

EFEKTIVITAS ADSORBEN KULIT SINGKONG DALAM PENGUJIAN KUALITAS AIR DI WILAYAH PADALARANG MELALUI METODE ADSORPSI

NINIK YUNINGSIH^{1*}, PUTRI SRI HARYATI¹, ANIS ENDAH DESTAWATI¹,
DAN ARLIANTY MARLINDA PUTRI¹

¹Program Keahlian Teknik Kimia Industri, SMK Negeri 4 Padalarang, Jalan Raya Padalarang No. 451,
Desa Kertajaya, Kec. Padalarang, 40553, Indonesia

*alamat email korepondensi: ninik.yuningsih@smkn4padalarang.sch.id

Informasi Artikel

Abstrak/Abstract

Kata Kunci: Kulit
Singkong; Adsorben;
Kualitas Air, Ion Fe²⁺;
Adsorpsi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas kulit singkong (*Manihot esculenta*) sebagai adsorben alami dalam memperbaiki kualitas air berdasarkan tiga parameter utama, yaitu pH, kadar Fe²⁺, dan kekeruhan. Proses adsorpsi dilakukan terhadap air tercemar yang memiliki kadar awal Fe²⁺ sebesar 245,74 mg/L, pH 4,4 (bersifat asam), dan kekeruhan 25,5 NTU. Setelah proses adsorpsi selama 60 menit menggunakan adsorben kulit singkong, diperoleh hasil bahwa pH meningkat menjadi 6,96; kadar Fe²⁺ menurun signifikan hingga 0,02 mg/L dan nilai kekeruhan menurun menjadi 10 NTU. Pengukuran kadar Fe²⁺ dilakukan menggunakan metode titrasi redoks dengan KMnO₄. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kulit singkong memiliki efektivitas tinggi dalam menurunkan kandungan Fe²⁺ dan menstabilkan pH air, di mana keduanya telah memenuhi standar baku mutu air menurut Permenkes No. 32 Tahun 2017, yaitu kadar Fe maksimal 1,0 mg/L dan pH antara 6,5–8,5. Namun, parameter kekeruhan belum memenuhi batas standar yang ditetapkan, yaitu maksimal 5 NTU. Temuan ini menunjukkan bahwa kulit singkong merupakan alternatif adsorben yang potensial, terutama untuk pengolahan air dengan kandungan logam besi tinggi. Untuk meningkatkan efektivitas penurunan kekeruhan, perlu dilakukan optimasi proses atau kombinasi dengan metode lain seperti koagulasi atau filtrasi. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pemanfaatan limbah organik lokal sebagai solusi murah dan ramah lingkungan dalam pengolahan air rumah tangga.

Keywords: Cassava
Peel; Adsorbent;
Water Quality; Fe²⁺
Ion; Adsorption.

*This study investigates the effectiveness of cassava peel (*Manihot esculenta*) as a natural adsorbent for improving water quality, focusing on three key parameters: pH, Fe²⁺ concentration, and turbidity. Contaminated water with an initial Fe²⁺ concentration of 245.74 mg/L, pH of 4.4, and turbidity of 25.5 NTU was treated through a 60-minute adsorption process using cassava peel. Post-treatment results showed a pH increase to 6.96, a substantial reduction in Fe²⁺ concentration to 0.02 mg/L, and a turbidity decrease to 10 NTU. Fe²⁺ levels were measured using redox titration with KMnO₄. The findings demonstrate that cassava peel is highly effective in reducing Fe²⁺ content and stabilising pH, both complying with the Indonesian water quality standards (Ministry of Health Regulation No. 32 of 2017), which stipulate a maximum Fe concentration of 1.0 mg/L and pH between 6.5 and 8.5. However, the turbidity level did not meet the required threshold of ≤5 NTU. These results highlight cassava peel as a promising, low-cost, and eco-friendly alternative adsorbent, particularly for iron-contaminated water. Further optimisation or integration with complementary methods such as coagulation or filtration is recommended to improve turbidity removal. This study supports the valorisation of local organic waste for sustainable household water treatment applications.*

