

DOI: doi.org/10.58797/pilar.0302.02

Penjernihan Limbah Air Rumah Tangga Menggunakan Limbah Kaleng

Afifah Rosyidah^{1,2*}, Inka Amalia², Khulud Rihadatul³

¹Laboratorium Energi dan Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS Sukollilo Surabaya, 60111, Indonesia

²Laboratorium Material dan Energi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS Sukollilo Surabaya, 60111, Indonesia

³Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Surabaya, Kampus Unesa 1 Jalan Ketintang, Surabaya, 60231, Indonesia

*Corresponding Email: afifah@its.ac.id

Received: 9 November 2024
Revised: 7 Desember 2024
Accepted: 12 Desember 2024
Online: 30 Desember 2024
Published: 30 Desember 2024

Mitra Pilar: Jurnal Pendidikan, Inovasi, dan Terapan Teknologi
p-ISSN: 2964-7622
e-ISSN: 2964-6014



Abstract

Canned waste is an environmental issue due to its resistance to biological degradation, requiring up to hundreds of years to decompose. Aluminum content in cans ranges from 1.60% to 15.80%, making it a potential material for coagulants in wastewater treatment. On the other hand, the demand for clean water continues to rise, especially in urban areas with rapid population growth, while access to safe drinking water remains a challenge. This study aims to utilize aluminum from discarded cans for treating household wastewater. Experimental results show that adding 0.5 grams of synthesized aluminum can reduce wastewater turbidity by up to 86%, while 1 gram reduces turbidity by 98%. This approach offers a sustainable solution by reducing environmental pollution from aluminum cans while improving clean water quality. These findings underscore the importance of innovative waste management strategies to support environmental sustainability and public health.

Keywords: aluminum, aluminum cans, clean water, coagulant, sustainability

Abstrak

Limbah kaleng merupakan masalah lingkungan karena sulit terdegradasi secara biologis, membutuhkan waktu hingga ratusan tahun untuk terurai. Kandungan aluminium dalam kaleng berkisar

1,60% hingga 15,80%, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan koagulan untuk menjernihkan air limbah. Di sisi lain, kebutuhan air bersih terus meningkat, terutama di daerah perkotaan dengan pertumbuhan populasi yang pesat, sementara akses terhadap air bersih yang aman masih menjadi tantangan. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan aluminium dari limbah kaleng untuk pengolahan air limbah rumah tangga. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa penambahan 0,5 gram aluminium hasil sintesis mampu menurunkan kekeruhan air limbah hingga 86%, sementara penambahan 1 gram menurunkan kekeruhan hingga 98%. Pendekatan ini menawarkan solusi berkelanjutan dengan mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah kaleng sekaligus meningkatkan kualitas air bersih. Temuan ini mempertegas pentingnya pengelolaan limbah yang inovatif untuk mendukung keberlanjutan lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Kata-kata kunci: air bersih, aluminium, keberlanjutan, koagulan, limbah kaleng

PENDAHULUAN

Tidak ada makhluk hidup yang tidak memerlukan air (Fahmi & Sukendah, 2023). Lebih dari 70% tubuh manusia terdiri dari air (Hayana, dkk., 2023), yang menunjukkan betapa pentingnya keberadaan air dalam mendukung fungsi-fungsi vital makhluk hidup (Kuswoyo, 2021). Air merupakan kebutuhan mendasar bagi seluruh makhluk hidup di bumi, termasuk manusia. Dari waktu ke waktu, kebutuhan dan konsumsi air bersih terus meningkat, terutama seiring dengan peningkatan populasi penduduk yang signifikan (Teslatu, Salakory, & Leuwol, 2023). Sebagai contoh, data dari BPS menunjukkan bahwa pada tahun 2022 konsumsi air bersih di Indonesia meningkat dibandingkan tahun sebelumnya. Hal ini sebanding dengan peningkatan produksi air bersih tahun 2022 sebesar 0,28% dari produksi air bersih tahun sebelumnya (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2023).

