

Sintesis dan Karakteristik Aluminium Sulfat dari Limbah Foil Blister Obat

Mediana Puspita Sari, Ilma Fadlilah*, Oto Prasadi

*Program Studi D-IV Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri
Pertanian, Politeknik Negeri Cilacap
Jl. Dr. Soetomo Nomor 1, Sidakaya, Cilacap Selatan, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah, 5312, Indonesia
Email: ilma.fadlilah@pnc.ac.id*

Abstrak

Limbah foil blister obat merupakan material yang umumnya hanya menjadi sampah bagi masyarakat, padahal limbah aluminium jika berada bebas di lingkungan membutuhkan waktu lebih dari 100 tahun agar dapat terurai. Pemanfaatan kandungan aluminium dalam limbah blister obat menjadi aluminium sulfat merupakan salah satu alternatif dalam pengelolaan sampah anorganik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi pelarut KOH optimal pada sintesis aluminium sulfat dari limbah foil blister obat berdasarkan karakteristik yang dihasilkan. Karakterisasi bahan baku dilakukan dengan menggunakan instrumentasi AAS dan menghasilkan kadar Al sebesar 56,67%. Sintesis aluminium sulfat dilakukan melalui proses pelarutan dengan larutan KOH, proses ekstraksi menggunakan H_2SO_4 , proses kristalisasi dan pengeringan. Pada penelitian ini digunakan konsentrasi larutan KOH 20%, 30%, 40% dan larutan H_2SO_4 6M. Aluminium sulfat hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX. Analisis data menunjukkan bahwa aluminium sulfat terbaik diperoleh pada konsentrasi KOH 20% dengan nilai parameter pH, bagian tidak larut dalam air, Fe, Pb dan As telah memenuhi syarat mutu berdasarkan SNI 0032:2011 tentang Aluminium Sulfat. Sedangkan untuk parameter kadar Al_2O_3 didapatkan hasil sebesar 15,65% dan belum mencapai nilai yang dipersyaratkan yaitu sebesar 17%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah foil blister obat memiliki potensi signifikan sebagai sumber aluminium sulfat, yang mana dapat dijadikan sebagai alternatif dalam pengolahan air.

Kata kunci : Aluminium Sulfat, Blister Obat, Karakteristik, Sintesis

Abstract

Synthesis and Characterization of Aluminum Sulfate from Pharmaceutical Blister Foil Waste

Medicine blister foil waste is a material that often becomes waste for the community, there were aluminium waste if it is free in the environment takes more than 100 years to decompose. Utilization of aluminium content in drug blister waste into aluminium sulfate is one alternative in inorganic waste management. The purpose of this study was to determine the optimal concentration of KOH solvent in the manufacture of aluminium sulfate from pharmaceutical blister foil waste based on the characteristics produced. Characterization of raw materials was carried out using AAS instrumentation and produced an Al content of 56,57%. Aluminium sulfate synthesis was carried out through the process of raw material preparation, dissolution process with KOH solution, extraction process using H_2SO_4 , crystallization and drying. In this study, KOH solution concentrations of 20%, 30%, 40% and 6M H_2SO_4 solution. The results of aluminium sulfate were characterized using SEM-EDX. The results of data analysis showed that the best aluminium sulfate coagulant was obtained at a KOH concentration of 20% with pH parameter values, insoluble parts in water, Fe, Pb and As having met the quality requirements based on SNI 0032:2011 about Aluminium Sulfate. Meanwhile, for the Al_2O_3 content parameter, the results obtained were 15,65%, which has not reached the required value of 17%. The study results indicate that

medicine blister foil waste has significant potential as a source of aluminium sulfate, which can serve as an alternative in water treatment.

Keywords: Aluminium Sulfate, Medicine Blister, Characteristics, Synthesis

PENDAHULUAN

Kemasan blister obat berbahan aluminium dirancang untuk memberikan perlindungan optimal terhadap obat dengan kombinasi beberapa komponen, diantaranya terdiri dari dua lapisan yang berbeda yaitu *Press Trough Packaging* (PTP) dan plastik. Komposisi PTP ini adalah aluminium dan *Polietilena* (PE). Aluminium yang digunakan biasanya merupakan paduan seperti 8011, 8021, dan 8079, karena sifat penghalangnya yang unggul terhadap kelembaban, cahaya, oksigen, dan mikroorganisme. Sedangkan bagian bahan plastik yang digunakan dapat menggunakan jenis *polivinil klorida* (PVC) ataupun *polivinilidena klorida* (PVDC), tergantung dari bahan yang akan diblister (Tria, 2021).