PENDAHULUAN

Ketersediaan air bersih yang aman merupakan kebutuhan dasar manusia yang sangat vital dalam menunjang kehidupan sehari-hari. Air bersih tidak hanya digunakan untuk konsumsi, tetapi juga untuk menjaga kebersihan diri dan

lingkungan, serta mendukung berbagai aktivitas domestik dan ekonomi. Sekitar 2,2 miliar orang di dunia masih belum memiliki akses terhadap layanan air minum yang dikelola dengan aman, dan hal ini berdampak langsung terhadap peningkatan risiko penyakit menular, penurunan kualitas hidup, dan terhambatnya pembangunan

manusia. Di Indonesia, meskipun telah terjadi peningkatan akses air bersih, distribusinya masih belum merata, terutama di wilayah terpencil dan daerah rawan kekeringan (Bappenas, 2021).

Permasalahan utama yang sering dihadapi mencakup keterbatasan infrastruktur penyediaan air bersih, pencemaran air permukaan akibat limbah domestik dan industri, serta ketergantungan masyarakat terhadap sumber air yang tidak memenuhi standar kelayakan (PUPR & Barat, 2020; 2023). Kondisi ini menyebabkan banyak warga terpaksa mengonsumsi air dari sumber yang tidak higienis, yang berisiko menimbulkan berbagai penyakit seperti diare, tifus, dan infeksi kulit (WHO, 2023). Padalarang sebagai wilayah yang berkembang pesat secara industri dan pemukiman, menghadapi tekanan tambahan terhadap kualitas dan kuantitas sumber daya airnya.

Sebagian besar masyarakat di wilayah Padalarang masih mengandalkan sumber air sumur dangkal dan air sungai untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari, meskipun kualitas air dari sumber tersebut belum tentu memenuhi standar kesehatan. Berdasarkan laporan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bandung Barat (2022), banyak rumah tangga di Padalarang yang menggunakan air sumur tanpa sistem filtrasi atau pengolahan yang memadai, sehingga berisiko terpapar kontaminan seperti bakteri, logam berat, dan bahan kimia berbahaya. Kondisi ini diperburuk oleh pencemaran limbah domestik dan industri yang masuk ke badan air permukaan, termasuk Sungai Citarum dan anak-anak sungainya yang mengalir di sekitar Padalarang. Hasil survei yang dilakukan oleh Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) menunjukkan bahwa kualitas air sumur di beberapa titik pemukiman Padalarang mengandung kadar *E. coli* yang melebihi ambang batas aman, menandakan adanya pencemaran fekal yang dapat menimbulkan penyakit berbasis air seperti diare dan infeksi saluran pencernaan (BRIN, 2023). Kurangnya kesadaran masyarakat serta keterbatasan akses terhadap teknologi penyaringan air menjadi faktor yang turut memperparah situasi ini. Oleh karena itu, perlu adanya intervensi melalui edukasi, penyediaan infrastruktur pengolahan air sederhana, dan pengawasan kualitas air yang berkelanjutan guna menjamin hak masyarakat atas air bersih yang layak konsumsi.

Melihat keterbatasan tersebut, perlu dikembangkan solusi alternatif dalam bentuk teknologi pengolahan air yang murah, mudah

dibuat, dan ramah lingkungan. Salah satu pendekatan yang mulai banyak diteliti adalah penggunaan filter berbahan dasar limbah organik seperti arang tempurung kelapa, pasir, dan zeolit alami yang dapat diperoleh secara lokal. Filter sederhana ini terbukti mampu menurunkan kadar kekeruhan, logam berat, dan mikroorganisme patogen dalam air dengan biaya produksi yang jauh lebih rendah dibandingkan teknologi komersial (Ayu *et al.*, 2020). Selain itu, pendekatan ini mendukung prinsip ekonomi sirkular karena memanfaatkan limbah pertanian yang tidak bernilai ekonomis tinggi menjadi material penyaring yang berguna.

