

SYNTHESIS KALIUM ALUMINIUM SULPHATE (ALUM) FROM ALUMINIUM FOIL WASTE USING KOH AND H₂SO₄

SINTESIS KALIUM ALUMINIUM SULFAT (ALUM) DARI LIMBAH ALUMINIUM FOIL MENGGUNAKAN KOH DAN H₂SO₄

Atiqa Rahmawati^{1*}

¹Department of Leather Processing Technology, Politeknik ATK Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

* Corresponding author: tiqa054@gmail.com

Abstract:

The increase in the culinary industry certainly must be balanced with the packaging waste generated. The waste from aluminum foil is one of the wastes produced. Over 8 tons of aluminum foil waste are generated each month in East Java. Waste that has been piled up is only given to third parties. It takes about 400 years for aluminum foil to breakdown and decompose in the soil. Aluminum foil waste can generate environmental pollution. As waste pollution increases, alternatives are needed to convert waste into useful materials. Aluminum foil can be utilized as a raw material for the production of potassium aluminum sulfate due to its high aluminum content. The objective of this study is to utilize aluminum waste into potassium aluminum sulfate. The concentrations of KOH and H₂SO₄ are the two variables combined. In this study, the yield value, pH analysis, melting point, and Al₂O₃ content of alum will be determined. The results showed that 2 M KOH and 4.5 M H₂SO₄ had the highest yield of 88.3580, pH 3,08; melting point 92 °C; and Al₂O₃ concentration 15,5%. Potassium aluminum sulfate performed physical analysis, including analyses of pH, melting point, and Al₂O₃ concentration. Alum has a pH of about 3, and its melting point is between 92 and 93 °C, while the Al₂O₃ content ranges between 9 and 11%. Kalium aluminium sulfate meets the SNI 0032:2011 standards for physical pH and melting point analysis. However, the Al₂O₃ content does not meet to SNI 0032:2011.

Keywords: alum, aluminium foil, aluminium foil waste, kalium aluminium sulfate

Intisari:

Meningkatnya industri kuliner tentu tidak lepas dari sampah kemasan yang ditimbulkan, salah satu sampah yang ditimbulkan yaitu sampah aluminium foil. di Jawa Timur menghasilkan sekitar 8 ton tiap bulan limbah aluminium foil. Limbah yang menumpuk hanya diserahkan kepada pihak ketiga. Limbah aluminium foil dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, dan membutuhkan waktu sekitar 400 tahun untuk mendegradasi aluminium foil dan terurai dalam tanah. Peningkatan polusi limbah yang muncul, dibutuhkan alternatif untuk mengubah limbah menjadi material yang berguna. Kandungan aluminium yang tinggi pada aluminium foil dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan tawas kalium aluminium sulfat. Tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu pemanfaatan limbah aluminium menjadi tawas kalium aluminium sulfat. Kombinasi variabel yang digunakan yaitu konsentrasi KOH dan H₂SO₄. Pada

p-ISSN : 1411-7703

e-ISSN : 2746-2625

penelitian ini akan dihitung nilai rendemen, analisa pH, titik leleh, dan kandungan Al_2O_3 pada tawas. Hasil penelitian menunjukkan rendemen optimum sebesar 88,3580 pada variabel KOH 2 M dan H_2SO_4 4,5M, dengan nilai pH 3,08, titik leleh 92 °C, dan kandungan Al_2O_3 sebesar 15,5%. Adapun analisa fisis yang dilakukan terhadap tawas kalium alumunium sulfat yaitu analisa pH, titik leleh, dan kandungan Al_2O_3 . pH tawas yaitu berkisar pada pH 3, dan titik leleh pada range 92 – 93 °C. Sedangkan kandungan Al_2O_3 berkisar pada 9 – 11 %. Analisa fisis pH dan titik leleh telah memenuhi standar SNI 0032:2011 tentang tawas alumunium. Sedangkan kandungan Al_2O_3 belum memenuhi standar SNI 0032:2011.

