

**“SINTESIS DAN KARAKTERISASI PUPUK AMONIUM SULFAT
BERBAHAN DASAR LIMBAH CAIR INDUSTRI
BLEACHING EARTH”**

**Berliana Ayu Emilia Candra Dewi*, Dimas Agus Andriansyah, Dwi Hery Astuti,
Ketut Sumada, Sani**

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik & Sains, Universitas Pembangunan Nasional
“Veteran” Jawa Timur
Jl. Rungkut Madya No.1, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294.
*Email: 20031010102@student.upnjatim.ac.id

Abstrak

Limbah Cair industri bleaching earth merupakan limbah cair yang dihasilkan dari proses pencucian setelah proses aktivasi batuan bentonit dengan bantuan asam sulfat. kandungan asam sulfat dalam limbah cair tersebut sebesar 15,7% dengan pH sebesar 1,16. Salah satu cara pengolahan limbah cair ini adalah dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk membuat pupuk amonium sulfat. Pembuatan pupuk amonium sulfat dilakukan dengan mengambil ion sulfat yang terkandung didalam limbah dan direaksikan dengan ion amonium yang terkadnung dalam ammonium hidroksida. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan Pengaruh volume ammonium hidroksida (NH_4OH) dan suhu reaksi terhadap kadar nitrogen (N) dan sulfur (S) pada ammonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) yang dihasilkan dalam mesintesis pupuk amonium sulfat yang sesuai dengan dengan SNI 02-1760-2005. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan variabel peubah yang dijalankan, yaitu variasi volume penambahan dan suhu reaksi. Proses sintesis diawali dengan mereaksikan limbah cair dengan ammonium hidroksida selama 1 jam. padatan yang terbentuk kemudian dicuci dengan aquadest dan filtrasi. Filtrat hasil penyaringan kemudian dikristalisasi dan padatan kristal yang terbentuk dikeringkan hingga kadar air dalam bahan sebesar 1%. Produk dianalisis hasilnya secara kuantitatif dan yield terbaik dilakukan analisis kandungan nitrogen dan analisis XRF untuk mengetahui kandungan sulfur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu reaksi dan volume ammonium hidroksida yang ditambahkan mempengaruhi produk ammonium sulfat yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu yield yang dihasilkan akan semakin besar, akan tetapi apabila suhu reaksi terlalu tinggi yield yang dihasilkan akan mengalami penurunan. Begitu pula pengaruh volume penambahan ammonium hidroksida terhadap produk hasil reaksi. Semakin tinggi volume ammonium hidroksida yang ditambahkan, yield yang dihasilkan akan semakin besar, akan tetapi apabila volume penambahan ammonium hidroksida terlalu tinggi yield yang dihasilkan akan mengalami penurunan.

Kata kunci: Amonium Sulfat, Limbah, Pupuk, Sintesis

Abstract

Liquid waste from the bleaching earth industry is generated from the washing process following the activation of bentonite rocks with sulfuric acid. This liquid waste contains 15.7% sulfuric acid with a pH of 1.16. One method of processing this liquid waste is by utilizing it as a raw material to produce ammonium sulfate fertilizer. The production of ammonium sulfate fertilizer involves extracting sulfate ions from the waste and reacting them with ammonium ions present in ammonium hydroxide. This study aimed to determine the effect of the volume of ammonium hydroxide (NH_4OH) and reaction temperature on the nitrogen (N) and sulfur (S) content of the produced ammonium sulfate ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) to meet the standards of SNI 02-1760-2005. The research was conducted by varying the volume of ammonium hydroxide addition and the reaction temperature. The synthesis process began by reacting the liquid waste with ammonium hydroxide for 1 hour. The formed solids were then washed with distilled water and filtered. The filtrate was crystallized, and the resulting crystal solids were dried until the moisture content was 1%. The product was quantitatively analyzed, and the best yield was analyzed for nitrogen content and sulfur content using XRF analysis. The results showed that the reaction temperature and the volume of ammonium hydroxide added affected the produced ammonium sulfate. Higher temperatures resulted in greater yields; however, excessively high temperatures led to decreased yields. Similarly, the volume of ammonium hydroxide addition

influenced the reaction product. Higher volumes of ammonium hydroxide resulted in greater yields, but excessively high volumes led to decreased yields.