Perubahan iklim akan mempengaruhi kualitas air minum dan dampak ketersediaan air tawar dan dampak pada kesehatan masyarakat. Sekitar 70% permukaan bumi adalah air yang 97,5% adalah air asin dan 2,5% adalah air tawar. Kurang dari 1% dari jumlah 2,5% air tawar ini yang layak minum (Mishra, 2023). Kondisi ini memicu perlunya teknologi pengolahan air yang lebih maju untuk memastikan ketersediaan air bersih bagi masyarakat (Yusuf, dkk., 2020). Selain itu, WHO dan UNICEF mengungkapkan bahwa pada tahun 2020, sekitar satu dari empat orang di seluruh dunia kekurangan air minum yang aman, dan hampir satu dari dua orang kekurangan sanitasi yang baik (World Health Organization & United Nations Children's Fund., 2021). Kondisi ini semakin memperjelas urgensi untuk mengelola sumber daya air dengan lebih baik dan efisien (Tamim, dkk., 2023). Penelitian menunjukkan bahwa ketersediaan air bersih di berbagai daerah sangat bervariasi, dengan banyak wilayah mengalami kekurangan akses air bersih akibat pencemaran (Hargono, dkk., 2022), pertumbuhan penduduk (Setioningrum, Sulistyorini, & Rahayu, 2020), dan perubahan iklim (Mishra, 2023).

Limbah kaleng merupakan salah satu jenis sampah anorganik yang sangat sulit terdegradasi (Sari, Merina, & Lestari, 2023). Limbah ini sering kali menumpuk di tempat pembuangan

akhir, menyebabkan pencemaran tanah dan air akibat logam berat yang terkandung di dalamnya (Wijayanti & Purwanti, 2022). Selain itu, proses degradasi yang membutuhkan waktu hingga lebih dari 50 tahun dapat mengganggu keseimbangan ekosistem, seperti menyebabkan keracunan pada organisme tanah atau air yang terpapar residu aluminium dari kaleng bekas (Ajibade, dkk., 2021). Kaleng bekas yang terbuat dari aluminium membutuhkan waktu 80 hingga 200 tahun untuk terurai secara alami di lingkungan (Ukri & Aji, 2018). Namun, limbah kaleng ini memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan koagulan penjernihan air karena kandungan aluminium yang cukup tinggi (Kirana, Maulana, & Suprihatin, 2022).

Kajian yang dilakukan terkait air bersih menunjukkan bahwa 89% anak di bawah usia 5 tahun meninggal akibat diare, menurut laporan WHO dan UNICEF, sebagian besar disebabkan oleh kualitas air yang buruk (World Health Organization & United Nations Children's Fund., 2021). Data ini mencerminkan kebutuhan mendesak akan akses air bersih, terutama di daerah dengan infrastruktur sanitasi yang kurang memadai. Dengan membiasakan pola hidup sehat, seperti mencuci tangan dengan air bersih, risiko kematian akibat diare dapat dikurangi (Widodo & Sumanto, 2020; Ly, Pierce, & Cope, 2022). Selain itu, gangguan kesehatan lain, seperti infeksi parasit (Ly, Pierce, & Cope, 2022), hepatitis (Kusumarini & Embon, 2020), dan disentri (Kusumarini & Embon, 2020), juga sering dikaitkan dengan ketersediaan air bersih yang tidak memadai.

Didasarkan pada kenyataan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mencari solusi yang dapat mengurangi pencemaran limbah kaleng sekaligus meningkatkan kualitas air bersih. Dengan memanfaatkan aluminium dari limbah kaleng sebagai koagulan, diharapkan kekeruhan air limbah rumah tangga dapat dikurangi secara signifikan, sehingga dapat digunakan kembali untuk keperluan tertentu. Penelitian ini memberikan kontribusi ganda dalam pengelolaan limbah dan pengelolaan air bersih secara berkelanjutan.

METODE

Material

Pada penelitian ini digunakan sampel aluminium dari kaleng bekas limbah aluminium dan limbah air rumah tangga sebagai bahan pokok. Bahan-bahan lainnya adalah AlCl_3 (pa Merck), H_2SO_4 (pa Sygma Aldrich), KOH (pa Merck), K_2CrO_4 (pa Merck), AgNO_3 (pa Merck), HCl (pa Sygma Aldrich), Etanol 95% (Aldrich), HNO_3 (pa Sygma Aldrich), Na_2CO_3 (pa Merck), dan aquademin.

