

Pemanfaatan Sodium Alginat Dan Karbon Aktif Ampas Tebu Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Pada Air Sumur Bor

Annisa Wulan Dhari Nasution^{1*}, Abdul Halim Daulay², & Ety Jumiatiy³

^{1,2,3} Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia

*Email: annisa01012001@gmail.com

ABSTRACT

Drilled well water contains heavy metals with high levels of iron (Fe) and manganese (Mn). This research aims to evaluate the successful use of sodium alginate and sugarcane bagasse activated carbon to reduce iron (Fe) and manganese (Mn) levels. The remediation method was successfully used to reduce iron (Fe) and manganese (Mn) levels in drilled well water. The quality of the activated carbon used has been tested and meets the SNI 06-3730-1995 quality standards. The remediation process was carried out with five composition variations used in this research, namely Sample A (SA 5% : KAAT 95%), Sample B (SA 15% : KAAT 85%), Sample C (SA 25% : KAAT 75%), Sample D (SA 35% : KAAT 65%), and Sample E (SA 45% : KAAT 55%). The results of this research show that the combination of activated carbon with bagasse is able to reduce iron (Fe) and manganese (Mn) levels significantly, with the best results in reducing iron and manganese levels found in sample C, namely with iron (Fe) levels of 89.72% and manganese (Mn) content of 99.82%. Based on the analysis results, this method was proven to be effective in reducing iron and manganese levels.

Keywords: Sodium Alginate, Sugarcane Bagasse A. Carbon, Remediation, Drilling Well Water

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara maritim dengan garis pantai sepanjang sekitar 81.000 km. Perairannya kaya akan sumber daya hayati dengan tingkat keanekaragaman yang tinggi. Salah satu sumber daya hayati laut yang berpotensi untuk dikembangkan adalah rumput laut. Di perairan Indonesia, rumput laut yang tumbuh secara alami antara lain *Sargassum* sp., termasuk *Sargassum Fluitans* yang ditemukan di perairan Kepulauan Alor, Nusa Tenggara Timur. Beberapa jenis *Sargassum* sp., seperti *S. Crassifolium* dan *S. Duplicatum*, merupakan rumput laut coklat yang memiliki kandungan alginat lebih tinggi dibandingkan dengan jenis rumput laut coklat lainnya [1].

Sodium alginat, merupakan polisakarida alami yang berasal dari alga coklat, dibedakan berdasarkan biokompatibilitasnya yang tinggi, biodegradabilitasnya, dan sifat-sifatnya yang dapat diperbarui. Selain itu, alginat memiliki afinitas penyerapan yang tinggi terhadap ion logam berat karena banyaknya gugus hidroksil dan karboksil dalam strukturnya. Akan tetapi, sodium alginat memiliki stabilitas mekanis dan termal yang relatif rendah, oleh karena itu diperlukan perawatan fisik atau kimia [2].

Air merupakan kebutuhan pokok bagi seluruh makhluk hidup di dunia. Semua makhluk hidup di dunia ini sangat membutuhkan air untuk bertahan hidup. Kebutuhan air bersih di Indonesia terus meningkat karena sejalan dengan semakin meningkatnya pertumbuhan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Banyak sumber mata air yang dapat ditemukan, mulai dari air tanah, air hujan, dan air permukaan. Sifat unsur air bagi kehidupan di dunia tidak dapat digantikan oleh unsur lainnya. Banyak sumber air bersih yang dapat ditemukan, tetapi tidak semua air yang tampak bersih secara fisik dapat dikonsumsi. Kualitas dan kuantitas air bersih yang dapat digunakan dalam kegiatan sehari-hari harus memenuhi persyaratan baku mutu air bersih. Kualitas dan kuantitas air bersih yang dapat digunakan dalam kegiatan sehari-hari harus memenuhi persyaratan baku mutu air bersih baik secara fisik. Sumber air bersih yang masih dimanfaatkan sebagian masyarakat untuk minum dan memenuhi kebutuhan rumah tangga lainnya adalah air sumur secara kimia dan biologis [3].