Kemasan blister obat bekas pakai nantinya merupakan salah satu bahan yang umumnya hanya menjadi sampah bagi masyarakat, padahal limbah aluminium jika berada bebas di lingkungan membutuhkan waktu lebih dari 100 tahun agar dapat terurai (Gultom & Hestina, 2019). Pemanfaatan kandungan aluminium dalam limbah blister obat menjadi aluminium sulfat merupakan salah satu alternatif dalam pengelolaan sampah anorganik yang dapat dilakukan untuk meminimalisir limbah yang dapat membahayakan bagi lingkungan.

Aluminium sulfat $Al_2(SO_4)_3$ atau tawas adalah bahan kimia yang sangat sering digunakan dalam industri. Sebesar 56,90% penggunaan tawas dalam negeri digunakan oleh industri pengolahan air, diikuti oleh industri kertas dengan persentase 35,05% dan sisanya adalah industri lainnya seperti industri bahan kimia, industri makanan dan minuman, industri pupuk dan sebagainya (Febrina & Zilda, 2019). Aluminium sulfat dapat diperoleh dalam bentuk cairan maupun padatan. Sintesis aluminium sulfat dapat dilakukan dengan melarutkan kandungan aluminium yang terdapat pada suatu bahan dengan larutan asam sulfat melalui prinsip krittalisasi. Faktor yang dapat

mempengaruhi proses sintesis aluminium sulfat diantaranya konsentrasi basa dari pelarut kalium hidroksida (KOH), proses pendinginan, konsentrasi asam dari pereaksi asam sulfat (H_2SO_4) dan pengeringan. Konsentrasi basa akan memiliki pengaruh terhadap kadar aluminium yang didapat dari bahan baku, konsentrasi asam akan mempengaruhi banyaknya kadar aluminium yang dapat diendapkan, proses pendinginan akan berpengaruh terhadap bentuk kristal yang terbentuk, sedangkan proses pengeringan akan mempengaruhi tingkat kekeringan dari aluminium sulfat (Halimatussakdiyah *et al.*, 2022).

Anggreani *et al.* (2017) melakukan sintesis tawas dari bahan limbah aluminium foil kemasan aseptik menghasilkan tawas dengan kadar Al sebesar 4,83%. Penelitian Sitompul *et al.* (2017) melakukan sintesis tawas berbahan dasar kaleng bekas menghasilkan produk tawas dengan kadar Al sebesar 5,39%. Penelitian Rosyidah & Purwanti, (2016) melakukan pemanfaatan aluminium kaleng bekas menjadi koagulan tawas untuk pengolahan limbah, diperoleh kadar Al tawas sebesar 24,07% dengan hasil uji menunjukkan penambahan tawas 0,5 gram mampu menurunkan kekeruhan mencapai 70%.

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya yang telah dilakukan, pada penelitian ini dilakukan pemanfaatan limbah foil blister obat menjadi aluminium sulfat bertujuan untuk mengetahui konsentrasi pelarut KOH optimal berdasarkan karakteristik yang dihasilkan sesuai dengan standar mutu SNI 0032:2011 tentang Aluminium Sulfat.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan selama 6 bulan dari Januari - Juli 2024 dengan lokasi penelitian di Laboratorium Rekayasa Proses Prodi Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan Politeknik Negeri Cilacap. Bahan yang digunakan diantaranya yaitu limbah foil blister obat, KOH, larutan H_2SO_4 98%, etanol 50% aquades dan

kertas saring. Peralatan yang digunakan diantaranya: neraca analitik (Shimadzu), *hotplate* (Cimarec), oven (Memmert), desikator (Duran), *magnetic stirrer*, *glassware*, pH meter (Drgray), *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)* (Tescan Vega).