Keywords: Ammonium Sulfate, Waste, Fertilizer, Synthesis

1. PENDAHULUAN

Pada proses produksi yang berjalan didalam suatu industri tidak lepas dari dihasilkannya hasil samping produksi yaitu limbah. Limbah yang dihasilkan dalam suatu proses produksi terbagi menjadi beberapa jenis diantaranya yang paling sering ditemui adalah limbah cair. Salah satu industri yang menghasilkan cukup banyak limbah cair yaitu industri *Bleaching Earth* atau tanah pemucat. Limbah cair yang dihasilkan berasal dari proses pencucian tanah pemucat setelah proses pemasakan atau aktivasi batuan bentonite dengan menggunakan asam sulfat. Menurut peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 tahun 2021, salah satu syarat limbah cair agar dapat dibuang ke lingkungan adalah memiliki pH netral atau dalam rentang 6-9.

Sehingga apabila merujuk pada peraturan tersebut, limbah cair yang dihasilkan dari proses pencucian pada industri *bleaching earth* tidak dapat langsung dibuang ke lingkungan dikarenakan kandungan asam sulfat yang tinggi. Hal ini dapat dibuktikan dengan pH limbah cair yang berada di angka 1,18 yang menunjukkan tingkat keasaman limbah yang sangat tinggi sehingga apabila langsung dibuang ke lingkungan akan menyebabkan kerusakan lingkungan karena paparan zat asam.

Proses pengolahan limbah yang dilakukan oleh industri tanah pemucat saat ini salah satunya adalah dengan penambahan CaO untuk menurunkan kadar keasaman limbah cair yang dihasilkan. Penambahan CaO dilakukan untuk mengikat senyawa sulfat yang terkandung dalam limbah dengan membentuk garam kalsium sulfat (CaSO_4) sehingga kadar keasaman limbah akan menurun. Metode ini memiliki kelemahan yaitu, garam kalsium sulfat (CaSO_4) yang dihasilkan memiliki nilai guna yang tidak terlalu tinggi. Selain proses pengolahan dengan penambahan CaO, limbah cair hasil pencucian pada industri *bleaching earth* juga dimanfaatkan sebagai bahan dasar pupuk kalium sulfat (K_2SO_4) dengan penambahan ekstrak hasil pembakaran abu batang pisang.

Pada penelitian tersebut memanfaatkan kandungan sulfat dan mereaksikannya dengan kandungan kalium yang pada ekstrak abu

batang pisang sehingga akan membentuk garam kalium sulfat (Edahwati, 2010). Menurut Santi (2015) peneliti lainnya yang memanfaatkan limbah cair hasil pencucian pada industri *bleaching earth*, limbah cair hasil pencucian industri *bleaching earth* digunakan sebagai koagulan untuk mengurangi kadar *total suspended solid* (TSS) pada limbah di industri pengolahan rumput laut.

Berdasarkan paparan diatas dapat diketahui bahwa pemanfaatan limbah cair proses pencucian pada industri *bleaching earth* masih sangat minim dan belum maksimal. Hasil pemanfaatan limbah cairnya masih memiliki nilai guna yang rendah, sehingga diperlukan alternatif proses pengolahan lain yang diharapkan dapat menghasilkan suatu produk yang memiliki nilai guna yang lebih baik. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai sintesis dan karakterisasi pupuk ammonium sulfat dengan bahan dasar limbah cair industri *Bleaching Earth*. Alternatif pengolahan limbah cair menjadi pupuk ini memiliki nilai guna yang lebih baik jika dibandingkan metode pengolahan yang telah ada sebelumnya, mengingat pupuk amonium sulfat merupakan salah satu pupuk pemasok unsur nitrogen pada tanaman dan ketersediaan pupuk nitrogen di indonesia jumlahnya cukup terbatas.