Adapun beberapa bahan pencemar yang menjadikan air tercemar seperti i bahan mikrobiologi (bakteri, virus, parasite), bahan organik (pestisida, detergen), dan bahan anorganik (garam, asam, logam) [4]. Begitu pula pencemaran air dapat diindikasi dalam beberapa seperti pencemaran air

pada sungai, danau, sumur gali, maupun pencemaran pada sumur bor. Air bersih yang aman untuk dikonsumsi harus bebas dari ion logam seperti mangan (Mn), dan zat besi (Fe). Padahal kedua ion ini sangat dibutuhkan oleh tubuh, namun jika dikonsumsi melebihi batas maksimum baku mutu air bersih akan berdampak negative pada manusia. Air yang dapat digunakan untuk kebutuhan manusia harus mempunyai pH netral, yaitu kisaran pH 6,5 -8,5 [5].

Mangan adalah logam yang umum ditemukan di permukaan bumi dan sering kali muncul bersamaan dengan besi. Keberadaan mangan dalam air tanah dan air permukaan cenderung lebih tinggi di lingkungan dengan tingkat oksigen yang rendah. Ketika kadar mangan dalam air melampaui ambang batas yang ditetapkan maka hal ini dapat menimbulkan berbagai masalah. Misalnya, air minum bisa memiliki rasa dan aroma logam yang tidak sedap, serta dapat meninggalkan noda kecokelatan pada pakaian berwarna putih dan jenis kain lainnya. Selain itu, tingginya kadar mangan juga dapat mengganggu fungsi hati dan menimbulkan dampak kesehatan lainnya [6].

Besi (Fe) ialah Besi merupakan salah satu unsur kimia yang dapat ditemukan hampir di seluruh bagian bumi, termasuk di berbagai lapisan geologis dan badan air. Dalam air, besi umumnya hadir dalam bentuk terlarut sebagai Fe^{2+} (fero) atau Fe^{3+} (feri); dalam bentuk tersuspensi sebagai partikel koloid (diameter $<1 \mu m$) atau yang lebih besar, seperti Fe_2O_3 , FeO , $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$, dan senyawa lainnya; serta dapat berikatan dengan zat organik atau zat padat anorganik seperti tanah liat. Kandungan Fe dalam air permukaan jarang melebihi 1 mg/l, tetapi dalam air tanah kadarnya bisa jauh lebih tinggi. Konsentrasi besi yang tinggi ini dapat terdeteksi secara kasatmata serta berpotensi menodai kain dan peralatan dapur [7].

Berbagai peneliti telah berupaya meningkatkan kualitas air diantaranya menggunakan metode elektrokoagulasi [8]. Selain metode tersebut beberapa zat aktif yang dapat digunakan untuk penjernihan air yaitu menggunakan kitosan [9], dan bahan zat aktif lainnya yaitu dengan menggunakan karbon aktif tempurung kelapa [10]. Karbon aktif adalah bahan karbon seperti grafit dengan struktur susunan karbon mikrokristalin yang tidak teratur dan tidak sempurna. Karbon aktif memiliki struktur berpori yang meningkatkan luas permukaan dan mengurangi kepadatan. Karbon aktif merupakan salah satu adsorben terbaik untuk menghilangkan kontaminan jejak dari udara, tanah, dan air karena adsorpsi fisiknya yang kuat. Ini dihasilkan dari keunggulan karbon aktif seperti sifat berpori, stabilitas kimia/termal yang tinggi, luas permukaan yang unik, gugus fungsi permukaan, dan sifat fisikokimia. Karbon aktif disiapkan melalui metode aktivasi fisika atau kimia. Aktivasi fisika telah dilaporkan lebih bermanfaat karena luas permukaannya yang lebih besar, hasil yang lebih tinggi, dan struktur berpori yang sangat berkembang. Karbon aktif dapat diproduksi dari berbagai limbah pertanian seperti tebu, gambut, lignit, kayu, dan tempurung kelapa. Ampas tebu direpresentasikan sebagai biomassa yang sangat baik untuk sintesis karbon aktif karena ketersediaannya dan biaya rendah. Ampas tebu diproduksi dari industri bioetanol, gula, polietilena, dan etanol. Komposisi ampas tebu sekitar lignin (20–25%), hemiselulosa (25–30%), dan selulosa (40–50%). Pembuangan limbah ampas tebu dalam jumlah besar telah menjadi polusi lingkungan yang besar, dan, akibatnya, menjadi bahaya kesehatan di wilayah tersebut. Akibatnya, mengubah ampas tebu menjadi ampas tebu mengurangi limbah pertanian sekaligus menghasilkan adsorben yang bermanfaat dengan harga yang wajar [11].