Kata kunci: alum, alumunium foil, limbah alumunium foil, tawas kalium

Pendahuluan

Industri kuliner di Indonesia semakin berkembang, hal ini ditunjukkan dengan sumbangan PBD ekonomi kreatif dari industri kuliner mencapai 381,99 milyar rupiah di tahun 2016 [1]. Meningkatnya industri kuliner tentu tidak lepas dari sampah kemasan yang ditimbulkan, salah satu sampah yang ditimbulkan yaitu sampah alumunium foil. Bungkus alumunium foil hanya digunakan sebagai pembungkus produk sekali pakai, seperti makanan atau minuman. Dari data yang telah didapatkan dari salah satu restaurant *fastfood* di Surabaya konsumsi alumunium foil tray tiap hari mencapai 20 buah, dan alumunium foil roll sebanyak 6 tiap minggunya. Selain itu di Jawa Timur menghasilkan sekitar 8 ton tiap bulan limbah alumunium foil. Limbah yang menumpuk hanya diserahkan kepada pihak ketiga [2]. Alumunium foil mempunyai kandungan alumunium sekitar 92 – 99% [3]; 99% [4]. Limbah alumunium foil dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, dan membutuhkan waktu sekitar 400 tahun untuk mendegradasi alumunium foil dan terurai dalam tanah [3]. Peningkatan polusi limbah yang muncul, dibutuhkan alternatif untuk mengubah limbah menjadi material yang berguna [6].

Limbah atau sampah alumunium foil yang mempunyai kandungan alumunium foil tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan tawas kalium. Tawas merupakan salah satu koagulan yang efektif dalam mengendapkan partikel dalam air. Tawas dapat meningkatkan kualitas air, baik untuk air konsumsi, air sanitasi maupun air limbah [5]. Pemanfaatan limbah alumunium sebagai bahan baku pembuatan tawas kalium telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Pemanfaatan limbah alumunium foil kemasan susu telah dimanfaatkan oleh amin dkk (2022) [5] sebagai bahan baku pembuatan tawas, rendemen maksimal yang didapatkan yaitu sebesar 33,08. Penelitian lain yaitu pemanfaatan kaleng alumunium bekas sebagai bahan baku pembuatan tawas, hasil penelitian menyebutkan bahwa rendemen optimum mencapai 99%, dan efektif dalam penurunan kekeruhan dalam air [6]. Adapun penelitian lain yang memanfaatkan limbah alumunium foil kemasan makanan, akan tetapi kadar tawas yang dihasilkan masih sekitar 3,1% [2].

Tujuan penelitian ini yaitu pemanfaatan limbah alumunium foil kemasan sisa makanan cepat saji sebagai bahan baku pembuatan tawas kalium alumunium foil. Variabel penelitian yang digunakan yaitu kombinasi KOH dan H_2SO_4 sebagai senyawa pereaksi sehingga menghasilkan tawas kalium alumunium sulfat. Analisa pH, titik leleh dan kandungan Al_2O_3 dilakukan pada penelitian untuk mengetahui sifat fisis dan kandungan kimia pada senyawa yang dihasilkan.

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan yaitu limbah aluminium foil (Al_w), aquadest, KOH, H_2SO_4 . Sedangkan alat yang digunakan gelas beker, gelas ukur, Erlenmeyer, kertas saring whatmann 40, Bunsen dan kaki tiga, pipit ukur, pipet tetes, spatula, thermometer, pH meter, turbidimeter, oven, neraca analitik, corong buchner. Spektrofotometer Serapan Atom (AAS).

Metode

Persiapan Bahan Baku

Bahan baku berupa limbah aluminium diperoleh dari sisa bungkus makanan cepat saji dan kue. Limbah aluminium foil dibersihkan dari sisa makanan dan dipotong dengan ukuran 1x1 cm. Bahan baku yang telah dipreparasi ditempatkan dalam wadah kedap udara.

Sintesis limbah aluminium foil menjadi tawas kalium aluminium sulfat

Limbah aluminium foil ditimbang sebanyak 1 gram dan ditambahkan larutan KOH hingga terlarut sempurna sambil diaduk dan dipanaskan pada suhu 70 – 80 °C. Menyaring larutan hasil reaksi limbah aluminium foil dengan larutan KOH, dan menampung filtratnya dalam Erlenmeyer. Hasil filtrat ditambahkan larutan H_2SO_4 sebanyak 20 ml secara bertahap sambil diaduk dan dipanaskan pada suhu 70 – 80 °C. Pengadukan dan pemanasan dihentikan ketika endapan putih larut sempurna. Kemudian larutan didinginkan pada suhu kamar hingga terbentuk kristal tawas. Hasil kristal tawas kalium aluminium sulfat disaring menggunakan corong buchner, dan dikeringkan di oven pada suhu 40 – 50 °C sampai berat konstan. Hasil kristal tawas kalium aluminium sulfat yang sudah kering disimpan pada wadah kedap udara, yang kemudian akan digunakan untuk analisa. Yield yang dihasilkan dihitung dengan perbandingan antara berat tawas kalium aluminium sulfat dibagi dengan berat bahan baku.