Instrumentasi

Selain alat-alat gelas yang biasa digunakan di laboratorium: gelas beker, gelas ukur, labu erlenmeyer, tabung reaksi, pipet ukur, pipet volume, pipet tetes, batang pengaduk, gelas arloji, corong buchner, neraca analitik, amplas, gunting, hotplate; juga digunakan Spektrofotometer UV-Visible (Thermo Scientific Spectrophotometer Genesys 30), AAS (Perkin Elmer PinAAcle 900T), dan spektrofotometer FTIR (Shimadzu IRPrestige 21), ICP (Thermo Scientific iCAP PRO XPS ICP-OES), XRF (PANalytical Minipal 4).

Prosedur

Dalam melaksanakan kegiatan penelitian ini, beberapa prosedur dilakukan modifikasi sesuai dengan kondisi bahan dasar limbah yang digunakan, meski demikian beberapa mengacu pada prosedur yang telah dilakukan (He, Song, & He, 2023).

Pembuatan Koagulan Kalium Aluminium

Aluminium pada penelitian ini diperoleh dari aneka limbah kaleng bekas, berbagai packing aluminium, dan limbah aluminium dari laboratorium. Preparasi dilakukan dengan membersihkan sampel. Kaleng diampas sehingga cat, plastik, dan warnanya hilang. Aneka packing berbahan dasar aluminium serta limbah aluminium yang berasal dari laboratorium dibersihkan dan dibebaskan dari pengotornya. Sampel yang sudah bersih dipotong kecil-kecil dan ditambahkan larutan KOH 20% sebanyak 50 mL untuk setiap 1 gram sampel. Selanjutnya dilakukan pemanasan pada 65°C menggunakan hotplate sedemikian sehingga tidak ada lagi gelembung gas yang timbul. Selanjutnya dilakukan proses penyaringan dan pendinginan terhadap larutan yang dihasilkan, kemudian filtrat diberikan 30 mL larutan H₂SO₄ 6M pelan-pelan melalui dinding wadah sambil diaduk perlahan. Larutan kembali disaring serta didinginkan dalam wadah yang diberi es. Beberapa saat kemudian mulai terbentuk kristal dan kemudian difiltrasi menggunakan corong buchner. Endapan yang diperoleh didekantasi serta dicuci menggunakan etanol 50% sebanyak 20 mL dan dikeringkan hingga diperoleh berat yang konstan.

Penentuan Kandungan Aluminium menggunakan AAS, ICP dan XRF

Kandungan aluminium dari sampel penelitian ditentukan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Endapan yang terbentuk dari penelitian diencerkan 100x. Larutan yang terbentuk kemudian dianalisis menggunakan AAS pada daerah dengan panjang gelombang 309,3 nm. Analisis kandungan aluminium yang diperoleh, juga dilakukan menggunakan ICP dan XRF

Pengukuran Massa Jenis

Penentuan massa atau bobot jenis dilakukan menggunakan alat piknometer. Pada tahap awal, dilakukan penimbangan serta diadakan pencatatan massa piknometer kosong. Selanjutnya sampel aluminium hasil sintesis dimasukkan secara perlahan ke dalam piknometer supaya jangan sampai terbentuk gelembung. Piknometer kemudian ditutup rapat dan sampel akan keluar melalui lubang atas. Langkah berikutnya piknometer ditimbang ulang pada kondisi sudah dalam keadaan terisi sampel. Pelakuan pada prosedur ini dilakukan secara triplo. Langkah berikutnya dilakukan perhitungan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Bobot jenis} = \frac{(\text{berat isi} - \text{berat kosong}) \text{ g}}{\text{volume piknometer (mL)}}$$

Analisis Gugus Fungsi menggunakan FTIR

Analisis gugus fungsi pada koagulan yang telah disintesis dilakukan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*). Preparasi sampel dilakukan dengan mencampurkan 4 mg koagulan dan serbuk KBr sebanyak 100 mg yang nantinya akan dibuat

sebagai pelet. Pelet kemudian dianalisis menggunakan FTIR pada panjang gelombang 4000-400 cm^{-1} dan resolusi 8 (cm^{-1}).