Dari pendahuluan di atas, maka peneliti tertarik untuk meneliti mengenai remediasi pengolahan air sumur bor menjadi air bersih menggunakan uji kualitas air secara kimia. Pada penelitian ini bahan yang akan digunakan yaitu sodium alginat dan karbon aktif ampas tebu. Persyaratan kualitas air bersih sesuai dengan Permenkes RI No. 2 Tahun 2023.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode ekperimental secara kuantitatif dengan penyajian berbentuk data dan grafik. Proses remediasi dilakukan dengan mencampurkan adsorben berbahan sodium alginat dan karbon aktif ampas tebu dicampurkan dengan adsorbat yaitu air sumur bor. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu magnetik stirrer, neraca digital, sendok pengaduk, tabung sentrifuge, gelas beaker 1000 ml, dirigen 5 L, magnetik bar, dan botol.

Material

Karbon aktif ampas tebu, sodium alginat, air sumur bor, HCl 5%.

Proses Karakterisasi Karbon Aktif Ampas Tebu

Mempersiapkan karbon aktif, setelah itu karbon aktif di ayak dengan ayakan 100 mesh, kemudian karbon aktif di aktivasi menggunakan HCl 5%, setelah itu diaduk selama 30 menit secara manual dan didiamkan selama 24 jam. Untuk menghilangkan sisa HCl tersebut disaring dengan menggunakan kertas saring dan dicuci dengan air demineral (akuades) mencapai pH netral. Selanjutnya dikeringkan dalam oven dengan suhu 105 °C selama 4 jam. Kemudian karbon aktif yang telah diaktivasi selanjutnya dilakukan parameter pengujian yaitu kadar air, kadar abu, kadar zat penguap.

Proses Sebelum Remediasi

Disiapkan air yang telah dimasukan kedalam botol berukuran 1,6 L, kemudian air tersebut di lakukan pengujian kadar besi (Fe) dan mangan (Mn).

Proses Setelah Remediasi

Disiapkan air sumur bor yang berada didalam dirigen berukuran 5L dan mempersiapkan masing-masing variasi komposisi sampel. Selanjutnya air sumur bor dipindahkan ke dalam gelas beaker berukuran 1000 ml. setelah air dimasukkan kedalam gelas beaker kemudian dimasukkan masing-masing bahan sodium alginat sebesar (5%, 15%, 25%, 35%, dan 45%) dan karbon aktif ampas tebu sebesar (95%, 85%, 75%, 65%, dan 55%). Selanjutnya setiap sampel diaduk menggunakan *magnetik stirrer* dengan waktu kontak 90 menit. Sampel yang telah diaduk selanjutnya dimasukkan kedalam tabung sentrifuge. Tabung sentrifuge tersebut dimasukkan kedalam alat sentrifuge dengan diatur kecepatannya yaitu 7500 rpm selama 45 menit dan 15 menit. Selanjutnya hasil setelah disentrifuge dimasukkan kedalam botol berukuran 1,6 L. setelah itu masing-masing sampel diuji menggunakan parameter kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) yang kemudian di sesuaikan dengan air baku mutu sesuai Permenkes RI No. 2 Tahun 2023.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Sodium Alginat Dan Karbon Aktif Ampas Tebu Sebagai Adsorben Dalam Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Limbah Cair Tahu Setelah menyelesaikan proses Karakterisasi karbon aktif ampas tebu dilakukan sesuai prosedur SNI 06-3730-1995 mengenai persyaratan karbon aktif teknis. Beberapa parameter uji yang dianalisis yaitu kadar air, kadar abu, kadar zat menguap dan kadar karbon.

