

SINTESIS ZEOLIT DARI ABU LAYANG SEBAGAI MEDIA LEPAS LAMBAT SENYAWA KALIUM

Yohana M. Nababan¹, Lilis Rosmainar^{1*}, Stevin Carolius Angga¹

¹Program Studi Kimia, FMIPA, Universitas Palangka Raya, 73311, Indonesia

Kata kunci

Abu layang, adsorpsi, kalium klorida, isotherm adsorpsi, desorpsi.

Keywords

Fly ash, adsorption, potassium chloride, adsorption isotherm, Desorption.

Abstrak

Abu layang merupakan salah satu limbah anorganik yang dapat dijadikan sebagai bahan dasar untuk mensintesis zeolit. Abu layang yang diperoleh dari PLTU Kalimantan Tengah dianalisis dengan menggunakan X-Ray fluorescence (XRF) agar diketahui kandungan silika (SiO₂) dan alumina (Al₂O₃). Sintesis zeolit dari abu layang batubara dilakukan dengan metode hidrotermal. Aktivasi dilakukan pada abu layang dengan cara direfluks menggunakan HCl dengan konsentrasi 1 M. Proses peleburan dilakukan dengan menambahkan NaOH ke dalam abu layang aktivasi dengan perbandingan 1:1 dan di-furnace dengan suhu 550°C selama 1 jam selanjutnya disintesis dengan menambahkan natrium aluminat ke dalam leburan dan di stirrer dengan suhu ruangan selama 12 jam kemudian dihidrotermal dalam autoklaf dengan suhu 100°C selama 24 jam. Zeolit yang disintesis dikarakterisasi dengan menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) dan X-Ray Diffractometer (XRD). Hasil XRF menunjukkan bahwa intensitas SiO₂ dan Al₂O₃ lebih besar dari senyawa lainnya, sedangkan hasil FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi dan jenis vibrasi antar atom dalam zeolit dan hasil XRD pada zeolit ini adalah tipe zeolit A. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat kinerja zeolit dalam mengadsorpsi senyawa kalium yang ditinjau dari parameter konsentrasi optimum. Zeolit yang dihasilkan mampu menyerap senyawa kalium dari larutan KCl sebesar 97,3398% dan uji desorpsi dengan larutan asam sitrat dan akuades lebih dominan akuades dalam proses desorpsi (slow release).

Abstract

Fly ash is one of the inorganic wastes that can be used as a base material to synthesize zeolite. Fly ash obtained from Central Kalimantan PLTU was analyzed using X-Ray Fluorescence (XRF) to determine the silica (SiO₂) and alumina (Al₂O₃) content. Zeolite synthesis from coal fly ash is done by hydrothermal method. Activation was carried out on fly ash by refluxing using HCl with a concentration of 1 M. The smelting process is done by adding NaOH to the fly ash activation with a ratio of 1:1 and in-furnace with a temperature of 550°C for 1 hour and then synthesized by adding sodium aluminate into the melt and in the stirrer with room temperature for 12 hours and then hydrothermal in an autoclave with a temperature of 100°C for 24 hours. The synthesized zeolite was characterized by using X-Ray Fluorescence (XRF), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and X-Ray Diffractometer

(XRD). XRF results show that the intensity of SiO_2 and Al_2O_3 is greater than other compounds, while the FTIR results show the presence of functional groups and types of vibrations between atoms in zeolite and XRD results in zeolite are zeolite type A. The purpose of this study was to see the performance of zeolite in adsorbing potassium compounds in terms of optimum concentration parameters. The resulting zeolite is able to adsorb potassium compounds from KCl solution by 97.3398% and desorption test with citric acid solution and aquades is more dominant aquades in the desorption process (slow release).

Sejarah Artikel

Diterima : 09/07/2024

Disetujui : 28/08/2024

Dipublikasi : 30/09/2024

Email korespondensi: lilisrosmainar@mipa.upr.ac.id

© 2022 Bohr: Jurnal Cendekia Kimia. This work is licensed under a [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

PENDAHULUAN

Perkembangan populasi penduduk di dunia yang semakin meningkat sekitar 7,3 miliar jiwa dan diprediksikan jumlahnya akan terus menerus meningkat mencapai 8,5 miliar jiwa pada tahun 2030 dan 9,7 miliar pada tahun 2050. Potensi jumlah kepadatan penduduk tersebut akan mengakibatkan kebutuhan energi listrik juga akan semakin meningkat [1]. Salah satu sumber energi listrik yaitu dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang memanfaatkan bahan bakar batubara untuk menghasilkan energi listrik. Batubara ini jika dibakar akan menghasilkan limbah gas dan limbah padat yaitu abu layang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) yang cukup besar jumlahnya. Abu layang yang dihasilkan berkisar 80-90% dari total abu seluruhnya. Apabila jumlah limbah yang besar tidak dikelola akan menimbulkan permasalahan yang membahayakan lingkungan hidup serta meningkatkan biaya produksi [2].