Penentuan Daya Koagulasi

Sifat koagulan produk penelitian diterapkan pada limbah cair rumah tangga serta air sungai dengan menggunakan metode turbidimetri. Hasil ekstrak aluminium, ditimbang masing-masing sebanyak 0,5 gram dan 1 gram, selanjutnya dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer yang telah diisi 250 mL limbah cair rumah tangga dan air sungai yang telah diukur tingkat kekeruhan sebelumnya. Campuran tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama beberapa saat, lalu dibiarkan selama 60 menit untuk memberikan kesempatan proses koagulasi. Tingkat kekeruhan air setelah perlakuan kemudian diukur kembali menggunakan metode turbidimetri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagai limbah anorganik, limbah kaleng bekas memerlukan waktu puluhan bahkan ratusan tahun untuk dapat terdegradasi. Dengan demikian mau tidak mau pasti akan mencemari lingkungan dan mengganggu kestabilan system kehidupan. Gambar 1 berikut adalah kaleng yang sudah dipotong dan siap diekstrak aluminiumnya



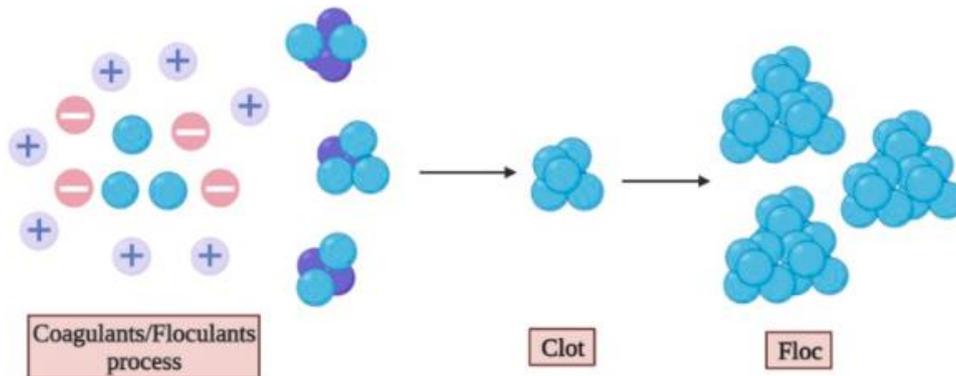
Gambar 1. Potongan kaleng yang siap diekstraksi



Gambar 2. Serbuk hasil ekstraksi aluminium yang telah dihaluskan

Koagulan merupakan bahan yang digunakan dalam proses pengolahan limbah cair menggunakan teknik koagulasi. Koagulasi berfungsi sebagai salah satu metode yang digunakan untuk tujuan menghilangkan kontaminan pada air yang mengalami pencemaran (Anderson, dkk., 2023). Zat pencemar/polutan tersebut dapat berupa partikel koloid/debu,

patogen, molekul tersuspensi, dan berbagai bahan beracun lainnya yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Partikel yang tersuspensi atau padatan ini sebagian besar ukurannya kecil dan membawa muatan negatif di dalam air. Partikel ini dapat membentuk sedimen apabila bergabung membentuk gumpalan yang lebih besar. Namun, karena adanya gaya elektrostatik yang mengelilinginya membuat partikel sulit menggumpal. Oleh karena itu penambahan koagulan berfungsi untuk mengatasi hal tersebut dengan cara membuat gaya elektrostatik tidak stabil sehingga partikel dapat menggumpal dan membentuk sedimen (Xue, dkk., 2024; He, Song, & He, 2023).

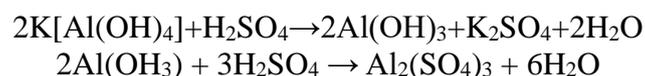


Gambar 3. Pemodelan Proses Koagulasi

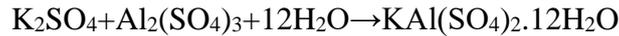
Dalam penelitian ini koagulan dibuat dari sampel limbah kaleng bekas. Penambahan larutan KOH 20% pada sampel yang telah dipreparasi akan menghasilkan reaksi eksoterm. Sementara itu, pemanasan dilakukan untuk mempercepat reaksi. Penambahan KOH pada aluminium akan menghasilkan kalium aluminium dan gas hidrogen yang ditandai dengan timbulnya gelembung-gelembung. Ketika gelembung-gelembung gas sudah tidak muncul lagi, merupakan indikator bahwa aluminium telah bereaksi sepenuhnya. Larutan KOH 20% ditambahkan secara berlebih dengan tujuan guna menghindari supaya tidak bentuk $\text{Al}(\text{OH})_3$ [8,9,10]. Berikut merupakan persamaan reaksi kimia yang terjadi:



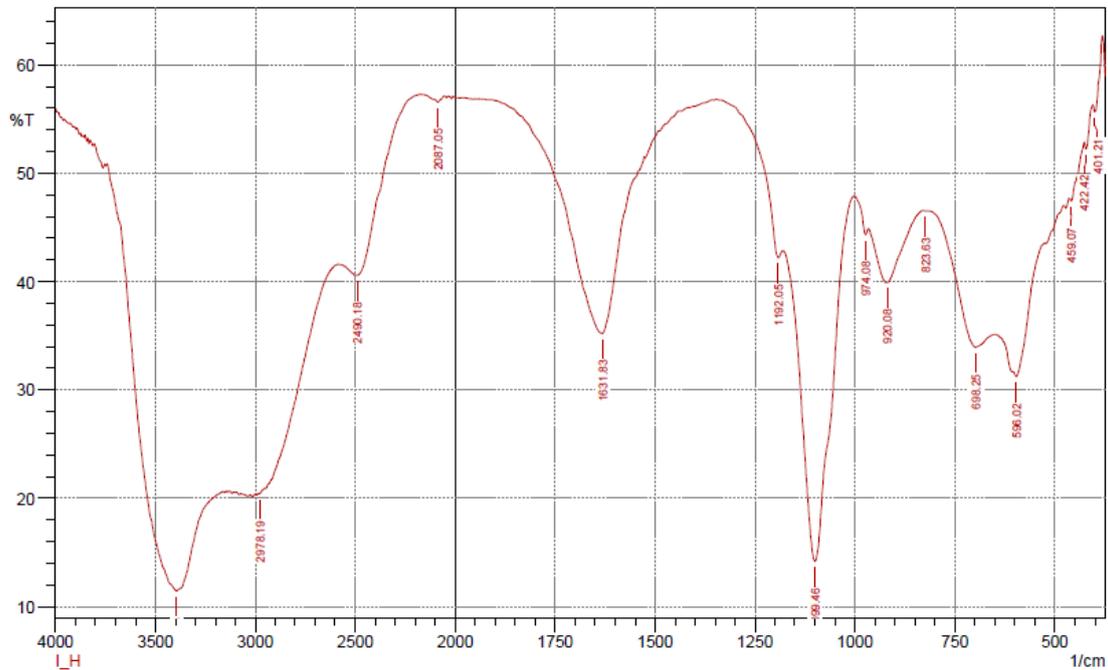
Filtrat yang telah dihasilkan dari reaksi sebelumnya kemudian akan ditambahkan menggunakan larutan H_2SO_4 6M. Tujuan penambahan asam sulfat ini dimaksudkan agar supaya $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ dapat terjadi reaksi dan terbentuk dengan sebaik mungkin. Proses reaksi ini berakibat menghasilkan $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang nantinya akan bereaksi secara langsung dengan larutan H_2SO_4 berlebih membentuk $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Kemudian filtrat disaring untuk menghilangkan pengotor. Berikut merupakan reaksi yang terjadi:



Senyawa $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ yang terbentuk merupakan larutan tidak berwarna yang kemudian akan bereaksi kembali dengan K_2SO_4 . Reaksi ini menghasilkan kristal berwarna putih yang diduga sebagai $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Pada kondisi ini larutan didinginkan dalam es untuk mempercepat terbentuknya kristal. Berikut merupakan reaksi yang terjadi dan senyawa yang terbentuk:



Kristal putih yang dihasilkan selanjutnya dipisahkan menggunakan corong buchner. Endapan kemudian dicuci menggunakan etanol 50%. Hal tersebut bertujuan untuk menyerap kelebihan air pada kristal yang telah terbentuk.