Dalam penelitian ini digunakan full factorial design dengan 2 variabel (KOH dan H_2SO_4) dan 3 level konsentrasi larutan. Konsentrasi larutan KOH 1,4 M; 2 M; 3 M. Konsentrasi larutan H_2SO_4 4,5M; 6M; dan 9M.

Analisa pH

1 gram tawas kalium dilarutkan dalam aquadest pada labu ukur 100 ml, kemudian celupkan pH meter ke dalam larutan contoh. Baca dan catat nilai pH, analisa pH dilakukan sebanyak tiga kali masing – masing sampel [7].

Analisa Titik Meleleh

1 gram tawas kalium ditimbang dan dimasukkan dalam tabung reaksi. Kemudian memasukkan tabung reaksi ke dalam gelas beker yang berisi 500 ml aquadest. Memanaskan air dalam gelas beker (yang telah berisi tabung reaksi) hingga suhu 40 °C, kemudian suhu dinaikkan secara perlahan – lahan dengan rate 2 °C per menit. Mencatat suhu ketika kristal tawas mulai meleleh hingga meleleh sempurna.

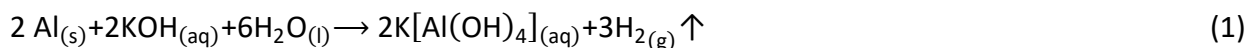
Analisa kandungan Al_2O_3 pada Tawas Kalium Aluminium Sulfat

Analisa kandungan aluminium oksida (Al_2O_3) pada tawas kalium aluminium sulfat dilakukan dengan spektrofotometer serapan atom. Analisa dilakukan di Laboratorium Energi, Gedung Robotika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

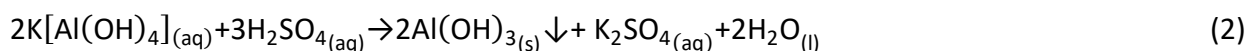
Hasil dan Pembahasan

Hasil dari sistesis tawas kalium aluminium sulfat dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan kombinasi variabel dan hasil rendemen dari tawas kalium aluminium sulfat.

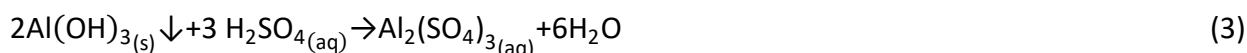
Terbentuknya kristal tawas kalium alumunium sulfat terjadi karena adanya reaksi antara limbah alumunium foil dan KOH dan H₂SO₄. Alumunium foil yang direaksikan dengan larutan KOH menghasilkan reaksi eksoterm, yaitu reaksi yang menghasilkan panas [5], akan tetapi untuk mempercepat reaksi dan mempercepat kelarutan alumunium foil dengan larutan KOH maka suhu dinaikkan hingga suhu 70 °C [8]. Reaksi yang terjadi yaitu sebagai berikut,



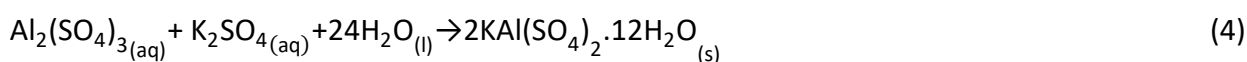
Pada reaksi diatas penambahan larutan KOH akan mengikat kation Al²⁺ yang ada di limbah alumunium foil membentuk senyawa KAl(OH)₄ [8]. Terikatnya kation alumunium ditandai dengan terbentuknya gelembung dan gas H₂ [9]. Penambahan larutan KOH yang berlebih untuk menghindari pembentukan endapan Al(OH)₃ [8]. Kemudian penambahan larutan H₂SO₄ sangat berpengaruh terhadap pembentukan tawas kalium alumunium foil, hal ini dikarenakan larutan H₂SO₄ akan bereaksi dengan alumunium yang diikat oleh larutan KOH [6]. Adapun reaksi yang terjadi yaitu sebagai berikut,



