tidak hanya menimbulkan gangguan estetika, seperti perubahan visual air menjadi keruh atau kuning kecoklatan serta aroma logam yang menyengat, tetapi juga menyimpan potensi risiko kesehatan yang serius. Akumulasi logam berat dalam tubuh manusia melalui konsumsi air jangka panjang dapat memicu toksisitas dan berbagai gangguan fisiologis. Merespons urgensi perlindungan kesehatan masyarakat yang dinamis ini, Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Kesehatan telah mengambil langkah progresif dengan memperbarui kerangka regulasi mutu air. Penerbitan Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan menjadi tonggak baru dalam standarisasi kualitas air. Regulasi ini menetapkan Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan (SBMKL) yang jauh lebih spesifik dan ketat untuk kategori media air keperluan Higiene Sanitasi, menggantikan regulasi terdahulu demi menjamin keamanan publik secara lebih komprehensif [2].

Menghadapi standar regulasi yang semakin ketat tersebut, tantangan utama dalam rekayasa lingkungan saat ini adalah menyediakan teknologi pengolahan air yang tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga ekonomis dan mudah dioperasikan (*user-friendly*) oleh masyarakat awam. Salah satu pendekatan unit operasi yang terbukti paling andal dan luas penerapannya adalah metode adsorpsi menggunakan karbon aktif (*activated carbon*). Material ini memiliki keunggulan berupa struktur pori internal yang sangat masif, memberikan luas permukaan yang besar untuk menyerap (mengadsorpsi) berbagai spektrum polutan, mulai dari senyawa organik penyebab bau dan warna, residu klorin, hingga jenis logam berat tertentu [3]. Aplikasi teknologi ini umumnya diintegrasikan dalam sistem filtrasi multimedia menggunakan tabung Fiber Reinforced Plastic (FRP) yang dikombinasikan dengan media pendukung seperti pasir silika, menciptakan mekanisme penyaringan lapis ganda untuk menyisihkan kontaminan fisik dan kimia secara simultan.

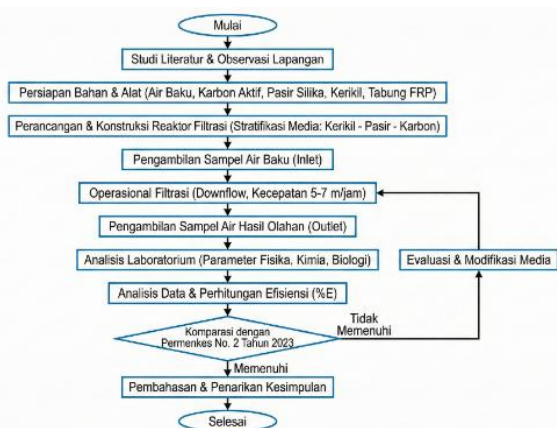
Meskipun instalasi filter karbon telah menjadi praktik umum di masyarakat, evaluasi ilmiah terhadap kinerjanya sering kali hanya terbatas pada parameter fisik kasat mata, tanpa tinjauan mendalam mengenai kepatuhannya terhadap standar hukum terbaru. Hingga saat ini, literatur yang secara spesifik mengkaji karakteristik penurunan beban polutan air tanah oleh filter karbon dengan acuan langsung pada batasan ketat Permenkes No. 2 Tahun 2023 masih terbilang minim. Kesenjangan ini menciptakan kebutuhan mendesak untuk memverifikasi apakah teknologi konvensional yang ada saat ini masih relevan dan mampu memenuhi tuntutan regulasi modern.

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu adsorpsi. Adsorpsi merupakan proses menempelnya molekul atau partikel zat cair maupun gas (disebut *adsorbat*) pada permukaan zat padat atau zat cair (disebut *adsorben*). Adsorpsi unggul dari pengoperasian, biaya dan elastisitas [4]. Oleh karena itu, penelitian ini dirancang untuk menganalisis karakteristik dan efisiensi proses penjernihan air tanah menggunakan media filter karbon aktif dalam sistem tabung FRP. Fokus utama studi ini adalah mengevaluasi kapasitas adsorpsi media dalam mereduksi parameter kritis meliputi kekeruhan, normalisasi pH, serta penyisihan logam Besi (Fe) dan

Mangan (Mn) serta memvalidasi kesesuaian kualitas air hasil olahan (effluent) terhadap standar SBMKL dalam Permenkes No. 2 Tahun 2023. Hasil dari investigasi ini diharapkan mampu memberikan landasan ilmiah dan rekomendasi teknis yang valid bagi penerapan teknologi tepat guna, memastikan penyediaan air bersih di masyarakat tidak hanya layak secara fisik, tetapi juga aman dan legal secara regulasi.