2. METODOLOGI

2.1. Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair hasil pencucian industri *Bleaching Earth* yang diperoleh dari PT Madu Lingga Raharja dengan kandungan sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Analisa Kandungan Limbah

Kandungan	Nilai/ Kadar
pH	1,18
Sulfat (SO_4)	15,7 %
Besi (Fe)	1,6 %

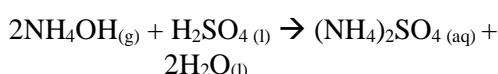
(Sucofindo,2023)

Bahan pendukung lainnya dalam penelitian ini yaitu Ammonium Hidroksida dengan konsentrasi 25% yang diperoleh dari toko bahan kimia TnT Chemicals.

2.2. Metode Penelitian

2.2.1. Prosedur Pembuatan Pupuk Amonium Sulfat

Dalam pembuatan pupuk ammonium sulfat yang pertama adalah melakukan reaksi neutralisasi dengan mencampurkan limbah cair industri bleaching earth dengan ammonium hidroksida dengan volume dan pada suhu yang sesuai dengan variabel dan kecepatan pengadukan 800 rpm selama 1 jam. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Amonium sulfat yang telah terbentuk berada pada kondisi terlarut dalam dalam air. Sehingga perlu dilakukan dilakukan penyaringan hasil reaksi untuk memisahkan padatan yang terbentuk dan larutan ammonium sulfat. Padatan hasil penyaringan dilakukan pencucian dengan aquadest untuk mengekstrak ammonium sulfat yang terikut pada padatan dan campuran selanjutnya dilakukan penyaringan kembali. Filtrat hasil penyaringan pertama dan kedua kemudian dievaporasi dan dikristalisasi untuk mendapatkan padatan pupuk ammonium sulfat. padatan pupuk ammonium sulfat yang terbentuk selanjutnya dikeringkan pada suhu 80°C hingga beratnya konstan atau perhitungan kadar airnya maksimal sebesar 1%.

2.2.2. Variabel Penelitian

2.2.2.1 Kondisi yang Ditetapkan

Kondisi yang ditetapkan dalam penelitian ini yaitu :

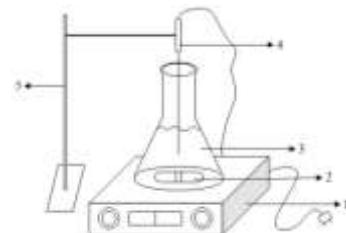
- Volume Limbah 200 ml
- Kecepatan Pengadukan 800 rpm
- Waktu reaksi 1 jam

2.2.2.2 Variabel yang Dijalankan

- Volume Amonium Hidroksida : 80 ml ; 100 ml; 120 ml; 140 ml; 160 ml.
- Suhu Reaksi : 35°C, 45 °C, 55 °C, 65 °C, 75 °C.

2.3. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah hot plate magnetic stirrer, neraca analitik, kertas saring, gelas beker, gelas ukur, pipet tetes, dan termometer yang dirangkai seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian

Keterangan :

1. Hot plate magnetic stirrer
2. Magnetic capsule
3. Gelas Beker
4. Thermocouple
5. Statif

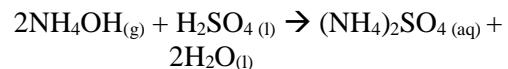
2.4. Metode Analisa Hasil Penelitian

2.4.1. Analisa Persen Yield

Analisa yield dilakukan dengan menimbang massa pupuk ammonium sulfat yang telah disintesis yang dicatat sebagai massa aktual dan persen yield dihitung dengan rumus pada **persamaan 1**.

$$\text{Persen Yield} = \frac{\text{Massa Aktual}}{\text{Massa Teoritis}} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana massa teoritis dihitung berdasarkan stoikiometri dari reaksi berikut:



2.4.2. Analisa Kadar Air

Analisa kadar air dilakukan dengan bantuan pengeringan dengan oven pada suhu 80°C. Kadar air dalam bahan dihitung dengan rumus pada **persamaan 2**.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Massa sebelum dioven} - \text{Massa setelah dioven}}{\text{Massa sebelum dioven}} \times 100\% \quad (2)$$

(Shoolany dkk., 2020)

2.4.3. Analisa Nitrogen

Analisa nitrogen dilakukan pada pupuk dengan persen yield tertinggi. Metode yang digunakan dalam analisa kandungan nitrogen adalah metode kjehdahl. Metode ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu nitrogen dalam sampel diubah menjadi ammonium melalui proses digestion dengan asam sulfat pekat. Ammonium yang terbentuk kemudian didestilasi dengan menambahkan alkali dan NH₃ yang terdestilasi ditangkap oleh asam kemudian ditentukan kuantitasnya melalui proses titrasi (Rinsema, 1993).

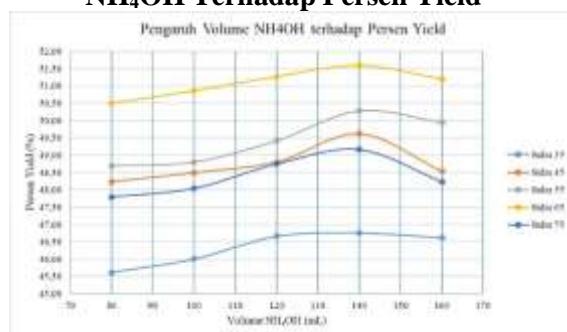
2.4.4. Analisa Sulfur

Analisa sulfur dilakukan pada pupuk dengan persen yield tertinggi. Metode yang digunakan dalam analisa kandungan sulfur adalah metode XRF. Dalam prosesnya, analisis XRF diperoleh dari tumbukan atom-atom pada permukaan sampel oleh sinar-X dari sumber sinar X. Saat penembakan sinar-X ke sampel, sebagian sinar akan diabsorpsi dan dihamburkan. Pada saat sinar-X diabsorpsi oleh atom dengan mentransfer energi ke elektron yang lebih dalam disebut efek fotolistrik. Perpindahan ini menyebabkan ketidakstabilan atom, sehingga memicu perpindahan elektron dari kulit luar ke dalam yang menghasilkan emisi sinar-X karena adanya perbedaan dua tingkat energi (Jafar, 2017).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

3.2.1. Pengaruh Volume Penambahan NH₄OH Terhadap Persen Yield



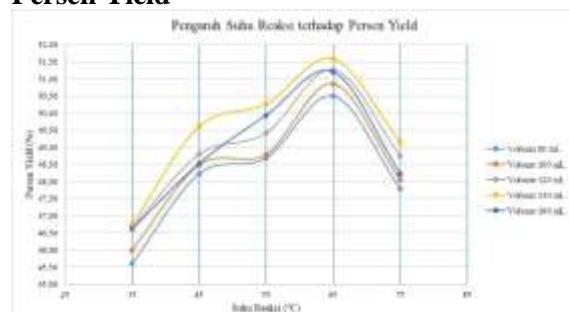
Gambar 2. Pengaruh Volume NH₄OH terhadap Persen Yield

Gambar 2 menunjukkan pengaruh volume amonium hidroksida (NH₄OH) terhadap persen yield yang didapatkan. Berdasarkan Gambar, volume amonium hidroksida yang digunakan berada pada rentang 80 mL – 160 mL dengan variasi kelipatan sebesar 20 mL. sedangkan suhu yang digunakan yaitu pada rentang 35°C - 75°C dengan variasi kelipatan sebesar 10°C. Persen yield yang didapatkan pada rentang volume NH₄OH 80 mL – 140 mL di semua variasi suhu cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya volume NH₄OH yang ditambahkan ke dalam media reaksi. Hal ini dapat terjadi dikarenakan semakin banyak volume amonium hidroksida yang ditambahkan kedalam media reaksi, maka akan semakin banyak pula reaksi yang terjadi antara asam sulfat yang terkandung dalam limbah dengan amonium hidroksida sehingga jumlah amonium sulfat yang dihasilkan juga akan semakin besar