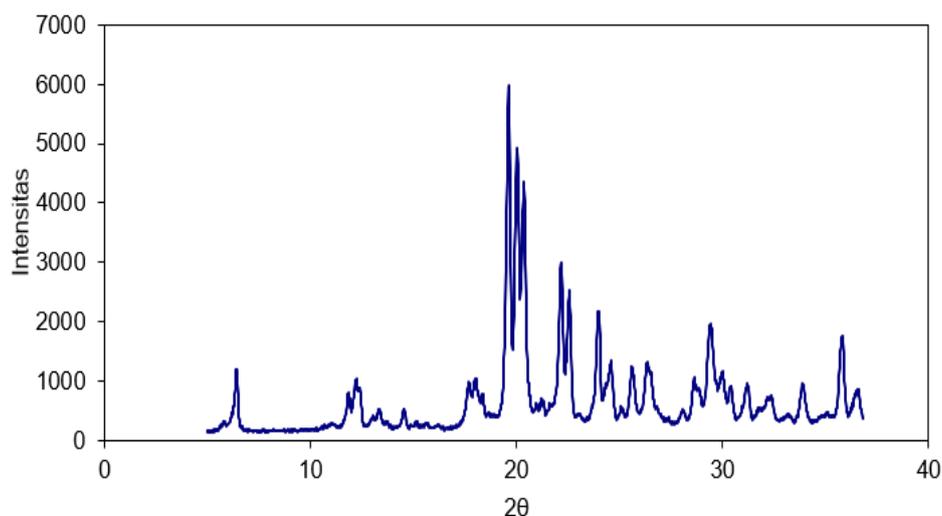


Gambar 4. Hasil karakterisasi FTIR

Pada Gambar 4 menunjukkan hasil karakterisasi FTIR. Pada Gambar 4 terlihat bahwa spektra IR sampel koagulan di atas daerah bilangan gelombang $3394,83 \text{ cm}^{-1}$ merupakan ciri khas dari gugus OH-hidroksil vibrasi ulur sedangkan pada bilangan gelombang $1631,813 \text{ cm}^{-1}$ menyatakan adanya gugus fungsi OH yang berikatan dengan molekul air kristal $x\text{H}_2\text{O}$. Kondisi tersebut sangat sesuai dengan pernyataan Yi, dkk. (2023) yang menyatakan bahwa pada bilangan gelombang sekitar 1600 cm^{-1} terjadi vibrasi ulur OH yang menunjukkan keberadaan molekul air; adapun pada saat bilangan gelombang sekitar 3600 cm^{-1} an menyatakan terdapatnya molekul air dengan peregangan simetris. Pada penelitian yang dilakukan oleh Yi, dkk. (2023), pada bilangan gelombang sekitar $1192,05 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi tekuk $\text{Al}(\text{OH})_2$ dari serapan koagulan komersial.

Selain itu, muncul serapan pada 3372 cm^{-1} yang menyatakan adanya gugus O-H hasil interaksi ikatan air H_2O , puncak pada bilangan gelombang 1098 cm^{-1} menunjukkan adanya serapan gugus S=O. Adapun munculnya puncak pada bilangan gelombang 920 cm^{-1} menunjukkan adanya serapan gugus S-O sementara munculnya puncak pada serapan 699 cm^{-1} menyatakan adanya gugus vibrasi akibat ikatan Al-O.

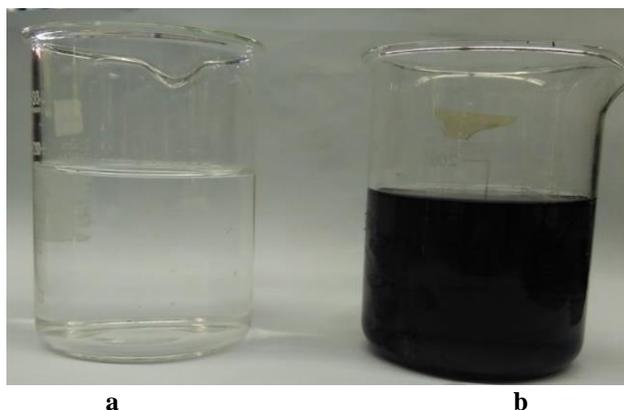
Secara keseluruhan, upaya untuk ekstraksi koagulan polialuminium dari limbah kaleng ini dapat dikatakan telah berhasil dilakukan berdasarkan data hasil spektra IR. Hal ini juga ditunjang dengan data hasil analisis AAS, ICP dan XRF. Produk koagulan sintesis mengandung aluminium berkisar antara 5,74% dan 37,92%. Rendemen yang dihasilkan sebesar 92,03% sampai 98,87%.