Hasil dari penelitian ampas tebu yang diperoleh dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Karakterisasi Karbon Aktif Ampas Tebu

Uji Parameter	Nilai Karbon Aktif Ampas Tebu (%)	SNI 06-3730-1995 (%)
Kadar Air	2,805	≤15
Kadar Abu	6,71	≤10
Kadar Zat Menguap	23,45	≤25
Kadar Karbon	69,84	≥65

Berdasarkan pada Tabel 1 hasil uji karbon aktif menunjukkan bahwa parameter uji kadar air, kadar abu, kadar zat menguap dan kadar karbon sudah sesuai dengan SNI 06-3730-1995 mengenai arang aktif teknis.

Kualiatas Air Sumur Bor Sebelum Proses Remediasi

Data kualitas air sumur bor yang terletak di Desa Tualang, Kecamatan Perbaungan, Kabupaten Serdang Bedagai, Provinsi Sumatera Utara sebelum dilakukannya proses remediasi dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Hasil Kualitas Air Sumur Bor Sebelum Proses Remediasi

Parameter Uji	Hasil Uji	Permenkes RI No. 2 Tahun 2023
Besi (Fe)	0,63140 mg/L	0,2 mg/L
Mangan (Mn)	0,43373 mg/L	0,1 mg/L

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa parameter besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air sumur bot tersebut bernilai sangat tinggi yang jelas melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Dalam penelitian ini, pengolahan air sumur bor dilakukan adsorpsi yang melibatkan sodium alginat dan karbon aktif ampas tebu. Dalam penelitian ini variasi waktu kontak 90 menit serta variasi dosis per sampel yang ditetapkan setiap sampel memiliki volume 1000 ml. Hasil yang didapatkan setelah proses pengujian kadar besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada kelima sampel air sumur bor setelah proses remediasi dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

Kualitas Air Sumur Bor Sesudah Remediasi

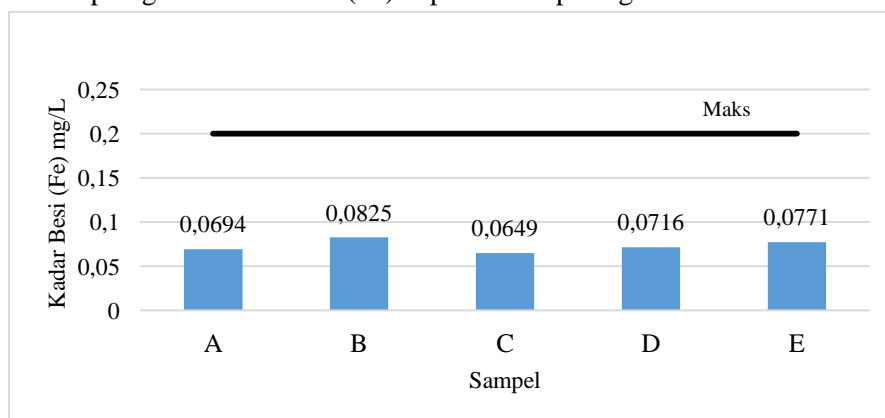
a. Kadar Besi (Fe)

Hasil yang didapatkan setelah proses pengujian kadar besi (Fe) pada kelima sampel air sumur bor setelah proses remediasi dapat dilihat pada Tabel 3:

Tabel 3 Hasil Kadar Besi (Fe) Sesudah Remediasi Air Sumur Bor

Sampel	Kadar Besi (Fe)	
	Sesudah (mg/L)	Permenkes RI No.2 Tahun 2023 (mg/L)
A	0,0694	
B	0,0825	
C	0,0649	<0,2
D	0,0716	
E	0,0771	