Wilayah Padalarang, sebagai salah satu sentra produksi industri rumahan dan pertanian, memiliki potensi besar dalam menghasilkan limbah organik, khususnya dari kulit singkong. Penggunaan kulit singkong sebagai bahan baku adsorben untuk peningkatan kualitas air telah menjadi fokus penelitian terbaru dalam upaya pemanfaatan limbah pertanian. Kulit singkong (*Manihot esculenta*) merupakan limbah agroindustri yang potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan adsorben karena mengandung komponen selulosa, hemiselulosa, lignin, dan karbon dalam jumlah tinggi. Komponen-komponen ini memungkinkan kulit singkong dikarbonisasi dan diaktivasi menjadi karbon aktif yang efektif dalam proses adsorpsi berbagai kontaminan dari air. Kulit singkong dapat diolah menjadi karbon aktif melalui proses karbonisasi dan aktivasi kimia, yang selanjutnya efektif menyerap ion logam seperti Fe^{2+} .

Melihat potensi besar limbah organik kulit singkong yang melimpah di wilayah seperti Padalarang, serta kebutuhan mendesak akan teknologi penyediaan air bersih yang murah dan mudah diaplikasikan, maka penelitian ini menjadi sangat relevan dan penting untuk dilakukan. Pemanfaatan kulit singkong sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif menawarkan solusi alternatif yang tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga ekonomis dan berwawasan lingkungan. Metode pengolahan limbah kulit singkong menjadi media filter air berpotensi besar untuk dikembangkan menjadi teknologi tepat guna yang dapat diterapkan langsung di tingkat rumah tangga, tanpa memerlukan peralatan yang kompleks atau biaya tinggi.

EKSPERIMEN

Proses pengolahan kulit singkong menjadi

adsorben pada umumnya mencakup tiga tahapan utama, yaitu preparasi bahan, karbonisasi, dan aktivasi. Sedangkan untuk pengujian air, dilakukan dengan metode adsorpsi.

Material

NaOH (tg Merck), H₂SO₄ (pa Merck), KmnO₄ (tg Merck), H₂C₂O₄.2H₂O (tg Merck), *Formazin Turbidity Standard* 400 NTU.

Prosedur

Proses pengolahan kulit singkong menjadi adsorben melibatkan dua tahap utama, yaitu karbonisasi dan aktivasi. Tujuan dari pengolahan ini adalah untuk meningkatkan luas permukaan dan porositas bahan sehingga mampu menyerap zat pencemar secara lebih efektif.

Karbonisasi merupakan proses pembakaran bahan organik dalam kondisi terbatas oksigen. Menurut Masrullita, *et al* (2021), kulit singkong dikarbonisasi pada suhu 300°C selama 2 jam untuk menghasilkan arang yang kemudian digunakan sebagai bahan dasar karbon aktif.

Aktivasi karbon aktif kulit singkong dilakukan dengan menggunakan NaOH 30%. Aktivasi karbon aktif tersebut dilakukan perendaman selama 24 jam kemudian dicuci menggunakan aquades. Pencucian dihentikan apabila filtrat sudah tidak keruh dan menunjukkan nilai pH 7. Setelah itu, karbon aktif hasil aktivasi dikeringkan dengan oven.

Selesai proses aktivasi, karbon aktif kulit singkong dikarakterisasi yang bertujuan untuk mengetahui kualitas karbon aktif sebagai adsorben sesuai dengan SNI 06-3730-1995. Uji kualitasnya meliputi parameter kadar air dan kadar abu.

Dalam penelitian ini, efektivitas kulit singkong sebagai adsorben dievaluasi melalui pengujian terhadap beberapa parameter kualitas air seperti pH, kekeruhan dan kadar Fe²⁺. Ketiga parameter tersebut berdasarkan Permenkes No.32 Tahun 2017 tentang Kualitas Air Sanitasi atau Rumah Tangga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan berjudul Efektivitas Adsorben Kulit Singkong Dalam Pengujian Kualitas Air di Wilayah Padalarang Melalui Metode Adsorpsi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas adsorben kulit singkong dalam pengujian kualitas air.