Penambahan larutan H₂SO₄ bertujuan agar senyawa K[Al(OH)₄] bereaksi sempurna [6], kemudian larutan H₂SO₄ yang berlebih akan melarutkan Al(OH)₃ yang merupakan endapan hasil reaksi [10], yang kemudian membentuk senyawa Al₂(SO₄)₃, reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut,



Pada reaksi (2) dihasilkan pula senyawa K₂SO₄, dimana senyawa tersebut akan bereaksi dengan Al₂(SO₄)₃ yang dihasilkan dari reaksi (3). Kedua senyawa ini bereaksi dan membentuk larutan jenuh, ketika larutan tersebut didinginkan maka akan terbentuk kristal KAl(SO₄)₂·12H₂O atau yang dikenal dengan kalium alumunium sulfat [8]. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut,



Hasil *yield* tawas kalium alumunium sulfat merupakan hasil yang didapatkan dari proses reaksi dibagi dengan bahan baku yang digunakan.

Tabel 1. Hasil Yield Penelitian dan Yield Teoritis Tawas Kalium Alumunium Sulfat

Konsentrasi KOH (M)	Konsentrasi H ₂ SO ₄ (M)	Produk Hasil (g)	Produk Teoritis	Rendemen (%)
1,4	4,5	14,5	16,9764	85,4127
1,4	6	10,67	16,9764	62,8520
1,4	9	9,76	16,9764	57,4916
2	4,5	15	16,9764	88,3580
2	6	10,33	16,9764	60,8492

2	9	10,23	16,9764	60,2601
3	4,5	12,54	16,9764	73,8673
3	6	12,32	16,9764	72,5713
3	9	10,97	16,9764	64,6191

Pada Tabel 1 dapat dilihat hasil rendemen tawas kalium alumunium sulfat, rendemen tertinggi pada variabel konsentrasi KOH 2 M dan H₂SO₄ 4,5 M yaitu sebesar 88,3580%. Penelitian lain menunjukkan hasil tawas dari alumunium foil kemasan susu mempunyai rendemen sebesar 72,82% dengan konsentrasi KOH 40% dan H₂SO₄ 6M [5]. Penelitian lain tawas dari alumunium foil mempunyai rendemen 76% dengan konsentrasi KOH 1,4M dan H₂SO₄ 4M [6]. Perbedaan hasil tawas dari beberapa limbah alumunium foil disebabkan karena kandungan alumunium yang berbeda beda pada tiap bahan baku [6]. Perbedaan hasil rendemen juga disebabkan karena impurities yang terdapat pada bahan baku, sehingga yield yang dihasilkan dari bahan baku berupa campuran alumunium dengan bahan lain akan mempunyai yield yang lebih kecil dibandingkan dengan alumunium foil container [6].

Berdasarkan hasil penelitian konsentrasi KOH dan H₂SO₄ cukup mempengaruhi hasil dari produk tawas. Pengaruh konsentrasi KOH terhadap produk tawas alumunium yaitu KOH berperan dalam pengikatan alumunium dari bahan baku, sedangkan H₂SO₄ mempengaruhi terbentuknya kristal tawas [6]. Pada penelitian ini menunjukkan pada konsentrasi KOH 1,4M dan 2 M (dengan konsentrasi H₂SO₄ 4,5;6;9 M) menghasilkan produk tawas alumunium yang meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi KOH, akan tetapi pada konsentrasi KOH 3M rendemen tawas alumunium foil mengalami penurunan. Hal ini disebabkan semakin besar konsentrasi KOH maka reaksi berjalan semakin cepat dan rendemen yang dihasilkan semakin tinggi [8], akan tetapi apabila konsentrasi KOH terlalu tinggi akan mempengaruhi rendemen yang dihasilkan. Konsentrasi KOH yang tinggi akan mengikat alumunium lebih banyak, sedangkan larutan H₂SO₄ dengan konsentrasi tersebut tidak mampu untuk membentuk tawas karena alumunium terlarut lebih banyak, sehingga rendemen tawas akan turun [5].

pH dan Titik leleh Tawas Kalium Alumunium Sulfat

pH merupakan salah satu sifat fisik dari KAl(SO₄)₂.12H₂O (kalium alumunium sulfat). Berdasarkan *Material Safety Data Sheet* (MSDS) pH senyawa yaitu berkisar pada 3 – 3,5. Sedangkan berdasarkan SNI 0032:2011, pH KAl(SO₄)₂.12H₂O padat min 3. Hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 2. Pada tabel 2 menunjukkan pH senyawa KAl(SO₄)₂.12H₂O pada semua variabel masih dibawah standar MSDS, sedangkan berdasarkan Standar Nasional Indonesia nilai pH tawas kalium masih memenuhi standar yang ditetapkan. Selain pH, titik leleh juga merupakan salah satu sifat fisik dari KAl(SO₄)₂.12H₂O, berdasarkan MSDS senyawa tersebut 92°C. Hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 2 yang menunjukkan semua variabel mempunyai titik leleh berada pada standar MSDS.