Pada Tabel 1 di atas diperoleh nilai kadar besi (Fe) air sumur bor dengan sampel A (5%:95%) memperoleh nilai kadar besi (Fe) sebesar 0,0694 mg/L, pada sampel B (15%:85%) memperoleh nilai kadar besi (Fe) sebesar 0,0825 mg/L, pada sampel C (25%:75%) memperoleh nilai kadar besi (Fe) sebesar 0,0649 mg/L, pada sampel D (35%:65%) memperoleh nilai kadar besi (Fe) sebesar 0,0716 mg/L, dan pada sampel E (45%:55%) memperoleh nilai kadar besi (Fe) sebesar 0,0771 mg/L. Secara keseluruhan kelima sampel telah memenuhi standar baku mutu Permenkes RI No. 2 Tahun 2023. Adapun grafik kadar besi (Fe) dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1 Grafik Kadar Besi (Fe) Setelah Remediasi

Pada Gambar 1 menunjukkan Pada grafik di atas menunjukkan bahwasannya semakin meningkat variasi komposisi sodium alginat dan karbon aktif ampas tebu maka hasil yang diperoleh kadar besi (Fe) semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena karbon aktif memiliki luas permukaan yang besar dan dapat menyerap ion besi. Semakin banyak karbon aktif yang digunakan dalam campuran, maka semakin banyak ion besi yang dapat diadsorpsi. Hal tersebut menyebabkan konsentrasi besi dalam sampel yang lebih tinggi, yang pada akhirnya meningkatkan kadar besi

yang terukur [12]. Sedangkan sodium alginat dapat membentuk kompleks dengan ion besi, yang meningkatkan kemampuan peningkatan dan pengendapan besi. Semakin banyak jumlah sodium alginat, maka semakin banyak ion besi yang dapat terikat dan terlarut dalam bentuk kompleks yang stabil, meningkatkan hasil pengukuran kadar besi [13]. Dengan meningkatkan variasi komposisi, terutama jika sodium alginat dan karbon aktif ampas tebu bekerja secara sinergis, keduanya bisa berfungsi sebagai penangkap besi yang lebih efisien. Karbon aktif bisa menyerap ion besi dari larutan, sementara sodium alginat bisa membentuk gel atau kompleks yang melibatkan besi, mempercepat proses penangkapan dan meningkatkan kadar besi yang terdeteksi. Peningkatan komposisi dalam sampel sodium alginat dan karbon aktif ampas tebu dapat meningkatkan efisiensi penyerapan, pengikatan, dan stabilisasi besi dalam sampel, yang di mana pada akhirnya meningkatkan kadar besi yang diukur.

b. Kadar Mangan (Mn)

Hasil yang didapatkan setelah proses pengujian kadar mangan (Mn) pada kelima sampel air sumur bor setelah proses remediasi dapat dilihat pada tabel 4:

Tabel 4 Hasil Kadar Mangan (Mn) Sesudah Proses Remediasi Air Sumur Bor

Sampel	Kadar Mangan (Mn)	
	Sesudah (mg/L)	Permenkes RI No.2 Tahun 2023 (mg/L)
A	0,0010	
B	<0,0008	
C	<0,0008	< 0,1
D	0,0008	
E	<0,0008	

Pada Tabel 4 di atas diperoleh nilai kadar pH air sumur bor dengan sampel A (5%:95%) memperoleh nilai kadar besi (Fe) sebesar 0,00010 mg/L, pada sampel B (15%:85%) memperoleh nilai kadar besi (Fe) sebesar <0,0008 mg/L, pada sampel C (25%:75%) memperoleh nilai kadar besi (Fe) sebesar <0,0008 mg/L, pada sampel D (35%:65%) memperoleh nilai kadar besi (Fe) sebesar 0,0008 mg/L, dan pada sampel E (45%:55%) memperoleh nilai kadar besi (Fe) sebesar <0,0008 mg/L. Secara keseluruhan kelima sampel telah memenuhi standar baku mutu Permenkes RI No. 2 Tahun 2023.