Analisis kadar aluminium dalam limbah foil blister obat menggunakan instrumentasi AAS dilakukan di Laboratorium Terpadu IPB mengacu pada *in house method* laboratorium dengan kode IK No. LP-04.10-LT-1. Proses sintesis aluminium sulfat dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu preparasi limbah foil blister obat, proses pelarutan, proses ekstraksi, proses pendinginan, proses pengeringan, kemudian dilakukan uji karakteristik aluminium sulfat hasil sintesis.

Preparasi limbah foil blister obat dilakukan dengan memisahkan antara lapisan plastik dan lapisan aluminium dari blister obat, kemudian dibersihkan dengan pencucian berulang menggunakan air dan direndam pada larutan etanol 50% yang bertujuan untuk menghilangkan kotoran residu obat yang mungkin masih menempel pada lapisan blister obat. Bahan tersebut kemudian diperkecil ukurannya menjadi $\pm 0,5 \times 0,5$ cm agar semakin mudah bereaksi pada saat proses pelarutan.

Proses sintesis aluminium sulfat pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang mengacu pada penelitian (Anggreani *et al.*, 2017). Sebanyak 3 gram limbah foil blister obat dimasukkan kedalam erlenmeyer 100 mL, kemudian ditambahkan larutan KOH 20%, 30% dan 40% sebanyak 50 mL kedalam masing-masing erlenmeyer. Pelarutan dilakukan diatas *hotplate*

pada kondisi suhu 70°C selama ± 30 menit hingga gelembung gas menghilang. Hasil pelarutan kemudian didiamkan pada suhu ruang lalu disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan filtrat dan residu yang dihasilkan. Filtrat hasil penyaringan ditambahkan dengan larutan H₂SO₄ 6M sebanyak 30 mL kemudian didinginkan dalam lemari es untuk mempercepat terbentuknya kristal. Kristal aluminium sulfat yang diperoleh dicuci menggunakan larutan etanol 50% untuk menyerap kadar air dan membantu dalam mempercepat proses pengeringan. Proses pengeringan dilakukan menggunakan oven pada suhu 70°C- 80°C hingga diperoleh bobot konstan. Perhitungan % rendemen dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{Massa koagulan}}{\text{Massa bahan baku}} \times 100\% \quad (1)$$

Analisis karakteristik aluminium sulfat untuk parameter pH dan bagian tidak larut dalam air dilakukan mengacu pada SNI 0032:2011 tentang Aluminium Sulfat. Sedangkan untuk mengetahui morfologi permukaan partikel, kandungan unsur logam dan kadar Al₂O₃ dilakukan menggunakan instrumentasi SEM-EDX. Adapun perhitungan kadar Al₂O₃ dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Al}_2\text{O}_3 = \frac{b_1}{b_2} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan: b_1 = massa Al₂O₃ (gram); b_2 = massa total (gram)



a



b

Gambar 1. a Limbah Foil Blister Obat , b Hasil Preparasi Limbah Foil Blister Obat

HASIL DAN PEMBAHASAN

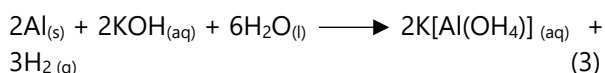
Kadar Aluminium dalam Limbah Foil Blister Obat

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan dengan menggunakan instrumentasi AAS dapat diketahui bahwa limbah foil blister obat memiliki kandungan kadar aluminium sebesar 56,67%.

Pengaruh KOH terhadap Bobot Aluminium Sulfat yang Dihasilkan

Sintesis aluminium sulfat dalam penelitian ini menghasilkan aluminium sulfat padat berupa kristal berwarna putih, tidak berbau, dan memiliki sifat mudah larut dalam air serta tidak mudah larut dalam etanol. Berdasarkan hasil pengamatan diatas, maka produk tersebut telah sesuai dengan MSDS aluminium sulfat. Hasil sintesis aluminium sulfat pada penelitian ini menghasilkan bobot yang disajikan pada grafik Gambar 3.