Gambar 5. Hasil karakterisasi XRD

Hasil karakterisasi menggunakan XRD pada Gambar 5 dilakukan untuk mengetahui struktur serta kisi kristal dari padatan koagulan yang telah dihasilkan. Analisis XRD ini dilakukan pada sudut pendek, mengingat adanya karakteristik khusus yang muncul pada daerah tersebut. Pola difraktogram yang diperoleh dari hasil pengujian menggunakan XRD dengan sumber sinar $\text{CuK}\alpha$ menggambarkan apakah diperoleh fasa kristalin atau amorf dari padatan yang dihasilkan. Hasil analisis yang telah dilakukan menunjukkan munculnya puncak pada 2θ sekitar 20 menyatakan bahwa fasa koagulan yang dihasilkan adalah semikristalin (Xue, dkk., 2024; He, Song, & He, 2023).

Hasil pengujian menggunakan koagulan hasil sintesis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa dengan penambahan aluminium hasil sintesis dari kaleng bekas pada air limbah rumah tangga sebesar 0,5 gram, mampu menurunkan kekeruhan hingga 86%. Jika dengan penambahan aluminium sebesar 1 gram, kekeruhan turun sebesar 98%. Gambar 6 dan 7 memperlihatkan perbedaan yang jelas antara kondisi air limbah sebelum dan sesudah perlakuan dengan koagulan. Hasil ini mengkonfirmasi bahwa aluminium dari limbah kaleng sangat efektif dalam menurunkan kekeruhan air limbah, dengan efisiensi meningkat seiring dengan jumlah koagulan yang digunakan.



Gambar 6. (a) Hasil uji penggunaan koagulan hasil sintesis sebanyak 0,5 gram, (b) sebelum ditambahkan koagulan



Gambar 7. (a) Hasil uji penggunaan koagulan hasil sintesis sebanyak 1 gram, (b) sebelum ditambahkan koagulan

KESIMPULAN

Koagulan hasil sintesis berbahan dasar limbah kaleng aluminium yang berasal dari berbagai jenis limbah aluminium; berhasil disintesis dengan metode hidrolisis parsial. Karakterisasi yang telah dilakukan menunjukkan sifat spesifik aluminium sebagai koagulan. Kadar aluminium maksimum yang berhasil diperoleh sebesar 24,07% dengan rendemen hasil hingga 97,95%.

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa dengan penambahan aluminium hasil sintesis dari kaleng bekas pada air limbah rumah tangga sebesar 0,5 gram, mampu menurunkan kekeruhan hingga 86% dan jika dengan penambahan aluminium sebesar 1 gram, kekeruhan turun sebesar 98%.

REFERENSI

- Ajibade, F. O., dkk. (2021). Environmental pollution and their socioeconomic impacts. In *Microbe mediated remediation of environmental contaminants* (pp. 321-354). Woodhead Publishing.
- Anderson, L. E., DeMont, I., Dunnington, D. D., Bjorndahl, P., Redden, D. J., Brophy, M. J., & Gagnon, G. A. (2023). A review of long-term change in surface water natural organic matter concentration in the northern hemisphere and the implications for drinking water treatment. *Science of The Total Environment*, 858, 159699.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (21 Desember 2023). *Statistik Air Bersih 2018-2022*. Diakses pada 26 Oktober 2024, dari <https://www.bps.go.id/id/publication/2023/12/21/50f9fbfde6afcd854de1cc5e/statistik-air-bersih-2018-2022.html>.
- Fahmi, A., & Sukendah, S. (2023). Konservasi Alam dalam Perspektif Etika Keilmuan Islam dalam Perubahan Iklim. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perkebunan*, 5(1), 16-29.
- Hargono, A., Waloejo, C., Pandin, M. P., & Choirunnisa, Z. (2022). Penyuluhan Pengolahan Sanitasi Air Bersih Untuk Meningkatkan Kesehatan Masyarakat Desa Mengare, Gresik. *Abimanyu: Journal of Community Engagement*, 3(1), 1-10.
- Hayana, H., Syukaisih, S., Sari, N. P., & Mauludi, T. I. (2023). Edukasi Kesehatan: Perilaku Hidup Bersih Dan Sehat Dengan Menerapkan Minum Air Mineral 8 Gelas Perhari Di Sekolah Dasar Negeri 7 Pekanbaru. *ARSY: Jurnal Aplikasi Riset kepada Masyarakat*, 4(1), 48-55.
- He, J., Song, Q., & He, J. (2023). Preparation and Coagulation Performance of Polyaluminum Lanthanum Silicate Coagulant. *International Journal of Environmental*

