

Pembuatan Alumunium Sulfat $Al_2(SO_4)_3$ dari Limbah Lumpur PT. Drupadi Tirta Gresik

Ayu Isyantimah*, Reyna Rahma Nidya Sofi'i, Sani, Dwi Hery Astuti

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294, Indonesia

Penulis Korespondensi: ayuisyan04@gmail.com

Abstrak

Limbah padat lumpur PT. Drupadi Tirta Gresik (ADARO) yang mengandung alumunium dalam bentuk Al_2O_3 akan menyebabkan pencemaran air jika langsung dilimpahkan ke badan air. Metode yang dapat digunakan untuk limbah sangat beragam salah satunya adalah asidifikasi. Proses asidifikasi yang menggunakan asam kuat bertujuan untuk mengikat kandungan alumunium yang ada di dalam lumpur yang selanjutnya menghasilkan cairan atau filtrat yang banyak mengandung alumunium. Penelitian ini menggunakan variabel bebas yaitu waktu pengadukan (50,70, 90, 110, 130 menit) dan volume asam sulfat 6% (300,400,500,600,700 ml). Hasil akhir optimum penelitian terdapat pada H_2SO_4 6% 400 ml, 90 menit dengan kandungan kandungan Fe 8,01%, Al_2O_3 16%, pH 4, berat tidak terlarut 7,58%.

Kata kunci: asidifikasi; limbah; yield alumunium sulfat.

Abstract

The solid waste of PT. Drupadi Tirta Gresik (ADARO), which contains aluminum in the form of Al_2O_3 will cause water pollution if it is poured directly into water bodies. The methods used for waste are very diverse, one of which is acidification. The acidification process using strong acids aims to bind the aluminum content in the sludge, producing a liquid or filtrate containing lots of aluminum. This study used independent variables, namely stirring time (50,70, 90, 110, 130 minutes) and the volume of sulfuric acid 6% (300,400,500,600,700 ml). The optimum final result of the research was found in H_2SO_4 6% 400 ml, 90 minutes with a content of 8.01% Fe, 16% Al_2O_3 , pH 4, and 7.58% insoluble weight.

Key words: acidification; waste; yield aluminum sulfate

PENDAHULUAN

Alumunium sulfat pada saat ini banyak dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari ataupun dunia industri. Dikarenakan, alumunium sulfat merupakan bahan kimia yang membantu proses pengendapan partikel – partikel kecil pada air yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya. Semakin bertambahnya jumlah kebutuhan alumunium sulfat menyebabkan kebutuhan alumunium meningkat. Salah satu langkah pengolahan sumber air keruh menjadi air jernih dengan cara pengolahan kimia yaitu proses

koagulasi dan flokulasi. Proses koagulasi-flokulasi biasanya berasal dari garam alumunium yang disebut tawas ($Al_2(SO_4)_3$). Dalam air garam alumunium akan menjadi Al^{3+} karena terionisasi. Apabila pada kondisi basa atau alkali akan terbentuk endapan putih yang disebut flok dari Al_2O_3 . Alumunium yang terdapat didalam tanah dan air dapat menyebabkan kematian ikan dan mengganggu ketersediaan hara pada tanaman. Limbah padat lumpur PT. Drupadi Tirta Gresik (ADARO) yang mengandung alumunium dalam bentuk Al_2O_3 akan menyebabkan pencemaran air

jika langsung dilimpahkan ke badan air. Oleh karena itu, digunakannya limbah PT. Drupadi Tirta Gresik (ADARO) untuk penelitian. Pada penelitian ini akan dilakukan metode perolehan kembali melalui proses asidifikasi, yaitu teknik perolehan kembali aluminium yang ada di dalam lumpur dengan menggunakan asam kuat disertai juga dengan pengadukan dan pengendapan (Moerdiyanti,2014).