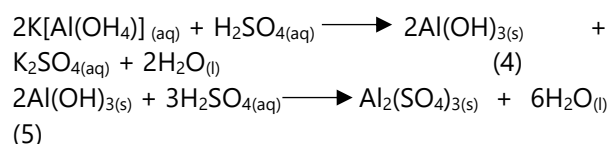
Berdasarkan Gambar 3 diatas dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi pelarut KOH jumlah aluminium sulfat yang dihasilkan semakin banyak. Bobot produk paling banyak diperoleh terdapat pada variasi konsentrasi KOH 40% menghasilkan berat aluminium sulfat sebanyak 34,5939 gram dengan rendemen sebesar 11,53%. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Aisyah *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa hubungan antara konsentrasi pelarut KOH dengan jumlah rendemen yaitu semakin tinggi konsentrasi KOH maka semakin banyak jumlah aluminium yang terikat dari bahan baku sehingga jumlah aluminium sulfat yang dihasilkan akan semakin banyak. Berikut persamaan reaksi yang terjadi (Manurung & Ayuningtyas, 2016):



Gambar 2. Hasil Sintesis Aluminium Sulfat

Pelarutan aluminium dengan larutan KOH merupakan reaksi reduksi-oksidasi. Pada saat pemanasan timbul gelembung, asap, warna larutan berubah menjadi hitam dan terdapat endapan yang berasal dari pengotor bahan baku serta residu plastik. Reaksi yang terjadi akan terbentuk gas H_2 yang menandakan kation aluminium tertarik dari limbah foil blister obat. Reaksi dinyatakan selesai setelah gelembung-gelembung gas menghilang (Busyairi *et al.*, 2018).

Penambahan larutan H_2SO_4 bertujuan agar seluruh senyawa $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ yang terbentuk dapat bereaksi dengan sempurna. Reaksi yang terjadi adalah (Manurung & Ayuningtyas, 2016):



Reaksi tersebut merupakan reaksi asam-basa, dimana ion H^+ dari asam sulfat akan dinetralkan dengan basa $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ dan membentuk $\text{Al}(\text{OH})_3$ berupa endapan kristal berwarna putih dan menghasilkan panas. Endapan yang dihasilkan ini bukan endapan aluminium sulfat, sehingga perlu ditambahkan H_2SO_4 berlebih. Senyawa $2\text{Al}(\text{OH})_3$ yang terbentuk akan langsung kembali bereaksi dengan larutan H_2SO_4 sehingga membentuk $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

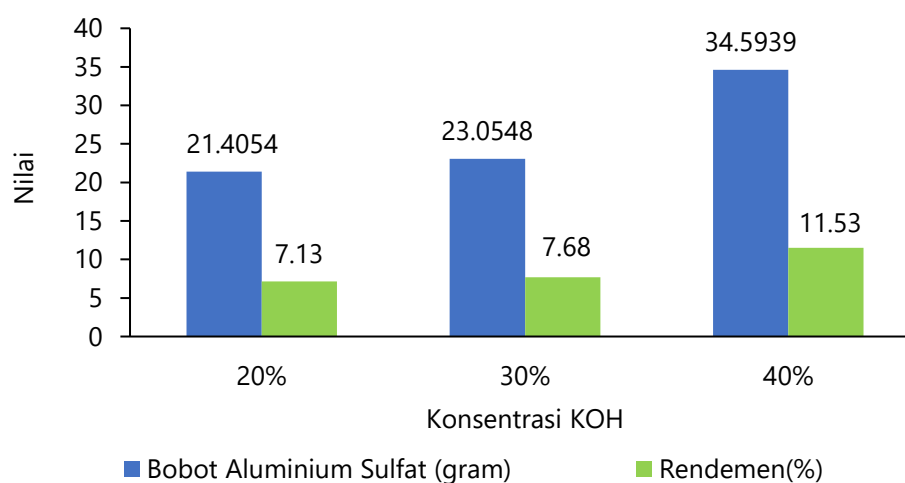
Analisis Karakteristik Aluminium Sulfat

Karakteristik aluminium sulfat hasil sintesis pada penelitian ini disesuaikan berdasarkan SNI 0032:2011 tentang aluminium sulfat yang terdiri dari parameter pH, bagian yang tidak larut dalam air, kadar Al_2O_3 , Fe, Pb dan As. Berikut Tabel 1 menunjukkan hasil karakteristik aluminium sulfat yang dihasilkan.