Penggunaan adsorben berbasis limbah organik seperti kulit singkong semakin menarik perhatian dalam upaya pemurnian air secara sederhana, ekonomis, dan ramah lingkungan. Kulit singkong mengandung senyawa selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang memungkinkan proses aktivasi menghasilkan struktur pori yang efektif dalam menyerap kontaminan seperti logam berat, kekeruhan, maupun zat warna.

Limbah kulit singkong (*Manihot esculenta*) merupakan salah satu sumber biomassa yang melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal. Padahal, kulit singkong mengandung senyawa-senyawa penting seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, dan karbon yang sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan dasar adsorben. Proses pengolahan kulit singkong menjadi adsorben biasanya melibatkan dua tahap utama, yaitu karbonisasi dan aktivasi. Tujuan dari pengolahan ini adalah untuk meningkatkan luas permukaan dan porositas bahan sehingga mampu menyerap zat pencemar secara lebih efektif.

Karbonisasi merupakan proses pembakaran bahan organik dalam kondisi terbatas oksigen, yang bertujuan untuk menghilangkan zat volatil dan memperkaya kandungan karbon. Menurut Masrullita *et al.* (2021), kulit singkong dikarbonisasi pada suhu 300°C selama 2 jam untuk menghasilkan arang yang kemudian digunakan sebagai bahan dasar karbon aktif. Proses karbonisasi ini mampu mengubah struktur fisik bahan menjadi lebih berpori, yang penting untuk meningkatkan efektivitas adsorpsi.



Gambar 1. Karbonisasi Kulit Singkong.

Setelah proses karbonisasi, bahan arang yang dihasilkan akan diaktivasi menggunakan agen kimia seperti natrium hidroksida (NaOH). Aktivasi kimia ini bertujuan untuk memperluas pori-pori dan membuka permukaan aktif dari karbon agar lebih banyak mengikat molekul atau ion dari zat pencemar. Masrullita *et al.* (2021) menyebutkan bahwa aktivasi menggunakan

NaOH pada konsentrasi 30% memberikan hasil terbaik, dengan efisiensi adsorpsi logam Fe^{2+} mencapai lebih dari 90%. Aktivasi kimia membantu menciptakan gugus fungsi seperti $-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, dan $-\text{C}=\text{O}$ di permukaan karbon aktif, yang sangat penting dalam proses adsorpsi karena berperan sebagai titik aktif untuk berikatan dengan kontaminan.



Gambar 2. Hasil Aktivasi Karbon Aktif Kulit Singkong.

Dalam evaluasi karakteristik fisik adsorben, parameter kadar air dan kadar abu merupakan dua indikator penting yang menentukan kualitas dan kestabilan bahan penyerap. Berdasarkan pengujian laboratorium terhadap adsorben kulit singkong, nilai kadar air yang diperoleh adalah 3,5%, sedangkan kadar abu berada pada nilai 9%. Hasil ini menunjukkan bahwa adsorben memenuhi ketentuan SNI 06-3730-1995 mengenai kualitas karbon aktif, yaitu kadar air tidak boleh melebihi 15%, dan kadar abu maksimal yang diperbolehkan adalah 10%. Kadar air yang rendah mencerminkan bahwa adsorben memiliki daya simpan dan daya serap yang baik karena tidak mengandung kelembaban berlebih yang dapat mengganggu porositas. Sementara kadar abu yang rendah menunjukkan bahwa bahan tidak mengandung banyak residu anorganik, sehingga efektif dalam menyerap kontaminan dari air yang akan diproses. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kulit singkong yang telah diolah sebagai adsorben aktif memiliki kualitas fisik yang sesuai standar nasional, dan layak digunakan dalam aplikasi pemurnian air skala laboratorium maupun rumah tangga.

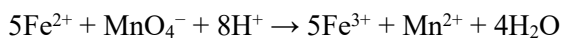
Dalam penelitian ini, efektivitas kulit singkong sebagai adsorben dievaluasi melalui pengujian terhadap beberapa parameter kualitas air, seperti pH, kekeruhan, dan kadar logam besi (Fe^{2+}). Ketiga parameter tersebut berdasarkan Permenkes No. 32 tahun 2017 tentang Kualitas Air Sanitasi atau Rumah Tangga.