Dari tabel di atas bahwasanya semakin meningkat variasi komposisi sodium alginat dan karbon aktif ampas tebu maka hasil yang diperoleh dari kelima sampel pada kadar mangan (Mn) semakin menurun. Hal ini disebabkan karena karbon aktif ampas tebu memiliki adsorpsi yang tinggi terhadap logam berat, termasuk mangan. Jika komposisi karbon aktif diperbanyak, maka lebih banyak mangan akan teradsorpsi pada permukaan karbon aktif, mengurangi jumlah mangan yang tersisa dalam sampel dikarenakan semakin banyak media yang di tambahkan, maka semakin luas permukaan pori-pori yang dapat menampung masuknya Mangan, dengan semakin banyak yang dapat tertampung maka kadar Mangan semakin berkurang [14]. Sementara itu, sodium alginat yang bersifat gel juga berfungsi sebagai medium pengikat tetapi adsorpsinya pada mangan tidak sekuat karbon aktif. Sodium alginat yang berbentuk polisakarida, mungkin berinteraksi dengan ion mangan untuk membentuk kompleks yang tidak dapat terlepas dengan mudah. Penambahan lebih banyak sodium alginat dalam campuran dapat menyebabkan pengendapan mangan dalam bentuk yang lebih stabil atau terikat, mengurangi konsentrasi mangan yang terdeteksi. Dengan meningkatnya komposisi sodium alginat dan karbon aktif ampas tebu, kapasitas total untuk adsorpsi atau pengikatan mangan akan meningkat. Hal itu dapat menyebabkan lebih banyak mangan yang terperangkap dalam sampel, sehingga kadar mangan yang terukur dalam sampel akhir akan lebih rendah [15].

Dari kelima variasi komposisi remediasi air sumur bor yang baik pada pencampuran adsorben sodium alginat dan karbon aktif ampas tebu yaitu pada sampel C dengan komposisi sodium alginat sebesar 25% dan karbon aktif ampas tebu 75%. Pencampuran sodium alginat dan karbon aktif ampas tebu tersebut menghasilkan parameter yang berada di bawah batas maksimum yang diizinkan oleh Permenkes RI No. 2 Tahun 2023 mengenai persyaratan baku mutu air bersih, yang

dimana pada sampel ini dapat mengurangi kadar besi (Fe) sebesar 89,72% dan kadar mangan (Mn) sebesar 99,82%.

KESIMPULAN

Dapat di ambil kesimpulan dari hasil penelitian bahwa sodium alginat dan karbon aktif ampas tebu memiliki potensi yang signifikan dalam mengatasi logam berat dari air sumur bor. Kualitas karbon aktif ampas tebu telah diuji dan hasil uji sudah memenuhi standar baku mutu SNI 06-3730-1995. Dalam penurunan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn), dari kelima variasi komposisi proses remediasi air sumur bor dengan adsorben sodium alginat dan karbon aktif ampas tebu menunjukkan bahwa pada kondisi tersebut terlihat kemampuan penurunan kadar besi (Fe) yang dihasilkan mencapai sekitar 89,72% dan kadar mangan (Mn) yang dihasilkan mencapai sekitar 99,82%. Dari kelima variasi komposisi penurunan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) di variasi optimum pada sampel C, hasil analisis terhadap sampel air sumur bor menunjukkan bahwa proses remediasi yang diterapkan berhasil menurunkan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn). Hasil remediasi air sumur bor sudah memenuhi Permenkes RI No. 2 Tahun 2023 yang ditetapkan dalam regulasi lingkungan.