Tabel 1. Hasil Karakteristik Aluminium Sulfat

No.	Parameter	Mutu	Sampel		
			A-1	A-2	A-3
1.	pH	Min. 3	3,6	3,11	3,14
2.	Bagian yang tidak larut dalam air (%b/b)	Maks. 0,5	0,116	0,213	0,221
3.	Al ₂ O ₃ (%b/b)	Min. 17	15,65	12,33	9,53
4.	Besi, Fe (%b/b)	Maks. 0,01	-	-	-
5.	Timbal, Pb (mg/kg)	Maks. 10	-	-	-
6.	Arsen, As (mg/kg)	Maks. 2	-	-	-

Keterangan: A-1: Pelarut KOH 20%; A-2 : Pelarut KOH 30%; A-3 : Pelarut KOH 40%; (-) : Tidak terkandung dalam aluminium sulfat

**Gambar 3.** Hubungan Konsentrasi KOH terhadap Bobot Aluminium Sulfat

Derajat Keasaman (pH)

Aluminium sulfat yang dihasilkan memiliki nilai pH yang ada pada rentang 3,11 – 3,6. Nilai tersebut telah memenuhi syarat mutu sesuai SNI 0032:2011 tentang Aluminium Sulfat dengan nilai minimal adalah 3. Ion aluminium bersifat amfoter yang mana dapat bertindak sebagai asam dan basa bergantung pada suasana yang mempengaruhinya (Ningsih & Harmawan, 2022). Aluminium sulfat yang dihasilkan pada penelitian ini merupakan garam dari asam kuat (larutan H₂SO₄) dan basa lemah (Al(OH)₃), karena suasananya asam maka menyebabkan aluminium sulfat bersifat asam.

Bagian yang Tidak Larut dalam Air

Hasil analisis menunjukkan bahwa aluminium sulfat yang dihasilkan telah memenuhi

persyaratan mutu yaitu dibawah 0,5%. Semakin tinggi konsentrasi KOH maka semakin meningkat nilai kadar bagian yang tidak larut dalam air, dengan nilai terendah didapat pada konsentrasi KOH 20% yaitu sebesar 0,116%. Penelitian Sitompul *et al.* (2017) menyatakan bahwa semakin tinggi nilai kadar bagian yang tidak larut dalam air maka semakin banyak pengotor yang terdapat pada aluminium sulfat.

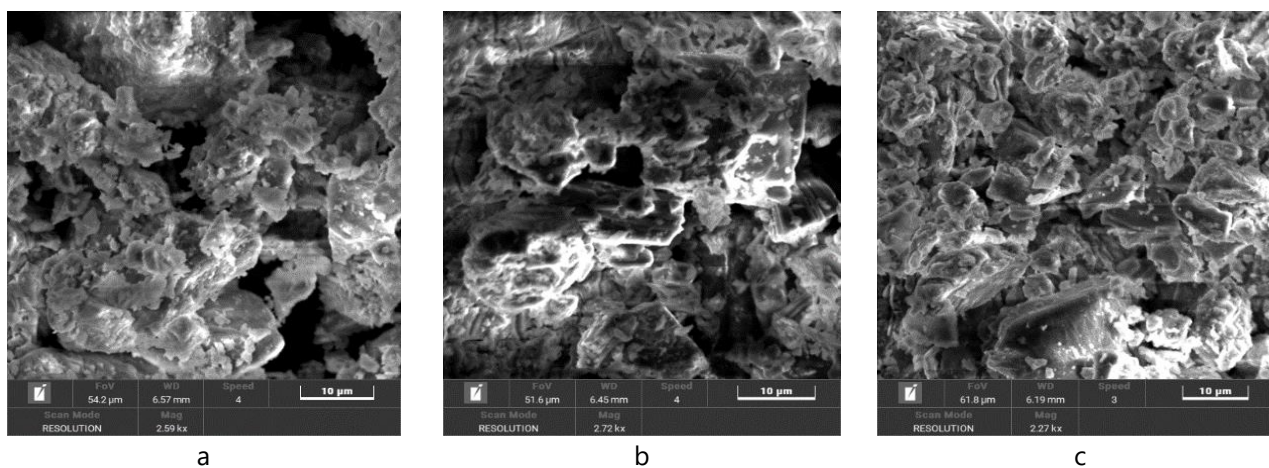
Analisis Morfologi Permukaan

Produk aluminium sulfat pada penelitian ini diuji dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Berikut Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan gambar morfologi permukaan dan persebaran unsur kimia yang terkandung pada aluminium sulfat.