2. METODOLOGI

Studi ini menggunakan pendekatan eksperimental kuantitatif berskala laboratorium (lab-scale pilot) untuk mengevaluasi efektivitas sistem filtrasi seperti pada Gambar 1. Objek penelitian difokuskan pada air tanah dari sumur bor di wilayah Kota Pekanbaru, Riau. Pemilihan lokasi ini didasari oleh karakteristik spesifik air tanah setempat yakni kekeruhan visual yang tinggi serta indikasi kuat adanya kandungan mineral logam yang merepresentasikan tantangan kualitas air di kawasan dataran rendah gambut dan aluvial. Analisis kinerja sistem dilakukan melalui komparasi parameter kualitas air antara fase sebelum pengolahan (inlet) dan sesudah pengolahan (outlet) [5].



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Preparasi Material dan Media Filter

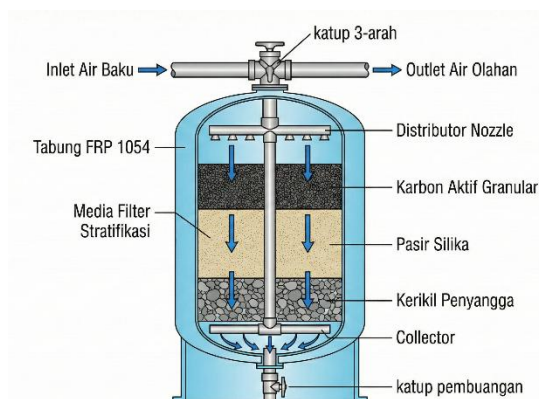
Elemen inti dalam sistem filtrasi ini adalah Karbon Aktif Granular (Granular Activated Carbon - GAC) yang terbuat dari tempurung kelapa. Material ini dipilih karena keunggulan struktur mikroporinya yang padat serta tingkat kekerasan yang tinggi, sehingga tahan terhadap gesekan (abrasi) saat proses pencucian ulang (backwash). Spesifikasi karbon yang digunakan meliputi ukuran mesh 8x30 dengan bilangan iodine (*iodine number*) minimum 800 mg/g, parameter yang menjamin kapasitas adsorpsi optimal terhadap polutan organik dan logam berat [3].

Selain media adsorben utama, sistem ini didukung oleh media pelengkap (support media) yang disusun sebagai berikut:

- Pasir Silika (Silica Sand): Berfungsi sebagai penyaring awal untuk menahan partikel kasar (makro-polutan) dan mencegah penyumbatan dini (clogging) pada lapisan karbon.
- Kerikil (Gravel): Ditempatkan di dasar reaktor untuk mendistribusikan aliran air secara merata dan mencegah lolosnya butiran media halus ke saluran keluar.

2.2. Konfigurasi Reaktor dan Prosedur Operasional

Proses filtrasi dalam tabung FRP (Fiber Reinforced Plastic) bekerja dengan mengalirkan air melewati susunan media penyaring seperti pasir silika dan karbon aktif yang tertampung dalam tabung fiberglass. Mekanisme ini bertujuan untuk menyisihkan kontaminan fisik, termasuk lumpur dan karat, dengan prinsip menahan partikel yang ukurannya melebihi pori-pori media.



Gambar 2. Rancangan tabung FRP (Fiber Reinforced Plastic)

Untuk mempertahankan kinerja sistem, perawatan dilakukan melalui metode backwash (pencucian balik). Proses ini dijalankan secara berkala menggunakan katup tiga arah (3-way valve) untuk membilas media filter yang mulai jenuh atau tersumbat, sehingga kualitas kejernihan air dan kelancaran aliran tetap terjaga secara optimal.