Pada penelitian sebelumnya telah membuktikan pengolahan limbah lumpur PDAM dapat digunakan kembali. Dimana metode dalam perolehan kembali aluminium dengan asam dan basa masih terus dipakai (Boaventura,2000). Berdasarkan penelitian Setyaningtyas (2002), proses recovery dilakukan dengan cara asidifikasi pada lumpur Clearator IPAM (Instalasi Pengolahan Air Minum) Ngagel Jaya I Surabaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alum terecovery sebesar (65,4 – 78)%. Namun, pada penelitian ini pemakaian H_2SO_4 untuk pembuatan recovery alum tidak selamanya lebih ekonomis bila dibandingkan dengan pemakaian tawas. Hal ini tergantung pada kuantitas kandungan logam-logam selain alum yang juga terdapat pada lumpur tersebut. Pada tahun 2011 dilakukan penelitian oleh Ismayanda dari kaolin di Jaboi, kota Sabang dengan penambahan asam sulfat untuk menghasilkan tawas. Dimana, peubah optimum yang dijalankan yaitu kecepatan pengadukan 350 rpm selama 90 menit dan konsentrasi asam sulfat 65% didapatkan hasil konversi 82%. Pada penelitian Moerdiyanti,dkk (2014) tawas cair di recovery dari limbah PDAM Kota Pontianak ditambahkan H_2SO_4 10M, berat kering limbah padat lumpur kering 2 gram, kecepatan pengadukan 40 rpm selama 120 menit dan pengendapan selama 60 menit. Konsentrasi alumunium yang didapatkan dari tawas cair recovery sebesar 646,13 ppm atau setara dengan 161,53 mg. Pada tahun 2016 dilakukan penelitian oleh Cundari dari limbah lumpur PT PUSRI Palembang dengan kecepatan pengadukan 600 rpm dan waktu kontak 30 menit didapatkan hasil recovery alumunium maksimum yaitu 29,12%. Pada tahun 2016 dilakukan penelitian oleh Kosim dari tanah liat Plered penambahan H_2SO_4 0,3 mol dan K_2SO_4 0,1 mol dengan waktu pembakaran di furnace 10 menit didapatkan hasil optimum yaitu yield 68,4%. Pada penelitian Witaryanto, 2017 menggunakan bahan baku dari limbah kaleng

bekas dengan penambahan KOH 3M dan H_2SO_4 6M didapatkan hasil yield optimum 11,2%. Pada penelitian ini kandungan aluminium oksida dalam limbah lumpur PT. Drupadi Tirta Gresik (ADARO) dapat menjadi produk Alumunium Sulfat (tawas) dengan penambahan asam sulfat. Dimana semakin besar penambahan H_2SO_4 diharapkan semakin besar pula %Yield Alumunium Sulfat.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan waktu pengadukan dan penambahan pelarut asam sulfat yang terbaik untuk mendapatkan %Yield terbesar dalam pembuat alumunium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$)

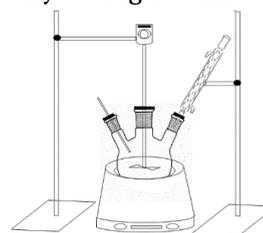
METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah lumpur PT. Drupadi Tirta Gresik (ADARO). Asam Sulfat (H_2SO_4) 98% dan aquadest sebagai pelarut yang didapatkan dari toko kimia Tidar, Surabaya.

Alat

Alat utama yang digunakan yaitu motoric pengaduk, heating mantle dan kondensor. Rangkaian alatnya sebagai berikut :



Prosedur

Tahap Persiapan

Sampel lumpur PT. Drupadi Tirta Gresik (ADARO) di kalsinasi dalam furnace pada suhu $500^\circ C$ selama 2 jam. Kemudian, di analisis komponen yang terkandung menggunakan XRF.