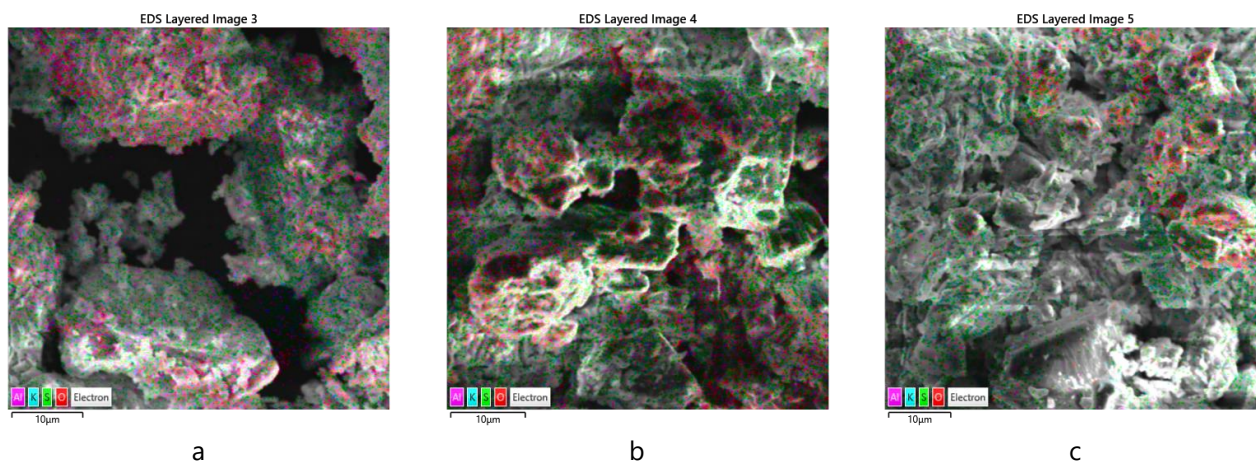
Berdasarkan Gambar 4 diatas menunjukkan bahwa morfologi permukaan ketiga sampel aluminium sulfat hasil sintesis memiliki struktur berpori dengan ukuran diameter rata-rata partikel pada sampel A-1 sebesar ($6,01 \pm 3,13 \mu\text{m}$), sampel A-2 sebesar ($6,51 \pm 0,92 \mu\text{m}$) dan sampel A-3 sebesar ($5,10 \pm 2,13 \mu\text{m}$). Sampel A-1 memperlihatkan permukaan yang kasar dan tidak merata, menandakan adanya pembentukan pori yang besar namun tidak homogen. Sampel A-2 menunjukkan aglomerasi partikel lebih padat, sedangkan sampel A-3 memiliki struktur yang lebih halus dan seragam dengan distribusi pori yang relatif merata. Variasi konsentrasi pelarut

dalam proses sintesis menciptakan perbedaan ukuran partikel, bentuk kristal dan tingkat aglomerasi.

Adapun Gambar 5 menunjukkan peta persebaran unsur kimia yang terkandung dalam aluminium sulfat. Dari gambar tersebut dapat dilihat informasi mengenai persebaran unsur kimia yang terdapat pada permukaan sampel dimana setiap warna mewakili unsur yang berbeda. Hasil menunjukkan bahwa unsur kimia yang terdapat pada sampel adalah oksigen (O) yang ditunjukan dengan warna merah, sulfur (S) dengan warna hijau, kalium (K) dengan warna biru dan aluminium (Al) dengan warna ungu.



Gambar 4. a. Morfologi Permukaan Sampel A-1, b. Morfologi Permukaan Sampel A-2, c. Morfologi Permukaan Sampel A-3



Gambar 5. a. Persebaran Unsur Kimia Sampel A-1, b. Persebaran Unsur Kimia Sampel A-2, c. Persebaran Unsur Kimia Sampel A-3

Analisis Kadar Unsur Logam

Analisis persentase berat dari setiap unsur kimia yang terkandung dalam aluminium sulfat dilakukan menggunakan *Energy Dispersive X-Ray* (EDX). Berikut Tabel 2 menunjukkan hasil persentase komposisi unsur kimia yang terdapat pada produk aluminium sulfat.