Air baku dialirkan ke dalam reaktor secara downflow (aliran dari atas ke bawah) menggunakan pompa dengan debit yang dikontrol konstan. Kecepatan filtrasi dijaga pada rentang 5-7 m/jam guna memastikan waktu kontak (*empty bed contact time*)

yang memadai antara air dan media karbon. Sebelum pengambilan data, dilakukan fase pengondisian (conditioning) dengan mengalirkan air selama 30 menit hingga efluen terlihat jernih. Pengambilan sampel air (sampling) dilakukan pada titik masuk dan keluar menggunakan wadah polietilen steril yang telah dipersiapkan mengikuti standar prosedur pengawetan sampel [6].

2.3. Parameter Analisis

Pemilihan parameter uji dalam penelitian ini secara ketat merujuk pada Lampiran Permenkes No. 2 Tahun 2023 untuk kategori Higiene Sanitasi. Evaluasi mencakup tiga aspek utama: parameter fisik (kekeruhan, warna, bau, dan TDS), parameter kimia (pH, Nitrat, Nitrit, Kromium valensi 6, Besi, serta Mangan), dan indikator biologi (E. coli dan Total Coliform) sebagai kontrol kualitas. Selanjutnya, data hasil olahan (effluent) divalidasi dengan membandingkannya terhadap standar baku mutu tersebut. Untuk mengukur efektivitas sistem, efisiensi penyisihan (%E) dihitung melalui persamaan berikut:

$$\%E = \frac{C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}}{C_{\text{awal}}} \times 100\%$$

Di mana C_{awal} merepresentasikan konsentrasi pada air baku (inlet) dan C_{akhir} adalah konsentrasi setelah pengolahan (outlet). Apabila ditemukan parameter yang masih melampaui ambang batas regulasi misalnya kadar Fe yang tertinggal di atas 0,2 mg/L maka dilakukan analisis kegagalan (failure analysis) untuk mengidentifikasi faktor penyebab inefisiensi tersebut [2].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Air Baku dengan Standar Baku Mutu

Analisis pendahuluan terhadap kondisi air tanah di lokasi studi mengungkapkan kualitas yang kurang layak, ditandai oleh karakteristik fisik yang buruk serta konsentrasi logam yang melampaui ambang batas aman. Sebagai evaluasi kinerja pengolahan, perbandingan spesifik antara kualitas air baku dan air hasil olahan dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1.

Perbandingan Kualitas Air Baku (Inlet) dan Air Hasil Olahan (Outlet) Mengacu pada Permenkes No. 2 Tahun 2023

Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu (Permenkes 2/2023)*	Air Baku (Inlet)	Air Hasil Olahan (Outlet)	Efisiensi Penyisihan (%E)	Status
Fisika						
Kekeruhan	NTU	<3	9,14	1,89	79,3%	Memenuhi
Warna	TCU	10	9,8	1,70	72,5%	Memenuhi
Bau	-	Tidak Berbau	Berbau Besi	Tidak Berbau	-	Memenuhi
TDS	mg/L	<300	98,0	43,0	56,1%	Memenuhi
Kimia						
pH	-	6,5 - 8,5	6,68	7,15	-	Memenuhi
Nitrat (sebagai NO ₃)	mg/L	20	0,017	0,009	47,1%	Memenuhi
Nitrit (sebagai NO ₂)	mg/L	3	0,0039	0,0021	62,1%	Memenuhi
Kromium valensi 6 (Cr ⁶⁺)	mg/L	0,01	0,0029	0,0011	62,1%	Memenuhi
Besi (Fe)	mg/L	0,2	0,310	0,052	83,2%	Memenuhi
Mangan (Mn)	mg/L	0,1	0,0127	0,0023	81,9%	Memenuhi
Biologi						
<i>Escherichia coli</i>	CFU/100 mL	0	0	0	0%	Memenuhi
Total Coliform	CFU/100 mL	0	0	0	0%	Memenuhi

*Catatan: Standar untuk keperluan Higiene Sanitasi.