Parameter pertama yang diujikan yaitu pH air. Pada awal proses, pH air pengujian berada di kondisi asam kuat, yaitu 4,4 yang menunjukkan tingginya konsentrasi ion H^+ dan potensi korosi pada sistem penanganan air. Setelah dilakukan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif dari kulit singkong, pH meningkat secara signifikan menjadi 6,96 yang mendekati kondisi netral. Hal ini menunjukkan dua mekanisme utama, yaitu adsorben kulit singkong memiliki gugus-gugus aktif (seperti $-\text{OH}$ dan $-\text{COOH}$) yang dapat berperan sebagai penyangga proton, sehingga mampu mengikat ion H^+ dari larutan dan permukaan karbon aktif bertindak sebagai basa lemah yang memindahkan keseimbangan pH ke arah netral. Fenomena peningkatan pH ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya, di mana menggunakan arang aktif kulit singkong pada air asam tambang juga berhasil menaikkan pH dari kisaran 2,8–3,4 menjadi 6,5–6,7 setelah proses adsorpsi (Seplicha, 2016).

Parameter lain yang diuji yaitu kekeruhan. Nilai kekeruhan air awal sebesar 25,5 NTU menunjukkan bahwa air masih tergolong sangat keruh (kategori sedang hingga tinggi), jauh di atas ambang batas yang diperbolehkan untuk air rumah tangga (≤ 5 NTU) menurut Permenkes No. 32 Tahun 2017. Setelah diberi perlakuan menggunakan salam adsorben kulit singkong, kekeruhan turun menjadi 10 NTU, mencerminkan penurunan sebesar 60,8%. Meskipun penurunan ini tergolong signifikan, hasilnya tetap belum memenuhi standar ($10 \text{ NTU} > 5 \text{ NTU}$). Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun kulit singkong memiliki kemampuan menyerap partikel tersuspensi, efektivitasnya masih terbatas pada parameter kekeruhan dengan kondisi uji dan dosis saat ini. Hal ini sejalan dengan temuan Maulinda, *et al.* (2022) yang melaporkan bahwa penggunaan cassava peel starch secara tunggal hanya mampu mengurangi kekeruhan antara 42–50%. Dengan demikian, meskipun adsorben kulit singkong terbukti mampu menurunkan kekeruhan secara

kategori, nilai akhir 10 NTU tetap tidak sesuai standar nasional. Untuk mencapai ambang batas ≤ 5 NTU, diperlukan modifikasi strategi seperti peningkatan dosis adsorben, waktu kontak lebih lama, atau kombinasi dengan bahan koagulan lainnya seperti alum atau PAC.

Parameter terakhir yang diujikan yaitu kadar Fe^{2+} . Penentuan kadar ion besi (Fe^{2+}) dalam air secara kuantitatif dapat dilakukan melalui metode titrasi redoks, khususnya menggunakan larutan kalium permanganat (KMnO_4) sebagai titran. Prinsip dasar metode ini didasarkan pada reaksi redoks, di mana Fe^{2+} sebagai reduktor akan teroksidasi menjadi Fe^{3+} , sementara KMnO_4 sebagai oksidator akan tereduksi menjadi Mn^{2+} dalam suasana asam. Reaksi kimia yang terjadi adalah :