- Research and Public Health*, 20(4), 2793.
- Kirana, I. A. R., Maulana, A. D., & Suprihatin, S. (2022). Karakteristik Tawas Berbahan Dasar Kaleng Minuman Aluminium Bekas. *Jurnal Teknik Kimia*, 17(1), 20-23.
- Kusumarini, E., & Embon, S. (2020). Pentingnya Penyediaan Fasilitas Air Bersih Di Lingkungan Sekolah Agar Menciptakan Lingkungan Yang Bersih Dan Sehat Di Sdn 020 Samarinda Utara. *Pendas Mahakam: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sekolah Dasar*, 5(1), 87-92.
- Kuswoyo, N. A. (2021). AIR DALAM AL-QUR'AN (Perspektif Tafsir Ilmi Kementerian Agama RI). *Mafhum*, 6(2), 1-12.
- Ly, A. M., Pierce, H., & Cope, M. R. (2022). Revisiting the Impact of Clean Water and Improved Sanitation on Child Mortality: Implications for Sustainable Development Goals. *Sustainability*, 14(15), 9244.
- Mishra, R. K. (2023). Fresh water availability and its global challenge. *British Journal of Multidisciplinary and Advanced Studies*, 4(3), 1-78.
- Sari, E., Merina, M., & Lestari, E. (2023). Pemanfaatan sampah anorganik menjadi produk kreatif. *Literasi: Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Inovasi*, 3(1), 442-445.
- Setioningrum, R. N. K., Sulistyorini, L., & Rahayu, W. I. (2020). Gambaran Kualitas Air Bersih Kawasan Domestik di Jawa Timur pada Tahun 2019. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 16(2), 87-94.
- Tamim, T., Tumpu, M., Indrayani, P., Syahrir, M., Djamaluddin, I., & Bungin, E. R. (2023). *Pengembangan Sumber Daya Air Berbasis Lingkungan*. TOHAR MEDIA.
- Teslatu, T., Salakory, M., & Leuwol, F. S. (2023). Fulfillment of Clean Water Needs for Households in Waeeken Village, South Buru Regency. *Jurnal Pendidikan Geografi Unpatti*, 2(3), 265-271.
- Ukri, D. S., & Aji, I. Rancang Bangun Mesin Pres Kaleng Berbasis Software Solidworks 2018.
- Widodo, D. L., & Sumanto, A. (2020). *Filosofi hidup sehat*. Alineaku.
- Wijayati, W. I., & Purwanti, I. (2022). Kajian Remediasi Tanah Terkontaminasi Logam Berat Timbal di Desa Pesarean, Kabupaten Tegal dengan Stabilisasi/Solidifikasi. *Jurnal Teknik ITS*, 11(2), D28-D33.
- World Health Organization, & United Nations Children's Fund. (2021). *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2020: five years into the SDGs*. World Health Organization.
- Xue, M., Kang, X., Wang, Y., & Gao, B. (2024). Comparison of aluminum formate and traditional aluminum coagulants in structure, hydrolysates, coagulation behavior, and its corrosion resistance advantage, *Separation and Purification Technology*, 335, 126065.
- Yi, J., Chen, Z., Xu, D., Wu, D., & Howard, A. (2024). Preparation of a coagulant of polysilicate aluminum ferric from foundry dust and its coagulation performance in treatment of swine wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 434, 140400.
- Yusuf, A., Sodiq, A., Giwa, A., Eke, J., Pikuda, O., De Luca, G., Di Salvo, J. L., & Chakraborty, S. (2020). A review of emerging trends in membrane science and technology for sustainable water treatment. *Journal of cleaner production*, 266, 121867.