Tahap Pembuatan Alumunium Sulfat

Setelah lumpur difurnace, di dinginkan terlebih dahulu kemudian di haluskan dan di seragamkan ukurannya menggunakan ayakan ukuran 50 mesh. Kemudian, ditimbang berat lumpur 200 gram dan dilarutkan dengan asam sulfat 6% dengan variable volume 300, 400, 500, 600, 700 ml. Masing-masing larutan tersebut di aduk menggunakan serangkaian alat yang telah dipersiapkan selama variabel waktu pengadukan

50, 70, 90, 110, 130 menit. Setelah proses pencampuran selesai, larutan tersebut di dinginkan dan disaring sehingga didapatkan filtrat dan endapannya. Filtrat diuapkan pada suhu 90°C menggunakan hot plate dan dinginkan pada suhu 30°C sampai terbentuk kristal.

Metode Analisa (BSN, 2011)

a) Analisa pH

Produk alumunium sulfat yang telah terbentuk pada tahapan sebelumnya, ditimbang 1 gram dan dilarutkan dengan aquadest. Kemudian, di ukur pH larutan tersebut.

b) Analisa Bagian yang Tidak Terlarut dalam Air

Kertas saring yang akan dipakai ditimbang beratnya (W₂). Kemudian, produk alumunium sulfat yang telah terbentuk pada tahapan sebelumnya, ditimbang 2 gram (W) dan dilarutkan 15 ml aquadest, diaduk selama 30 menit. Kemudian, disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan air panas. Kertas saring yang telah digunakan, dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C selama 2 jam, di dinginkan dalam desikator dan ditimbang beratnya sampai konstan (W₁). Perhitungan bagian yang tidak telarut dalam air ini menggunakan metode gravimetri, dengan rumus = $\frac{W_1 - W_2}{W} \times 100\%$ (1)

c) Analisa Al₂O₃, Fe, Pb, As

Produk alumunium sulfat dianalisa komponen yang terkandung didalamnya menggunakan uji XRF.

d) Perhitungan Yield Alumunium Sulfat

$$\text{Yield}(\%) = \frac{\text{Berat produk}}{\text{Berat bahan baku}} \times 100\% \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Awal Limbah Lumpur

Hasil analisa awal bahan baku limbah lumpur PT. Drupada Tirta Gresik menggunakan uji XRF didapatkan kandungan Al₂O₃ 16%; Fe 33,6%; Pb 0,36%. Hal tersebut diketahui bahwa Al₂O₃ pada lumpur cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan lagi menjadi alumunium sulfat

dengan penambahan asam sulfat untuk melarutkan Al yang ada pada lumpur.

Hasil Uji pH

Berdasarkan syarat mutu alumunium sulfat padat harus memiliki pH minimal 3 (BSN,2011). Pada hasil penelitian ini didapatkan pH 4 di semua peubah yang dijalankan, maka produk alumunium sulfat padat ini sudah sesuai dengan standart baku mutu.

Hasil Uji Bagian yang Tidak Terlarut dalam Air

Uji bagian yang tidak terlarutnya dalam air ini berfungsi untuk mengetahui kemurnian dari alumunium sulfat yang dihasilkan.

Tabel 1. Hasil Bagian yang Tidak Terlarut dalam Air

Volume H ₂ SO ₄ 6% (ml)	Waktu Pengadukan				
	50 menit	70 menit	90 menit	110 meni	130 menit
300	10,70%	10,88%	11,62%	10,83%	10,04%
400	13,89%	10,74%	7,58%	9,17%	10,75%
500	7,78%	7,92%	8,06%	9,55%	11,04%
600	4,91%	6,43%	7,96%	8,83%	9,71%
700	4,65%	5,30%	5,95%	9,58%	13,21%

Berdasarkan syarat mutu alumunium sulfat padat harus memiliki bagian yang tidak terlarut dalam air maksimal 0,5% (BSN,2011). Pada tabel 2, dapat dilihat pada waktu pengadukan 50, 70 menit menunjukkan hasil yang semakin menurun, seiring dengan penambahan volume pelarutnya. Sedangkan, pada waktu pengadukan 90, 110, 130 menit didapatkan hasil uji yang fluktuatif. Pada hasil penelitian ini di semua peubah yang dijalankan didapatkan hasil yang melebihi 0,5%, maka produk alumunium sulfat padat ini belum sesuai dengan standart baku mutu dari alumunium sulfat. Hal ini dikarenakan, masih terdapat banyak impurities dalam produk yang dapat dilihat dari warna produk alumunium sulfat yang tidak berwarna putih.