Titrasi dilakukan dalam medium asam (biasanya H_2SO_4 encer), dan titik akhir reaksi ditandai dengan munculnya warna merah muda yang persisten akibat kelebihan sedikit KMnO_4 . Metode ini dikenal akurat dan selektif untuk ion Fe^{2+} karena Fe^{3+} yang terbentuk tidak lagi bereaksi dengan KMnO_4 . Menurut Rahayu *et al.* (2021), metode titrasi redoks dengan KMnO_4 menghasilkan hasil yang presisi dan dapat digunakan untuk menganalisis kadar Fe^{2+} dalam berbagai jenis air, baik air tanah maupun air limbah. Selain itu, penelitian oleh Wulandari *et al.* (2022) juga membuktikan bahwa metode ini efektif untuk mendeteksi kadar Fe^{2+} hingga di bawah 1 mg/L, sesuai ambang batas maksimum yang ditetapkan oleh Permenkes No. 32 Tahun 2017, yaitu 1,0 mg/L. Oleh karena itu, titrasi redoks merupakan metode sederhana namun efisien yang masih relevan dalam pengujian kualitas air, khususnya dalam evaluasi cemaran logam besi terlarut.

Nilai kadar Fe^{2+} pada sampel awal sangat tinggi, yaitu 245,74 mg/L, jauh melampaui batas maksimum yang ditetapkan oleh Permenkes No. 32 Tahun 2017 (1,0 mg/L) dan WHO (0,3 mg/L), yang menandakan adanya kontaminasi berat besi dalam air. Setelah proses adsorpsi menggunakan kulit singkong, kadar Fe^{2+} menurun secara dramatis menjadi 0,02 mg/L, setara dengan efisiensi penghilangan sebesar 99,99 %.

Penentuan kuantitatif dilakukan melalui titrasi redoks dengan KMnO_4 , metode yang akurat dan selektif dalam mengukur kehadiran ion Fe^{2+} melalui reaksi oksidasi ke Fe^{3+} dan reduksi permanganat ke Mn^{2+} , dengan indikator titik akhir berupa warna merah muda stabil (El Bendary, N., *et al.*, 2021). Penurunan ekstrim ini menunjukkan bahwa struktur pori dari karbon aktif yang dihasilkan dari kulit singkong memiliki efektivitas tinggi dalam menyerap ion Fe^{2+} . Dengan menurunkan kadar Fe^{2+} hingga 0,02 mg/L, hasil ini menunjukkan bahwa adsorben kulit singkong tidak hanya mengatasi kontaminasi berat secara dramatis, tetapi juga berhasil menghasilkan air yang melampaui ambang keamanan regulasi nasional dan internasional. Hal ini membuktikan bahwa adsorben berbasis limbah organik lokal seperti kulit singkong merupakan salah satu alternatif efektif, murah, dan ramah lingkungan untuk pengolahan air.