pula. Akan tetapi pada volume amonium hidroksida 160 mL di semua variasi suhu, persen yield yang didapatkan mengalami penurunan daripada volume amonium hidroksida yang lebih sedikit. Penurunan persen yield pada variasi volume amonium hidroksida 160 mL dapat disebabkan oleh kelebihan jumlah amonium hidroksida dan peningkatan suhu dalam pencampuran atau penggabungan dalam media reaksi yang memicu terjadinya aglomerasi molekul-molekul lain dalam media reaksi (Shyam, 2019).

Peristiwa aglomerasi ini menyebabkan terhambatnya pengikatan molekul sulfat (SO₄²⁻) dalam limbah oleh molekul amonia (NH₃⁺) yang terkandung dalam amonium hidroksida sehingga pembentukan senyawa amonium sulfat juga akan terhambat dan menyebabkan kuantitas amonium sulfat yang dihasilkan mengalami penurunan. Pernyataan ini telah sesuai dengan pernyataan (Kandil, 2016) dimana persen yield dalam sintesa amonium sulfat akan mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya jumlah molekul amonia yang ditambahkan. Akan tetapi, apabila jumlah molekul amonia terlalu banyak maka akan meningkatkan alkalinitas dan menyebabkan terjadinya aglomerasi molekul yaitu proses dimana dua atau lebih partikel disatukan dalam jangka waktu yang cukup lama sehingga jembatan kristal antar partikel dapat tumbuh dengan demikian partikel atau aglomerat yang stabil terbentuk dan membentuk lapisan tipis yang menghambat pembentukan produk. aglomerasi juga dapat terjadi jika, pada awal proses evaporasi, masukan panas sangat tinggi. Aglomerasi perlu dihindari karena mereka mengendap dan memicu perlambatan reaksi suatu reaksi Kimia (Shyam, 2019).

3.2.2. Pengaruh Suhu Reaksi Terhadap Persen Yield



Gambar 3. Pengaruh Suhu Reaksi terhadap Persen Yield

Gambar 3 menunjukkan pengaruh suhu reaksi terhadap persen yield yang didapatkan. Berdasarkan gambar, volume amonium hidroksida yang digunakan berada pada rentang 80 mL – 160 mL dengan variasi kelipatan sebesar 20 mL. Sedangkan, suhu yang digunakan yaitu sekitar 35°C - 75°C dengan variasi kelipatan sebesar 10°C. Pada rentang suhu 35°C - 65°C dan semua variasi volume amonium hidroksida, persen yield yang dihasilkan mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya suhu reaksi. Akan tetapi persen yield yang dihasilkan mengalami penurunan pada semua variasi volume amonium hidroksida ketika suhu reaksi ditingkatkan dan melebihi dari 65°C.

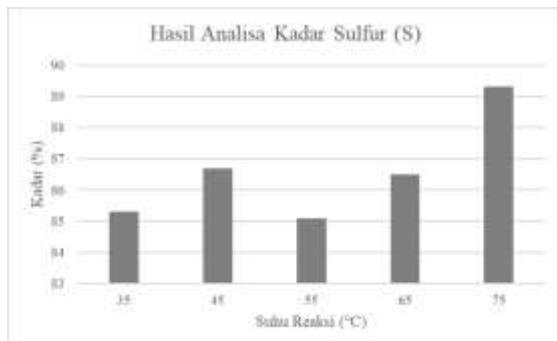
Persen yield terbaik didapatkan ketika suhu reaksi sebesar 65°C dengan jumlah volume amonium hidroksida yang ditambahkan sebesar 140 mL. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor pertama yang mempengaruhi hasil tersebut yaitu pergerakan molekul dalam media reaksi. Semakin tinggi suhu maka akan semakin besar energi kinetik yang dimiliki molekul dalam media reaksi sehingga pergerakannya akan semakin cepat. Cepatnya pergerakan molekul ini akan mempengaruhi jumlah tumbukan antar molekul yang terjadi, sehingga akan mempengaruhi jumlah senyawa amonium sulfat yang terbentuk. Menurut Mariyam (2022), suhu berbanding lurus dengan pergerakan molekul yang berakibat pada semakin luasnya permukaan partikel untuk bertumbuhan. Luas permukaan kontak yang semakin luas membuat kesempatan antar molekul untuk bertumbuhan dan terjadinya reaksi juga akan semakin besar pula.