Hasil Analisa Al₂O₃

Analisa Al₂O₃ merupakan parameter utama dalam alumunium sulfat. Berdasarkan syarat mutu SNI alumunium sulfat dengan minimal Al₂O₃ 16%.

Tabel 2. Hasil Analisa Al_2O_3

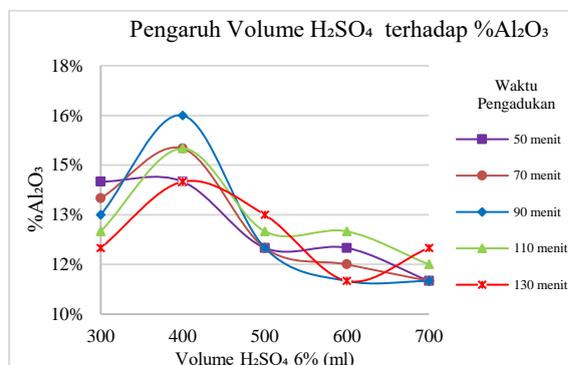
Volum H_2SO_4 6% (ml)	Waktu Pengadukan				
	50 menit	70 menit	90 menit	110 menit	130 menit
300	14%	13,5%	13%	12,5%	12%
400	14%	15%	16%	15%	14%
500	12%	12%	12%	12,5%	13%
600	12%	11,5%	11%	12,5%	11%
700	11%	11%	11%	11,5%	12%

Pada tabel 3, dapat diketahui bahwa pada penelitian ini waktu pengadukan mempengaruhi hasil dalam proses pengambilan aluminium oksida dari bahan baku lumpur. Dapat dilihat pada volume 500 ml dan 700 ml dengan waktu pengadukan 50,70,90,110 dan 130 menit menunjukkan hasil yang konstan dan hasil yang semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin bertambahnya waktu pengadukan. Maka, semakin besar pula kadar aluminium oksida yang didapatkan. Hal ini juga menunjukkan bahwa aluminium oksida pada filtrat akan berkurang persatuan waktu yang berpindah ke pelarut persatuan waktu juga. Sehingga seiring bertambahnya waktu pengadukan maka kadar aluminium oksida dalam asam sulfat akan meningkat juga yang menyebabkan semakin besar kadar aluminium oksida yang dihasilkan.

Namun, pada volume 300 ml, 400 ml dan 600 ml dengan waktu pengadukan 50,70,90,110 dan 130 menit didapatkan hasil yang menurun dan hasil yang fluktuatif. Hal ini juga masih berkaitan dengan reaksi pembentukan alumunium sulfat telah sempurna, sehingga ketika ditambahkan kalor berlebih maka produk yang dihasilkan akan semakin menurun. Kemudian, pengaruh volume H_2SO_4 terhadap $\%Al_2O_3$ dapat dilihat pada gambar 2.

Pada gambar 2, diketahui bahwa pada hasil penelitian ini penambahan volume asam sulfat terhadap kecepatan reaksi secara kuantitatif dapat dilihat pada volume 300 ml dan 400 ml dengan waktu pengadukan 50,70,90,110 dan 130 menit dengan semakin bertambahnya volume asam sulfat menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam sulfat, maka kadar aluminium oksida yang dihasilkan juga semakin besar. Hal ini juga sudah sesuai dengan penelitian yang dilakukan Nisah, 2016 dimana semakin tinggi

nilai persentase kadar asam sulfat maka air yang terlarut dalam asam sulfat semakin kecil, sehingga daya pelarut dari asam sulfat semakin besar.