3.2. Analisis Mekanisme Adsorpsi Karbon Aktif

Merujuk pada data yang tersaji di Tabel 1, sistem filtrasi terbukti memiliki kinerja tinggi dalam memulihkan kualitas fisik dan kimia air baku. Indikator keberhasilan fisik paling menonjol terlihat pada penurunan drastis kekeruhan dari 9,14 NTU menjadi 1,89 NTU, yang setara dengan efisiensi penyisihan sebesar 79,3%. Perbaikan estetika air juga tercapai secara optimal, di mana bau besi berhasil dihilangkan total, sementara intensitas warna dan Total Zat Padat Terlarut (TDS) masing-masing tereduksi sebesar 72,5% dan 56,1%.



Gambar 3. Air Baku (Inlet) dan Air Hasil Olahan (Outlet)

Dari perspektif kimia, media filter menunjukkan kemampuan dalam menurunkan konsentrasi berbagai parameter terukur. Dampak paling signifikan terlihat pada parameter Fe yang pada kondisi awal melampaui baku mutu, sedangkan parameter Mn, nitrat, nitrit, dan Cr^{6+} telah memenuhi baku mutu sejak kondisi air baku namun tetap mengalami penurunan konsentrasi setelah proses filtrasi (Reynolds & Richards, 1996). Kadar Besi (Fe) berhasil ditekan hingga 0,052 mg/L dengan tingkat efisiensi 83,2%, diikuti oleh penurunan kadar Mangan (Mn) sebesar 81,9%. Selain itu, pergeseran pH dari 6,68 menuju 7,15 mengindikasikan bahwa air telah mencapai kondisi netral yang lebih stabil. Dengan demikian, seluruh parameter pada air hasil olahan dipastikan telah memenuhi standar Permenkes No. 2 Tahun 2023, sehingga aman dan layak digunakan untuk keperluan higiene sanitasi.

3.3. Penyesuaian pH

Pengukuran awal menunjukkan bahwa air baku memiliki karakteristik sedikit asam dengan nilai pH 6,68. Setelah melalui tahap filtrasi, terjadi peningkatan pH menjadi 7,15. Perubahan positif ini dipengaruhi oleh interaksi air dengan kandungan abu (ash content) pada media karbon aktif yang bersifat alkalis (basa), yang secara efektif menetralkan keasaman. Dengan demikian, kondisi akhir air hasil olahan telah stabil dalam rentang netral (6,5 – 8,5) sesuai dengan persyaratan Permenkes No. 2 Tahun 2023 [2].

3.4. Evaluasi Terhadap Regulasi Permenkes No.2 Tahun 2023

Evaluasi kelayakan air hasil olahan (effluent) dilakukan dengan merujuk secara ketat pada Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan (SBMKL) untuk keperluan Higiene Sanitasi, sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 [2]. Berdasarkan komparasi data

inlet dan outlet, berikut adalah analisis kepatuhan terhadap regulasi tersebut:

• Pemulihan Kualitas Fisik

Secara visual dan estetika, air hasil olahan telah memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Parameter kekeruhan (turbidity) yang pada awalnya tercatat tinggi sebesar 9,14 NTU berhasil direduksi menjadi 1,89 NTU, angka yang jauh di bawah ambang batas maksimal 3 NTU sebagaimana dipersyaratkan regulasi [2]. Penurunan signifikan ini terjadi akibat mekanisme penyaringan fisik (straining) dan sedimentasi yang terjadi pada lapisan media filter, di mana partikel koloid terperangkap dalam rongga antar butiran media [5]. Selain itu, masalah organoleptik berupa bau besi yang terdeteksi pada air baku berhasil dieliminasi sepenuhnya. Hal ini dikarenakan struktur mikropori karbon aktif mampu mengadsorpsi molekul penyebab bau secara efektif [3], menjadikan air tidak berbau, jernih, dan layak digunakan untuk keperluan sanitasi rumah tangga.