Abu layang memiliki kandungan silika sebanyak 57,82% (SiO_2), alumina sebanyak 22,10% (Al_2O_3) [3]. Sehingga abu layang yang dihasilkan dari pembakaran batubara dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku adsorben dikarenakan selain biayanya yang cukup murah juga dapat digunakan secara baik dalam mengolah limbah gas maupun limbah cair. Dengan adanya kandungan

silika dan alumina dapat menjadikan potensi abu layang sebagai bahan baku dalam pembuatan zeolit. Zeolit merupakan suatu mineral alumina dan silika dengan kristal dari SiO_2 dan AlO_4^- yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi [4].

Pada penelitian ini untuk menghasilkan zeolit dilakukan dengan sintesis menggunakan metode hidrotermal. Metode hidrotermal dapat menyediakan situs aktif baik untuk menyerap senyawa ion dari dalam larutan maupun udara, serta pori-pori zeolit sintesis ini memiliki sifat selektivitas terhadap kemampuan adsorpsi zeolit [5]. Zeolit menjadi pilihan yang baik karena selain murah dan efektif serta mudah didapatkan. Dengan penggunaan abu layang menjadi zeolit dapat digunakan sebagai media penghambat kelarutan kalium, dimana dengan penggunaan zeolit mampu menyerap senyawa kalium kemudian akan dilakukan pelepasan ion/molekul (desorpsi) kembali ke dalam tanah untuk mengontrol nutrisi dalam tanah sehingga dengan cara demikian zeolit yang diberikan ke dalam tanah dapat tersedia dalam waktu yang lama.

Kalium adalah unsur hara mineral yang paling banyak digunakan oleh tanaman setelah nitrogen. Dalam hal ini akan bermanfaat dalam proses pertukaran ion karena kalium dapat berasimilasi dan

ditransmisikan melalui tumbuhan hanya berupa K. Tanaman membutuhkan kalium sebagai proses fotosintesis dan fiksasi CO_2 , transfer fotosintat ke berbagai pengguna serta hubungan dengan air dalam tanaman. Kandungan kalium dalam tanah mineral rata-rata 1,2% sedangkan untuk tanah organik biasanya lebih rendah kurang dari 0,03% kalium [6]. Tanaman membutuhkan kalium sebagai nutrisi hara esensial dengan jumlah yang banyak. Tanaman dengan kalium yang cukup dapat mempertahankan kandungan air dalam jaringannya, karena dapat menyerap kelembapan dari tanah dan mengikat air sehingga tanaman dapat menahan cekaman kekeringan.

Penelitian ini dilakukan sintesis zeolit dari abu layang dengan menggunakan metode hidrotermal untuk proses adsorpsi dan desorpsi logam kalium. Abu layang dapat diaktivasi secara kimia direaksikan dengan HCl. Adapun faktor yang mempengaruhi aktivasi dari silika dan alumina yaitu suhu dan sintesis zeolit dilakukan dengan rasio NaOH/abu layang serta rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ dengan waktu aktivasi [7].

Penelitian ini diketahui belum banyak dilaporkan dalam literatur, oleh sebab itu, dapat memanfaatkan abu layang batubara sebagai zeolit dalam adsorpsi dan desorpsi pada logam kalium dengan mempercepat pertumbuhan pada tanaman serta dapat menghasilkan kondisi tanah yang baik dan dapat digunakan secara berlanjut, hal ini dilakukan dengan menggunakan metode hidrotermal.

METODOLOGI PENELITIAN

Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah alat gelas, mortar, autoklaf *stainless-steel*, shaker merk *Thermo Scientific* MAXQ 2000, neraca analitik, *furnace*, *magnetic stirrer*, oven, ayakan 150 mesh, corong buchner, stopwatch, *X-Ray Diffraction* (XRD) varian

Shimadzu XRD-7000, FTIR NIR Nicolet iS50, XRF tipe *ARL Quant'X Merk Thermo Scientific* dan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) varian AA240FS.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah abu layang, Kalium Klorida (KCl), Akuades, Asam Klorida (HCl) 37%, Natrium Aluminat (NaAlO_2), Natrium Hidroksida (NaOH), asam sitrat 0,33M, indikator pH universal dan kertas saring Whatman-42.