Gambar 2. Pengaruh Volume H_2SO_4 terhadap $\%Al_2O_3$

Pada penambahan asam sulfat pada volume 500 ml, 600 ml dan 700 ml didapatkan hasil yang relatif menurun dan pada waktu pengadukan 130 menit didapatkan hasil yang fluktuatif. Hal ini dikarenakan jika aluminium oksida yang ada didalam lumpur telah bereaksi secara sempurna sehingga larutan sudah jenuh dan tidak mampu lagi membentuk alumunium sulfat lagi. Maka, dapat menyebabkan senyawa lain yang masih terkandung di dalam bahan baku semakin banyak yang ikut larut dengan asam sulfat sehingga mengakibatkan kadar Al_2O_3 menurun.

Berdasarkan hasil penelitian ini, semua peubah yang dijalankan didapatkan hasil yang kurang dari 17% maka produk alumunium sulfat padat ini belum sesuai dengan standart baku mutu dari alumunium sulfat. Hal ini dikarenakan, kandungan Al_2O_3 dalam bahan baku hanya mengandung 16%, sehingga produknya nanti tidak akan melebihi nilai tersebut. Kandungan Al_2O_3 pada peubah 90 menit, 400 ml H_2SO_4 menunjukkan bahwa Al_2O_3 pada bahan baku terserap secara sempurna oleh asam sulfat, sehingga Al_2O_3 pada produk nilainya sama dengan bahan baku yaitu 16%. Maka kondisi optimum terjadi pada waktu pengadukan 90 menit sesuai dengan jurnal penelitian Ismayanda, 2011.

Hasil Analisa Fe

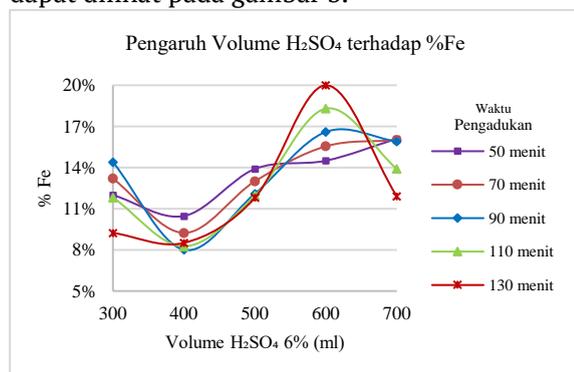
Analisa Fe merupakan parameter utama dalam alumunium sulfat. Berdasarkan syarat mutu SNI alumunium sulfat dengan maksimal Fe 0,01%.

Tabel 3. Hasil Analisa Fe

Volume H_2SO_4 6% (ml)	Waktu Pengadukan				
	50 menit	70 menit	90 menit	110 meni	130 menit
300	12%	13,2%	14,4%	11,82%	9,24%
400	10,47%	9,2%	8,01%	8,26%	8,51%
500	13,9%	13%	12,1%	11,95%	11,8%
600	14,5%	15,6%	16,6%	18,3%	20%
700	16,1%	16%	15,9%	13,9%	11,9%

Pada table 3, diketahui bahwa pada volume 400 ml dengan waktu pengadukan 50,70 dan 90 menit. Didapatkan hasil kadar Fe yang semakin menurun hal ini menunjukkan bahwa reaksi pembentukan alumunium sulfat berjalan dengan sempurna. Dapat dikatakan kecepatan 90 menit dengan kandungan Fe 8,01% adalah waktu pengadukan yang efektif. Dimana asam sulfat tidak banyak bereaksi dengan senyawa lainnya di dalam bahan baku dan sedikit Fe yang mampu terserap. Hal ini sesuai dengan penelitian Wibowo, 2017 yang mengatakan bahwa Secara umum pengadukan akan meningkatkan efisiensi penurunan kadar logam Fe.