Kadar Al_2O_3 merupakan salah satu indikator utama dalam keberhasilan sintesis aluminium sulfat. Berdasarkan data Tabel 2 dapat diketahui bahwa kandungan kadar Al yang diperoleh yaitu semakin tinggi konsentrasi KOH maka semakin menurun nilainya. Hal ini dapat disebabkan karena aluminium kembali melarut pada konsentrasi basa yang lebih tinggi (Purnawan & Ramadhani, 2014). Pada prinsipnya aluminium sulfat dibuat dari campuran K^+ , Al^{3+} dan SO_4^{2-} dalam medium air. Jika kadar aluminium yang dihasilkan rendah maka kadar Al_2O_3 yang dihasilkan juga akan rendah (Mayangsari *et al.*, 2023). Nilai kadar Al tertinggi didapat pada sampel A-1 yaitu sebesar 8,30%. Berdasarkan hasil perhitungan melalui persamaan 2 maka diperoleh kadar Al_2O_3 pada sampel A-2 yaitu sebesar 15,65%. Nilai tersebut belum dapat memenuhi persyaratan mutu berdasarkan SNI 0032: 2011 tentang aluminium sulfat dengan nilai kadar Al_2O_3 minimal adalah sebesar 17%.

Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan sintesis tawas berbahan dasar kaleng bekas, diantaranya penelitian Aisyah *et al.* (2022) menghasilkan produk dengan kadar Al tawas sebesar 4,97%, penelitian Sitompul *et al.* (2017) menghasilkan produk tawas dengan kadar Al sebesar 5,39% dan penelitian Halimatussakdiyah *et al.* (2022) menghasilkan produk tawas dengan kadar Al sebesar 4,64%. Penelitian Anggreani *et al.* (2017) melakukan sintesis tawas dari bahan limbah aluminium foil kemasan aseptik, diperoleh kadar Al dalam tawas sebesar 4,83%. Jika dibandingkan dengan beberapa penelitian terdahulu yang telah melakukan sintesis tawas dari beberapa bahan yang berbeda, kandungan Al_2O_3 yang diperoleh masih belum memenuhi standar persyaratan SNI 0032 : 2011 tentang aluminium sulfat. Penelitian Rasmita *et al.* (2024) menyebutkan bahwa rendahnya persentase Al_2O_3 dapat disebabkan karena masih besarnya pengotor yang terdapat pada produk, salah satunya yaitu terbentuknya kristal K_2SO_4 sebagai produk samping.

Tabel 2. Komposisi Unsur Kimia Aluminium Sulfat

No.	Unsur Kimia	% Berat Sampel		
		A-1	A-2	A-3
1.	O	45,76	47,21	35,33
2.	Al	8,30	6,55	5,07
3.	S	23,09	24,62	27,69
4.	K	22,85	21,27	31,91
5.	Si	-	0,35	-

Keterangan: (-) = Tidak terkandung dalam aluminium sulfat

Komposisi unsur kimia yang terkandung dalam aluminium sulfat hasil sintesis selanjutnya adalah sulfur (S) dan kalium (K). Kandungan sulfur yang didapat berada pada rentang 23,09% - 27,69%, sedangkan kandungan kalium pada produk diperoleh pada rentang 21,27% - 31,91%. Kandungan tersebut terbentuk karena dalam proses pembuatannya, sintesis aluminium sulfat menggunakan larutan asam sulfat (H_2SO_4) dan kalium hidroksida (KOH) sehingga terbentuk senyawa sulfur (S) dan kalium (K). Adapun kandungan silikon (Si) sebesar 0,35 % diperoleh pada sampel A-2 dengan variasi pelarut KOH 30%. Adanya kandungan Si tersebut dapat disebabkan oleh adanya pengotor yang masih terdapat pada bahan baku limbah foil blister obat.

Berdasarkan hasil karakterisasi unsur kimia dengan EDX dapat diketahui juga bahwa aluminium sulfat hasil sintesis tidak ada yang mengandung parameter kimia unsur logam Fe, Pb dan As. Hal ini telah memenuhi persyaratan mutu SNI 0032-2011 tentang aluminium sulfat. Tidak adanya kandungan unsur logam tersebut disebabkan karena kemasan obat yang digunakan sebagai bahan baku dalam sintesis aluminium sulfat hanya terdiri dari dua komposisi yaitu lapisan aluminium dan plastik.