• Kepatuhan Parameter Kimia Utama

Aspek paling krusial dalam evaluasi ini adalah penurunan kadar logam berat. Pada kondisi awal, kadar Besi (Fe) mencapai 0,310 mg/L, yang berarti melampaui ambang batas regulasi sebesar 0,2 mg/L sebagaimana ditetapkan dalam [2]. Setelah melalui proses filtrasi, kadar Fe turun signifikan menjadi 0,052 mg/L. Penurunan ini terjadi karena karbon aktif tidak hanya bertindak sebagai penyaring fisik, tetapi juga menyediakan situs aktif untuk adsorpsi ion logam, sehingga memastikan parameter ini kini berstatus memenuhi syarat. Parameter Mangan, Nitrat, Nitrit, dan Kromium (VI) telah memenuhi baku mutu sejak kondisi air baku. Meskipun demikian, proses filtrasi masih menghasilkan penurunan konsentrasi pada parameter-parameter tersebut. Sementara itu, parameter Fe yang semula melebihi baku mutu berhasil direduksi hingga berada di bawah batas yang dipersyaratkan. Kinerja ini menegaskan bahwa media filter mampu mengatasi polutan kimia anorganik secara efektif [3].

• Keamanan Biologis

Hasil pengujian mikrobiologi menunjukkan bahwa baik *Escherichia coli* maupun Total Coliform menunjukkan angka 0 CFU/100 mL, baik sebelum maupun sesudah pengolahan. Hal ini mengindikasikan bahwa sumber air baku relatif bebas dari kontaminasi

tinja, mengingat *E. coli* merupakan indikator spesifik untuk pencemaran fekal [7]. Selain itu, data ini menegaskan bahwa unit filtrasi yang digunakan beroperasi dalam kondisi higienis dan tidak menjadi media pertumbuhan bakteri baru (*regrowth*), sehingga sterilitas air tetap terjaga.

Secara keseluruhan, sistem filtrasi yang diterapkan terbukti mampu mengubah air baku yang awalnya sub-standard terutama pada parameter Kekeruhan dan Besi menjadi air bersih yang sepenuhnya memenuhi (*complied*) seluruh persyaratan SBMKL [2]. Kinerja penyisihan yang komprehensif pada parameter fisik dan kimia ini menunjukkan efektivitas teknologi karbon aktif dalam pengolahan air tanah. Dengan demikian, air hasil olahan ini dinyatakan aman secara hukum dan teknis untuk dimanfaatkan sebagai media air keperluan higiene sanitasi.

4. SIMPULAN

Secara keseluruhan, studi ini membuktikan bahwa integrasi media karbon aktif dalam reaktor filtrasi tabung FRP (Fiber Reinforced Plastic) merupakan solusi teknis yang andal untuk remediasi kualitas air tanah di lokasi penelitian. Kinerja sistem terbukti unggul dalam mereduksi polutan utama mencatatkan efisiensi penyisihan Besi (Fe) sebesar 83,2%, Mangan (Mn) sebesar 81,9%, serta penurunan kekeruhan hingga 79,3% sejalan dengan prinsip pengolahan air menggunakan media granular. Selain itu, proses filtrasi juga berhasil memperbaiki parameter kimiawi melalui netralisasi pH dari 6,68 menjadi 7,15, sekaligus menghilangkan bau logam secara total.

Evaluasi akhir memastikan bahwa air hasil olahan (*effluent*) telah memiliki kepatuhan penuh terhadap seluruh parameter fisik, kimia, dan biologi yang dipersyaratkan dalam [2] mengenai Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan. Dengan demikian, teknologi ini layak direkomendasikan sebagai alternatif metode penyediaan air bersih yang aman dan aplikatif untuk kondisi air tanah dengan karakteristik serupa [1].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. C. Elvania, *Buku Ajar Pengolahan Air Bersih*. Solokan Jeruk, Jawa Barat: Widina Media Utama, 2025.
- [2] KEMENKES, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.2 Tahun 2023," 2023.
- [3] R. C. Bansal dan M. Goyal, *Activated Carbon Adsorption*. Boca Raton: CRC Press, 2025. doi: 10.1201/9781420028812.
- [4] D. A. S. Ermal *et al.*, "Pemanfaatan Tulang Ikan Patin (*Pangasius sp.*) sebagai Adsorben untuk Penjernihan Air Gambut," *J. Surya Tek.*, vol. 11, hal. 625–629, 2024.
- [5] T. D. Reynolds dan P. A. Richards, "Unit Operations and Processes in Environmental Engineeringf," 1992, *PWS Publishing Company, London*.
- [6] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 6989.57 2008," 2008.
- [7] World Health Organization, "Guidelines for Drinking - water Quality," 2017.