Namun, pada volume 600 ml dengan waktu pengadukan 90,110 dan 130 menit. Dimana dengan semakin bertambahnya waktu pengadukan maka didapatkan kadar Fe yang dihasilkan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh luar dari peralatan pengadukan yang terbuat dari besi, sehingga kandungan besi dari alat pengaduk tersebut ikut terlarut ke dalam produk alumunium sulfat. Kemudian, pengaruh volume H_2SO_4 terhadap %Fe dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Volume H_2SO_4 6% terhadap %Fe

Pada gambar 3, diketahui bahwa pada volume 400 ml dengan waktu pengadukan 50,70 dan 90 menit. Didapatkan hasil kadar Fe yang semakin menurun hal ini juga seiring dengan

meningkatnya kandungan kadar Al_2O_3 . Dimana hal ini menunjukkan bahwa Al_2O_3 pada bahan baku terserap secara sempurna oleh asam sulfat dalam pembuatan alumunium sulfat dan sesuai dengan teori yang ada dimana jika seiring dengan bertambahnya konsentrasi asam sulfat akan meningkatkan alumunium terlarut.

Namun, pada volume H_2SO_4 500 ml, 600 ml, dan 700 ml dimana dengan semakin bertambahnya volume H_2SO_4 maka didapatkan kadar Fe yang dihasilkan semakin meningkat serta hasil yang fluktuatif. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh luar dari peralatan pengadukan, dimana pada penambahan volume tersebut peralatan pengaduk besi akan lebih luas kontak langsung dengan asam sulfat. Dimana asam sulfat jika berkontak dengan besi secara langsung akan menimbulkan reaksi.

Berdasarkan syarat mutu alumunium sulfat padat harus memiliki kandungan Fe maksimal 0,01% (BSN,2011). Pada hasil penelitian ini di semua peubah yang dijalankan melebihi nilai batas maksimal, maka produk alumunium sulfat padat ini belum sesuai dengan standart baku mutu dari alumunium sulfat. Kondisi optimum diketahui terjadi pada waktu pengadukan 90 menit, volume H_2SO_4 400 ml didapatkan kandungan Fe 8,01%.

Hasil Analisa Pb dan As

Berdasarkan syarat mutu alumunium sulfat padat harus memiliki kandungan Pb maksimal 10 mg/kg dan kandungan Ar maksimal 2 mg/kg (BSN,2011). Pada produk alumunium sulfat ini, tidak mengandung Pb. Hal ini dikarenakan, kandungan Pb dalam bahan baku 0,34% dan ketika ditambahkan asam sulfat, kandungan Pb tersebut sudah terlarut secara menyeluruh sehingga pada produk ini tidak terkandung timbal (Pb). Kemudian, produk alumunium sulfat ini juga tidak mengandung arsen (As) karena dari bahan baku sendiri sudah tidak ada kandungan arsenya. Oleh karena itu, untuk parameter Pb dan As, produk alumunium sulfat ini sudah sesuai dengan standart baku mutunya

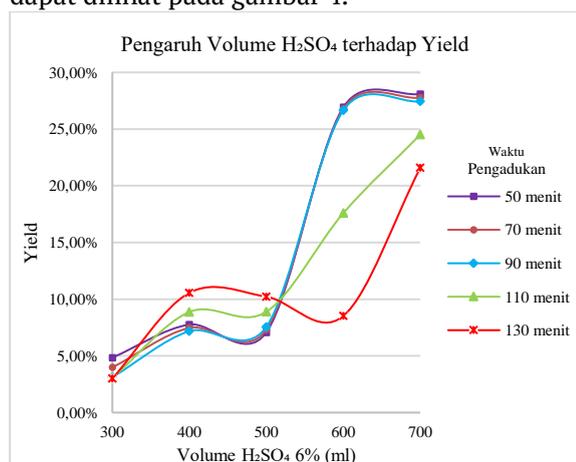
Yield Alumunium Sulfat

Yield alumunium sulfat merupakan berat produk yang dihasilkan berdasarkan reaksi kimia yang terjadi.