Pada Tabel 2 dapat dilihat pula bahwa analisa pH dan titik leleh mempunyai nilai yang hampir sama, hal ini menunjukkan variabel proses (KOH dan H₂SO₄) kurang mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap hasil analisa pH dan titik leleh. Hal ini ditunjukkan dengan analisa Analisis of Variance (ANOVA). Hasil analisa ANOVA menunjukkan bahwa p-value untuk response pH sebesar 0,517 dan response titik leleh 0,518. Nilai p-value yang lebih dari nilai taraf signifikan 5% menunjukkan bahwa pengaruh konsentrasi KOH dan H₂SO₄ terhadap pH dan titik leleh tidak signifikan.

Tabel 2. Hasil analisa fisis pH dan titik leleh

Konsentrasi KOH (M)	Konsentrasi H ₂ SO ₄ (M)	pH	Standar		Titik leleh (°C)	Standar MSDS
			SNI	MSDS		
1,4	4,5	3,07±0,13	Min 3	3-3,5	93±0,2	92
1,4	6	3,06±0,03	Min 3	3-3,5	93±0,1	92
1,4	9	3,0±0,002	Min 3	3-3,5	92±0,25	92
2	4,5	3,08±0,16	Min 3	3-3,5	92±0,15	92
2	6	3,07±0,02	Min 3	3-3,5	93±0,1	92
2	9	3,05±0,02	Min 3	3-3,5	92±0,05	92
3	4,5	3,11±0,05	Min 3	3-3,5	92±0	92
3	6	3,1±0,03	Min 3	3-3,5	93±0	92
3	9	3,07±0,04	Min 3	3-3,5	93±0	92

Kandungan Al₂O₃ pada Tawas Kalium Alumunium Sulfat

Kandungan alumunium oksida pada tawas kalium alumunium sulfat merupakan salah satu indikator keberhasilan sintesis senyawa KAl(SO₄)₂.12H₂O. Berdasarkan SNI 0032:2011 kandungan Al₂O₃ yaitu minimal 17%. Pada penelitian ini kandungan Al₂O₃ masih dibawah standar SNI 0032:2011, hasil analisa kandungan Al₂O₃ dapat dilihat pada tabel 3. Pada Tabel 3 dapat dilihat maksimal kandungan Al₂O₃ yaitu 15,5%, kandungan Al₂O₃ yang masih dibawah standar dikarenakan senyawa utama KOH dan H₂SO₄ yang digunakan merupakan senyawa teknis, hal ini akan berpengaruh pada tingkat kemurnian senyawa produk.

Pada Tabel 3 dapat dilihat semakin tinggi konsentrasi KOH semakin tinggi pula kandungan alumunium oksida yang dihasilkan, hal ini sesuai dengan pernyataan dalam penelitian Amin (2022) yang menyatakan semakin tinggi konsentrasi KOH kandungan alumunium oksida semakin tinggi [7]. Konsentrasi KOH sangat mempengaruhi terikatnya alumunium dari bahan baku [8], akan tetapi pada tabel 3 dapat dilihat pada konsentrasi KOH 3 M kandungan alumunium oksida semakin menurun, hal ini berkaitan erat dengan konsentrasi H₂SO₄ yang ditambahkan. Menurunnya kandungan alumunium oksida disebabkan konsentrasi H₂SO₄ yang ditambahkan tidak mampu membentuk tawas, hal tersebut dikarenakan alumunium yang terlarut oleh KOH terlalu banyak sehingga H₂SO₄ yang ditambahkan tidak mampu bereaksi seluruhnya dengan alumunium terlarut [8].