SARAN

Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan modifikasi pada sodium alginat menjadi kalsium alginat untuk mempermudah proses pemisahan adsorben dan adsorbat dari air sumur bor, dan dapat dicoba untuk menggunakan teknik filtrasi vakum pada proses pemisahan adsorben dan adsorbat dari air sumur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Ajeng, A. Husni, dan N. Ekantari, "Masyarakat Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia 478 Karakteristik Natrium Alginat Rumpun Laut Cokelat *Sargassum Fluitans* Dengan Metode Ekstraksi Yang Berbeda," JPHPI 2017, Vol. 20 No 3, hal. 478-487, online: journal.ipb.ac.id/index.php/jphpi.
- [2] A. Hashem, C. O. Aniagor, M. F. Nasr, dan A. Abou-Okeil, "Efficacy of treated sodium alginate and activated carbon fibre for Pb(II) adsorption," *Int J Biol Macromol*, vol. 176, hlm. 201–216, Apr 2021, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2021.02.067.
- [3] Y. Gilang Prayoga dan W. Wulandari, "Effectiveness of Variations in Silica Sand and Activated Carbon Filter Media in Reducing Iron (Fe) Levels in Well Water," *Scientific Periodical of Public Health and Coastal* 6(1), hal. 646-655, 2024, doi: Prefix10.30829/contagion.
- [4] A. S. Suryani *dkk.*, "Persepsi Masyarakat dalam Pemanfaatan Air Bersih (Studi Kasus Masyarakat Pinggir Sungai di Palembang)", *Aspirasi: Jurnal Masalah-masalah Sosial*, 7 (1): 33-48." 2016.
- [5] J. D. Linton, R. Klassen, dan V. Jayaraman, "Sustainable supply chains: An introduction," *Journal of Operations Management*, vol. 25, no. 6, hlm. 1075–1082, Nov 2007, doi: 10.1016/j.jom.2007.01.012.
- [6] A. I. Addzikri dan F. Rosariawari, "Pemanfaatan Ampas Tebu Dan Kulit Pisang Kepok Sebagai Karbon Aktif Pada Proses Adsorpsi Untuk Menyisihkan Kadar Fe dan Mn," vol. X, no. 1, 2025.
- [7] L. Febrina dan A. Ayuna, "UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik," Volume. 7 No. 1, hal. 35-44, Januari 2015.
- [8] Masthura dan Ety Jumiati, "Peningkatan Kualitas Air Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Dan Filter Karbon," 2017. FISITEK: Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi, Vol. 1, No. 2, hal. 1-6, 2017.

- [9] Lubena, F. Naidir, B. Andrian, dan A. Dermawan Sandi, "M U H A M M A D I Y A H J A K A R T A Penurunan Turbidity, pH, Kadar Fe Menggunakan Biokoagulan Kitosan Dari Cangkrang Rajungan (*Portunus Pelagicus*)", Volume 9 No.1, hal. 7-16, Januari 2020.
- [10] N. Rahmawanti dan N. Dony, "Adsorpsi Klor Dalam Penjernihan Air Menggunakan Karbon Aktif Tempurung Kelapa Teraktivasi H₃PO₄," *Dalton : Jurnal Pendidikan Kimia dan Ilmu Kimia*, vol. 6, no. 3, hlm. 208, Des 2023, doi: 10.31602/dl.v6i3.12667.
- [11] F. Mohamed *dkk.*, "Activated carbon derived from sugarcane and modified with natural zeolite for efficient adsorption of methylene blue dye: experimentally and theoretically approaches," *Sci Rep*, vol. 12, no. 1, hal. 1-18, Des 2022, doi: 10.1038/s41598-022-22421-8.
- [12] A. Imani, T. Sukwika, dan L. Febrina, "Karbon Aktif Ampas Tebu Sebagai Adsorben Penurun Kadar Besi Dan Mangan Limbah Air Asam Tambang," vol. 13, no. 1, hal. 33-42, 2021, doi: 10.24853/jurtek.13.1.33-42.
- [13] D. Massana Roquero, A. Othman, A. Melman, dan E. Katz, "Iron(iii)-cross-linked alginate hydrogels: A critical review," hal. 1849-1873, 21 Februari 2022, *Royal Society of Chemistry*. doi: 10.1039/d1ma00959a.
- [14] Winda Kusumaningrum dan Indah Nurhayati, "Penggunaan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Sebagai Media Adsorpsi Untuk Menurunkan Kadar Fe (Besi) Dan Mn (Mangan) Pada Air Sumur Gali Di Desa Gelam Candi," *Jurnal Teknik WAKTU* Volume 14 Nomor 01, hal. 1-7, Januari 2016, ISSN : 1412-1867.
- [15] A. O. Makarova, S. R. Derkach, T. Khair, M. A. Kazantseva, Y. F. Zuev, dan O. S. Zueva, "Ion-Induced Polysaccharide Gelation: Peculiarities of Alginate Egg-Box Association with Different Divalent Cations," *Polymers (Basel)*, vol. 15, no. 5, hal 1-19, Mar 2023, doi: 10.3390/polym15051243.