KESIMPULAN

Konsentrasi pelarut KOH optimal pada pembuatan aluminium sulfat dari limbah foil blister obat berdasarkan karakteristik yang dihasilkan adalah pada konsentrasi pelarut KOH 20% dengan produk berwujud kristal berwarna putih, tidak berbau, memiliki sifat mudah larut dalam air serta tidak mudah larut dalam etanol. Bobot aluminium sulfat yang dihasilkan yaitu sebanyak 21,4054

gram dengan nilai pH sebesar 3,6, nilai bagian yang tidak larut dalam air sebesar 0,116% dan kadar Al_2O_3 sebesar 15,65 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Cilacap yang telah memberi dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, I., Kirana, R., Maulana, A.D., Aisyah, I., Kirana, R., & Maulana, A.D. 2022. Karakteristik Tawas Berbahan Dasar Kaleng Minuman Aluminium Bekas. *Teknik Kimia*, 17: 20–23.
- Anggreani, L., Yenier, E., & Elystia, S. 2017. Daur Ulang Sampah Aluminium Foil Kemasan Aseptik menjadi Tawas. *Jom Fteknik*, 4(1): 1–6.
- Busyairi, M., Sarwono, E., & Priharyati, A. 2018. Pemanfaatan Aluminium Dari Limbah Kaleng Bekas Sebagai Bahan Baku Koagulan Untuk Pengolahan Air Asam Tambang. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 10(1): 15–25. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol10.iss1.art2>
- Febrina, L., & Zilda, A. 2019. Efektivitas Tawas Dari Minuman Kaleng Bekas Sebagai Koagulan Untuk Penjernih Air. *Sustainable Environmental and Optimizing Industry Journal*, 1(1): 71–79.
- Gultom, E., & Hestina. 2019. Pemanfaatan Limbah Kaleng Minuman yang Mengandung Aluminium (Al) Menjadi Tawas Bernilai Ekonomis. *Jurnal Kimia Saintek Dan Pendidikan*, 3(1): 23–27.
- Halimatussakdiyah, R., Jalaludin, & Muarif, A. 2022. Pembuatan Tawas dari Limbah Kaleng Minuman Bekas. *Chemical Engineering*, 2: 1–10.
- Manurung, M., & Ayuningtyas, I.F. 2016. Kandungan Aluminium dalam Kaleng Bekas dan Pemanfaatannya dalam Pembuatan Tawas. *Kimia*, 4(2): 180–186.
- Mayangsari, N. E., Ramadani, T. A., Jannah, N. M., & Widiyana, D. R. 2023. Daur Ulang Limbah Kemasan Multilayer Sebagai Bahan Pembuatan Tawas Untuk Menurunkan Parameter Pencemar Industri Tahu. *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 15(1): 97–103.
- Ningsih, S., & Harmawan, T. 2022. Pengaruh Penambahan $Al_2(SO_4)_3$ Terhadap Derajat Keasaman Air Baku pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Keumueneng Langsa. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 4(1): 20–23. <https://doi.org/10.33059/jq.v4i1.4317>
- Purnawan, I., & Ramadhani, R. B. 2014. Pengaruh Konsentrasi KOH pada Pembuatan Tawas dari Kaleng Aluminium Bekas. *Teknologi*, 6(2): 109–119.
- Rasmitha, A., Ramadhan, S.A., Fais, M.A., & Prihartanti, W. 2024. Kadar Alumina Oksida Merupakan Salah Satu Indikator Kualitas dari Berbagai Produk Tawas. *Seminar Nasional Teknologi Industri*, 1(1): 90–94
- Rosyidah, A., & Purwanti, E. 2016. Pemanfaatan Limbah Aluminium Sebagai Koagulan. *Prosiding SEMATEKSOS 3 Strategi Pembangunan Nasional Menghadapi Revolusi Industri 4.0*, pp.243–247.
- Sitompul, L.R., Yenier, E., & Elystia, S. 2017. Pemanfaatan Logam Aluminium (Al) pada Kaleng Minuman Soda Menjadi Tawas. *Jurnal Fteknik*, 4(1): 1–6.
- Tria. 2021. Kemasan Blister. <https://teknikjaya.co.id/blister-adalah-kemasan/>