Tabel 3. Hasil analisa Al₂O₃ tawas kalium alumunium sulfat

Konsentrasi KOH (M)	Konsentrasi H ₂ SO ₄ (M)	Al ₂ O ₃ (%)	SNI 0032:2011
1,4	4,5	10,5	17
1,4	6	10,4	17
1,4	9	10,7	17
2	4,5	15,5	17
2	6	11,5	17
2	9	9,7	17
3	4,5	12,1	17
3	6	10,2	17
3	9	10,6	17

Kesimpulan

Sintesis tawas kalium alumunium sulfat dari limbah alumunium foil bungkus makanan cepat saji menghasilkan rendemen yang optimal pada variabel KOH 2 M dan H₂SO₄ 4,5M. Hasil rendemen sebesar 88,3580%, dengan pH 3,08, titik leleh 92 °C, dan kandungan Al₂O₃ sebesar 15,5%. Adapun analisa fisis yang dilakukan terhadap tawas kalium alumunium sulfat yaitu analisa pH, titik leleh, dan kandungan Al₂O₃. pH tawas yaitu berkisar pada pH 3, dan titik leleh pada range 92 – 93 °C. Sedangkan kandungan Al₂O₃ berkisar pada 9 – 15 %. Hasil analisa pH dan titik leleh masih berapa pada range standar baik SNI 0032:2011 tentang Tawas Teknik maupun MSDS kalium alumunium sulfat, sedangkan kandungan Al₂O₃ masih berada di bawah standar SNI 0032:2011.

Daftar Pustaka

- [1] A. N. Rochman and Faza Wahmuda, "Eksplorasi limbah plastik kemasan foil dalam penerapan desain untuk meningkatkan nilai jual produk fesyen aksesoris," in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII 2019*, Surabaya, 2019.
- [2] N. M. Ariani and L. Mahmudah, "Recycle Afalan Kemasan Alumunium Foil Sebagai Koagulan pada IPAL," *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*, vol. 2, no. 2, pp. 71-75, 2017.
- [3] Jakarta Allum Foil, "jakartaallumfoil," June 2014. [Online]. Available: <https://jakartaallumfoil.com/sejarah-aluminium-foil/>. [Accessed march 2023].
- [4] A. Nugroho and A. S. rejeki, "Pengaruh waktu pemanasan pada pembuatan senyawa alum dari limbah foil blister untuk keperluan industri farmasi," *Konversi*, vol. 4, no. 2, pp. 1-8, 2015.
- [5] L. Anggraeni, E. Yenie and S. Elystia, "Daur ulang sampah alumunium foil kemasan aseptik menjadi tawas," *JOM FT Teknik Universitas Riau*, vol. 4, no. 1, pp. 1-6, 2017.
- [6] N. R. Ekere, J. N. ihedioha, A.A Bright, "Synthesis pf potash alum from waste alumunium foil and alumunium scrap," *International journal chemical science*, vol. 12, no. 4, pp. 1145-1152, 2017.
- [7] I. amin, s. u. al-adawiyah and r. amalia, "Pengaruh konsentrasi KOH dan H₂SO₄ pada pembuatan tawas dari limbah alumunium foil kemasan susu," in *Prosiding seminar nasional teknologi industri IX*, Makassar, 2022.
- [8] I. Purnawan and R. B. Ramadhani, "Pengaruh konsentrasi KOH pada pembuatan tawas dari kaleng alumunium bekas," *Jurnal Teknologi*, vol. 6, no. 2, pp. 109-119, 2014.
- [9] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 0032:2011 Alumunium Sulfat*, Jakarta: BSN 2011, 2011.
- [10] N. S. Widari, A. Rasmito and A. Sato, "The effectiveness of alum made of uncoated alumunium foil waste in improving the quality of liquid waste of the tofu industry," *Jurnal IPTEK Media Komunikasi Teknologi*, vol. 25, no. 2, pp. 129-136, 2021.
- [11] M. Syaiful, I. Jn and Andriawan, "Efektivitas alum dari kaleng minuman bekas sebagai koagulan untuk penjernih air," *Jurnal Teknik Kimia*, pp. 39-45, 2014.

p-ISSN : 1411-7703

e-ISSN : 2746-2625

- [12] L. R. Sitompul, E. Yenie and S. elystia, "Pemanfaatan logam alumunium (Al) pada kaleng minuman soda menjadi tawas," *JOM Fakultas Teknik*, vol. 4, no. 1, pp. 1-6, 2017.