Tabel 4. Yield Alumunium Sulfat

Volume H_2SO_4 6% (ml)	Waktu Pengadukan				
	50 menit	70 menit	90 menit	110 meni	130 menit
300	4,85%	3,98%	3,12%	3,06%	3,01%
400	7,77%	7,48%	7,19%	8,87%	10,56%
500	7,07%	7,31%	7,55%	8,89%	10,22%
600	26,92%	26,79%	26,65%	17,59%	8,52%
700	28,10%	27,77%	27,44%	24,51%	21,58%

Pada table 4, diketahui bahwa pada H_2SO_4 300 ml, 600 ml dan 700 ml dengan semakin bertambahnya waktu pengadukan didapatkan nilai yield yang semakin menurun. Hal ini dikarenakan reaksi pada pembuatan alumunium sulfat ini merupakan reaksi reversible (bolak-balik), dimana reaksi ke kanan akan membentuk alumunium sulfat merupakan reaksi eksoterm dan reaksi ke kiri merupakan reaksi endoterm. Reaksi reverisbel ini, ketika suhu diperbesar maka reaksi akan bergeser ke endoterm. Oleh karena itu, setelah waktu pengadukan 50 menit yield akan menurun dikarenakan reaksi pembentukan alumunium sulfat telah sempurna, sehingga ketika ditambahkan kalor berlebih maka produk yang dihasilkan akan semakin menurun. Kemudian, untuk H_2SO_4 400 ml dan 500 ml dengan semakin bertambahnya waktu pengadukan didapatkan nilai yield fluktuatif dan semakin naik. Hal ini sesuai dengan teori yang ada, dimana semakin lamanya waktu pengadukan didapatkan nilai yield semakin naik. Kemudian, pengaruh volume H_2SO_4 terhadap yield alumunium sulfat dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh Volume H_2SO_4 6% terhadap Yield Alumunium Sulfat

Pada gambar 4, diketahui bahwa waktu pengadukan 50 dan 70 menit dengan semakin bertambahnya volume H_2SO_4 didapatkan nilai

yield yang fluktuatif. Hal ini dikarenakan, pada waktu pengadukan 50 menit dan 70 menit, zat – zat yang ada dibahan baku belum larut secara sempurna oleh H_2SO_4 sehingga didapatkan nilai yield fluktuatif. Kemudian, pada waktu pengadukan 90, 110 menit dengan bertambahnya volume H_2SO_4 didapatkan nilai yield yang semakin naik. Hal ini sesuai dengan teori yang ada, dimana semakin bertambahnya konsentrasi H_2SO_4 didapatkan nilai yield yang semakin naik. Namun, setelah waktu pengadukan 130 menit dengan semakin bertambahnya H_2SO_4 didapatkan nilai yield yang relatif menurun. Hal ini dikarenakan pada waktu tersebut, alumunium oksida yang ada didalam lumpur telah bereaksi secara sempurna sehingga larutan sudah jenuh dan tidak mampu lagi membentuk alumunium sulfat.

Berdasarkan data penelitian, dapat diketahui bahwa nilai yield terbesar pada waktu pengadukan 50 menit dan H_2SO_4 700 ml yaitu 28,10%. Nilai yield tersebut, sudah melebihi hasil dari penelitian Witaryanto,2017 dimana pada penelitiannya menggunakan bahan baku dari limbah kaleng bekas dengan penambahan KOH 3M dan H_2SO_4 6M didapatkan hasil yield optimum 11,2%.

SIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian yang di peroleh dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin banyak penambahan H_2SO_4 dan waktu pengadukan maka hasil yield yang didapatkan semakin besar.
2. Kondisi optimum terdapat pada H_2SO_4 6% 400 ml, 90 menit dengan kandungan kandungan Fe 8,01% , Al_2O_3 16%, pH 4, berat tidak terlarut 7,58%.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2011). *Aluminium Sulfat*.
- Boaventure. (2000). *Aluminum Recovery*. 13–16.
- Cundari. (2016). *Pengaruh Waktu Kontak Dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Recovery Aluminium Pada Asidifikasi Sludge Keluaran Water Treatment*. 22(2), 19–27.
- Hidayat. (2018). *Digesting ampas bauksit untuk pembuatan tawas skala pilot*. *Jurnal*

- Teknologi Mineral Dan Batubara*, 14(3), 195–200.
- Ismayanda. (2011). Produksi Aluminium Sulfat dari Kaolin dan Asam Sulfat Dalam Reaktor Berpengaduk Menggunakan Proses Kering. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*.
- Kosim. (2016). Pengaruh Waktu Pereaksian K_2SO_4 terhadap Yield Pembuatan Alum dari Tanah Liat Plered dengan Proses Kering (Muhamad Engkos Kosim). 81–86.
- Margaretha, R. (2012). Pengaruh Kualitas Air Baku Terhadap Dosis Dan Biaya Koagulan Aluminium Sulfat Dan Poly Aluminium Chloride. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(4), 21–30.
- Mc Cabe, D. (1993). Unit Operation of Chemical Engineering. In *Unit Operation of Chemical Engineering*. United States of America: Mc Grow Hill Book.
- Moerdiyanti, M. (2014). Penggunaan Tawas Cair Recovery Dari Limbah Padat Lumpur Pdam Kota Pontianak Sebagai Koagulan Untuk Pengolahan Air Bersih. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2(1), 1–10.
- Nasution, M. (2019). Kajian Tentang Hubungan Deret Volta Dan Korosi Serta Penggunaannya Dalam Kehidupan Sehari-Hari. *Seminar Nasional Teknik UISU 2019*, 251–254.
- Nisah, K. (2017). EKSTRAKSI ALUMINA OKSIDA (Al_2O_3) DARI TANAH LIAT DENGAN VARIABEL SUHU DAN KONSENTRASI ASAM SULFAT. *Lantanida Journal*, 4(1), 1.
- Perry, R, H. (1999). Perry's Chemical engineering 7th Edition. In Kanal (Ed.), *Perry's Chemical Engineering* (7th ed.). Graw Hill.
- Pulungan. (2012). *Evaluasi Pemberian Dosis Koagulan Aluminium Sulfat Cair Dan Bubuk Pada Sistem Dosing Koagulan Di Instalasi Pengolahan Air Minum Pt . Krakatau Tirta Industri*. 1–89.
- Safitri. (2017). *PABRIK ALUMINIUM SULFAT $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O]$ DARI ALUMINIUM HIDROKSIDA $[Al(OH)_3]$ DAN ASAM SULFAT $[H_2SO_4]$ DENGAN MENGGUNAKAN PROSES*. 2.
- Setyaningtyas, R. (2001). *Studi pemanfaatan recovery alum sebagai koagulan untuk menurunkan kekeruhan air baku*. 19–34.
- Suprihatin. (2013). Teknologi Proses Pengolahan Air untuk Mahasiswa dan Praktisi Industri. In *Teknologi Proses Pengolahan Air untuk Mahasiswa dan Praktisi Industri*. Bogor: PT Penerbit IPB Press.
- Wibowo, E. (2017). Studi penurunan kadar logam besi (fe) dan logam tembaga (cu) pada air embung menggunakan adsorben nanosilika study of decreasing metals iron (fe) and copper (cu) on embung water use of nanosilica adsorben. *Jurnal Ilmiah Sains*, 17(2), 131–134.
- Witaryanto. (2017). *Inovasi Pembuatan Tawas dari Limbah Kaleng Bekas*. 102.