Dengan demikian semakin tinggi temperatur reaksi maka akan semakin besar konversi yang didapatkan. Akan tetapi apabila suhu reaksi terlalu tinggi maka pergerakan molekul dalam media reaksi akan terlalu cepat, hal ini akan mempengaruhi kesempatan antar-molekul sulfat dan amonia untuk berikatan sehingga produk yang dihasilkan akan mengalami penurunan (Levenspiel, 1999). Faktor kedua yang mempengaruhi hasil di atas adalah jumlah molekul amonia dalam media reaksi. Semakin besar suhu maka kesempatan molekul amonia dalam media reaksi akan semakin besar untuk mengalami pembebasan dari media reaksi. Pada suhu reaksi yang melebihi 65°C, amonia yang ada di dalam media reaksi akan mengalami pembebasan

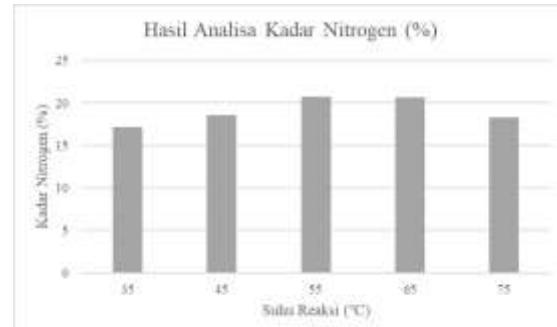
sehingga jumlah molekul amonia yang bereaksi dengan sulfat yang terkandung dalam limbah akan semakin sedikit dan menyebabkan penurunan persen yield. Hasil analisa kuantitatif pupuk amonium sulfat yang telah disintesa ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Analisa Kuantitatif Produk Amonium Sulfat

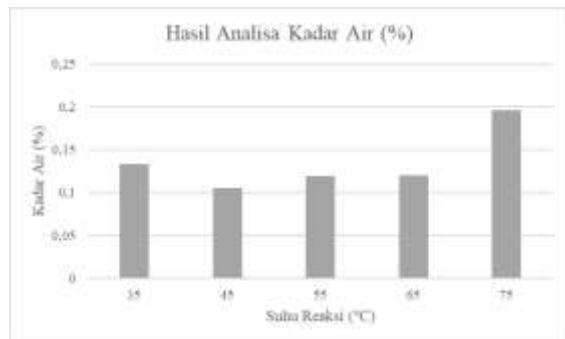
Suhu Reaksi (°C)	Massa Aktual (Gr)	Sulfur (%)	Nitrogen (%)	Kadar Air (%)
35	23,2088	85,3	17,15	0,1334
45	24,6316	86,7	18,56	0,1054
55	24,9577	85,1	20,76	0,1197
65	25,6123	86,5	20,61	0,1205
75	24,4054	89,3	18,32	0,1959