Berdasarkan hasil analisis terhadap beberapa parameter kualitas air, penggunaan adsorben kulit singkong menunjukkan efektivitas yang sangat baik, khususnya dalam menurunkan kadar Fe^{2+} dan menstabilkan nilai pH. Penurunan kadar Fe^{2+} dari 245,74 mg/L menjadi 0,02 mg/L menunjukkan efisiensi adsorpsi yang tinggi dan telah memenuhi standar baku mutu air menurut Permenkes No. 32 Tahun 2017, yang menetapkan ambang batas maksimal kadar Fe sebesar 1,0 mg/L. Selain itu, peningkatan pH dari kondisi asam 4,4 menjadi mendekati netral yaitu 6,96 juga mencerminkan keberhasilan adsorben dalam menyeimbangkan sifat kimia air ke arah yang lebih aman dan sesuai standar. Namun demikian, indikator kekeruhan yang menurun dari 25,5 NTU menjadi 10 NTU belum memenuhi batas maksimal kekeruhan air rumah tangga yaitu 5 NTU sesuai regulasi yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun adsorben kulit singkong efektif dalam menurunkan kandungan logam dan memperbaiki pH, efektivitasnya dalam menurunkan partikel tersuspensi masih perlu ditingkatkan, misalnya melalui optimasi dosis, waktu kontak, atau penggabungan dengan koagulan lain. Temuan ini menunjukkan bahwa kulit singkong memiliki potensi kuat sebagai adsorben alami, namun penggunaannya secara mandiri dalam penjernihan air masih memiliki keterbatasan pada aspek kekeruhan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan adsorben kulit singkong memberikan efektivitas yang tinggi dalam memperbaiki kualitas air, terutama pada parameter pH dan kadar Fe^{2+} . Proses adsorpsi berhasil meningkatkan pH air dari kondisi asam menjadi mendekati netral, serta menurunkan kadar Fe^{2+} dari tingkat cemaran tinggi menjadi jauh di bawah ambang batas yang ditetapkan dalam Permenkes No. 32 Tahun 2017, yaitu 1,0 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa kulit singkong memiliki kemampuan signifikan sebagai adsorben alami dalam menstabilkan kualitas kimia air. Namun demikian, meskipun terjadi penurunan nilai kekeruhan secara signifikan, hasil akhir kekeruhan masih berada di atas batas maksimum 5 NTU yang dipersyaratkan untuk air layak pakai. Oleh karena itu, meskipun kulit singkong efektif untuk parameter logam dan pH, perlu dilakukan pengembangan lanjutan seperti peningkatan dosis adsorben, perpanjangan waktu kontak, atau kombinasi dengan bahan koagulan untuk mencapai kualitas air yang memenuhi seluruh standar baku mutu air rumah tangga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada kepala MAN Bandung Barat H. Ali MURSID, S.Pd., M.M.Pd yang telah memberikan ijin dalam penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Ayu, R. A., Nugroho, R. A., & Hadiyanto. (2020). Efektivitas Filter Arang Tempurung Kelapa dan Zeolit dalam Menurunkan Kekeruhan dan Kandungan Logam Berat pada Air Sumur. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 26(1), 11–18.
- [2] Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas). (2021). Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020–2024. Jakarta: Bappenas.
- [3] Badan Pusat Statistik Kabupaten Bandung Barat. (2023). Kabupaten Bandung Barat dalam Angka 2023. Padalarang: BPS KBB.
- [4] Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). (2023). Kajian Kualitas Air Sumur di Wilayah Peri-Urban Bandung Barat. Jakarta: BRIN.
- [5] Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bandung Barat. (2022). Laporan Kualitas Air dan Pengelolaan Lingkungan Wilayah Bandung Barat Tahun 2022. Padalarang: DLH KBB.
- [6] El-Bendary, N., *et al.* (2021). *High-performance removal of iron from aqueous solution using modified activated carbon. Desalination and Water Treatment*, 213, 348–357
- [7] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2017). Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Air untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi serta Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum.
- [8] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2021). Profil Kesehatan Lingkungan Indonesia Tahun 2021. Jakarta: Kemenkes RI.
- [9] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2021). Status Lingkungan Hidup Indonesia 2021. Jakarta: KLHK.
- [10] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). (2020). Rencana Strategis Kementerian PUPR 2020–2024. Jakarta: Kementerian PUPR.
- [11] Masrullita, Y. A. W., Sylvania, N., & Safriwardy, F. (2021). Efektivitas Karbon Aktif Kulit Singkong (*Manihot esculenta Crantz*) terhadap Adsorpsi Ion Logam Fe^{2+} dengan Aktivator NaOH. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(2), 83–89. <https://doi.org/10.29103/jtku.v10i2.5550>
- [12] Maulinda, L., Nasrul ZA, & Sari, D. N. (2015). Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif untuk Pemurnian Air Sumur. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 11–19.

- [13] Rahayu, N. S., Lestari, W., & Pertiwi, R. (2021). *Analisis Kadar Besi (Fe^{2+}) dalam Air Sumur Menggunakan Titrasi Permanganometri*. *Jurnal Ilmiah Kimia Analitik*, 6(1), 14–20.
- [14] Seplicha, E. R. (2016). *Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Arang Aktif dan Pengaruhnya terhadap Logam Besi (Fe), Mangan (Mn), dan pH pada Air Asam Tambang*. Skripsi, Fakultas Teknik Lingkungan, Universitas Mulawarman.
- [15] World Health Organization (WHO). (2023). Drinking-water. Retrieved from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- [16] Wulandari, R., Syahputra, H., & Ramadhani, M. (2022). *Validasi Metode Permanganometri untuk Penetapan Kadar Fe(II) pada Sampel Air Bersih*. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 9(2), 55–62.