Gambar 4. Hasil Analisa unsur Sulfur dengan Metode XRF



Gambar 5. Hasil Analisa unsur Nitrogen dengan Metode Kjehdahl

**Gambar 6. Hasil Analisa Kadar Air**

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada **Gambar 4**. Kandungan sulfur pada pupuk yang telah di sintesis bervariasi nilainya pada berbagai variasi suhu. Hasil terbaik sulfur ditunjukkan pada suhu reaksi 75°C dengan jumlah kandungan sulfur sebesar 89,3%. Sedangkan, kandungan nitrogen pada pupuk yang telah di sintesa ditunjukkan oleh **Gambar 5**. Kandungan nitrogen terbaik didapatkan pada produk dengan suhu reaksi 55°C dengan kandungan nitrogen sebesar 20,76%. Hasil analisa kadar air pada produk ditunjukkan pada **Gambar 6**. Hasil perhitungan kadar air pada sampel menunjukkan seluruh sampel memiliki kadar air rata rata pada 0,1%. Nilai kadar air tersebut secara keseluruhan sudah memenuhi standar. Apabila mengacu pada SNI 02-1760-2005, hasil produk yang paling sesuai adalah produk dengan suhu pereaksian sebesar 55°C.

4. KESIMPULAN

Limbah cair industri *bleaching earth* dapat digunakan untuk bahan baku dalam pembuatan pupuk amonium sulfat dengan cara mereaksikan limbah cair industri *bleaching earth* dengan amonium hidroksida. Hasil terbaik pupuk amonium sulfat yang didapatkan adalah pada penambahan volume amonium hidroksida sebesar 140 mL dan suhu reaksi sebesar 55°C dengan kandungan sulfur pada pupuk sebesar 85,1%, Nitrogen sebesar 20,76% serta kadar air sebesar 0,1197%. Hasil ini sesuai dengan standart SNI 02-1760-2005.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, K., 2011, 'Study on The Production of Ammonium Sulfate Fertilizer From Phosphogypsum', *Engineering and Technology Journal*, Vol.29, No.4
- Chou, M., 2005, 'Producing Ammonium Sulfate from Flue Gas Desulfurization By-Products' *Journal of Energy Sources*, Vol. 27, No. 11
- Edahwati L,2010, 'Sulphate Potassium Extraction From Banana Stem ash With Bleaching Earth Waste Liquid', *Jurnal Teknik Kimia* Vol.4, No.2
- Jafar, 2017, Analisis Unsur Endapan Bauksit Menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF) PT. ANTAM Tbk. Unit Geomin Daerah Kenco Kabupaten Landak Provinsi Kalimantan Barat, *Journal Of Chemical Process Engineering*, Vol.2, No. 1
- Jeffery G.H et.al 1989, *Vogel's Textbook of Quantitative Chemical Analysis fifth ed.*, John Wiley & sons inc, New York
- Kandil, T., 2016, 'Ammonium sulfate preparation from phosphogypsum waste', *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, Vol. 11, No. 01
- Kiswondo S., 2011, 'Penggunaan Abu Sekam Dan Pupuk Za Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum Mill.*)', *Jurnal Embryo*, Vol.8, No.1
- Mariyam S, Novriandini A. 2022, 'Kinetika Reaksi Pembuatan Pupuk Kalium Fosfat dari Abu Pelepas Pisang dan Asam Fosfat', *Chemical Engineering Journal Storage*, Vol. 2, No.2.
- Perry, R. H. and Green, D. W. 2008, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 8th ed., McGraw-Hill, New York.
- Rinsema, W.T., 1993, *Pupuk dan Cara Pemupukan*, Bharata Cipta, Jakarta
- Santi, 2015, 'Kajian Pemanfaatan Limbah Cair Proses Pemasakan *Bleaching Earth* Sebagai Koagulan', *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol.2, No. 1
- Shyam S, 2019, *Nanocarriers for Drug Delivery*, Elsevier Inc.
- Soolany C. 2017, 'Uji Perfomansi Tungku Drum Kiln Untuk Proses Pembuatan Arang Dari Kulit Buah Durian Sebagai Alternatif Energi', *Jurnal Teknologi Industri*, Vol.2, No. 2
- Wibowo O., 2018, 'Penerapan Green Solvent: Amonium Hidroksida pada Proses Pretreatment Cangkang Kelapa Sawit sebagai Adsorben Alami dalam Pengolahan Limbah Cair Sawit', *Jurnal Pengembangan Teknologi Kimia*, Vol.1, No. 1
- Zumdahl, S.S 2008, *Chemistry 10th ed.* Cengage learning, Boston