Langkah Kerja

1. Preparasi Abu Layang

Sampel abu layang yang diperoleh dari PLTU Kalimantan Tengah dilakukan proses preparasi dengan melakukan pengayakan menggunakan ayakan berukuran 150 mesh. Proses pengayakan ini dilakukan untuk mendapatkan adsorben dengan luas partikel yang seragam.

2. Aktivasi Abu Layang

Abu layang yang telah diayak kemudian diaktivasi dengan HCl 1 M dan direfluks selama 3 jam dengan suhu 90°C . proses refluks dilakukan untuk menghilangkan ion Cl yang terdapat pada pori-pori abu layang yang teraktivasi. Hasil refluks dicuci dengan menggunakan akuades hingga pH netral yang dikontrol indikator pH universal, selanjutnya setelah pH nya netral sampel abu layang teraktivasi disaring pada kertas saring Whatman-42 dan dioven pada temperatur 110°C selama 3 jam untuk mengurangi kadar air pada abu layang.

3. Peleburan dengan NaOH

Sampel abu layang yang telah diperoleh dari proses aktivasi kemudian dilakukan peleburan dengan NaOH pada rasio (1:1). Kemudian campuran abu layang dan NaOH digerus menggunakan mortal sampai homogen, selanjutnya campuran tersebut dilakukan pemanasan dengan menggunakan *furnace* pada suhu 550°C selama 1 jam. Hasil peleburan

didinginkan dan dilanjutkan dengan sintesis zeolit menggunakan metode hidrotermal.

4. Sintesis Zeolit dari Abu Layang

Hasil peleburan dengan NaOH dilakukan penambahan natrium aluminat dan akuades, kemudian diaduk menggunakan magnetik stirer selama 24 jam sampai homogen. Penambahan natrium aluminat bertujuan untuk meningkatkan kristalinitas zeolit. Hasil tersebut kemudian direaksikan dengan metode hidrotermal dalam teflon autoklaf pada suhu 100°C selama 12 jam [8]. Kemudian hasil hidrotermal disaring dan dinetralkan dengan akuades. Sampel yang telah netral selanjutnya dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C selama 1 jam. Hasil yang diperoleh berupa sintesis zeolit dikarakterisasi dengan menggunakan XRF, XRD, dan FTIR

5. Uji Adsorpsi Zeolit Terhadap Senyawa Kalium Klorida

Zeolit hasil sintesis selanjutnya dilakukan pengujian adsorpsi terhadap senyawa kalium klorida (KCl). Pengujian ini dilakukan tahap awal dengan melakukan pembuatan larutan uji dengan menggunakan kalium klorida pada beberapa variasi konsentrasi 60, 80, 100, 140, 160, dan 180 ppm yang ditentukan sebelumnya. Selanjutnya, di shaker dengan menggunakan alat magnetik stirrer. Zeolit yang sudah direaksikan dengan larutan kalium klorida disaring menggunakan kertas saring Whatman-42 untuk memisahkan zeolit dari larutan. Pengujian konsentrasi kalium pada filtrat menggunakan AAS pada panjang gelombang $\lambda = 400-800$ nm. Analisis dengan menggunakan AAS bertujuan untuk menentukan kandungan logam dalam sampel. Kemudian untuk memperoleh model kesetimbangan adsorpsi digunakan persamaan isoterm Langmuir dan persamaan isoterm Freundlich.

6. Uji Desorpsi Zeolit Terhadap Senyawa Kalium Klorida

Uji desorpsi dilakukan dengan memanfaatkan endapan hasil adsorpsi sebanyak 10 mg dimasukkan ke dalam botol kaca dan ditambahkan masing-masing 10 mL air dan asam sitrat 0,33 M, kemudian digojlok dengan variasi waktu 300, 360 dan 420 menit, selanjutnya disaring dan filtrat yang dihasilkan dianalisis dengan AAS varian AA240FS pada panjang gelombang $\lambda = 400-800$ nm untuk penentuan konsentrasi anion logam kalium yang terdesorpsi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Preparasi Sampel Abu Layang

Tahap awal untuk preparasi abu layang dilakukan pengayakan menggunakan ayakan berukuran 150 mesh. Proses pengayakan ini dilakukan agar mendapatkan adsorben dengan luas partikel yang seragam. Selain itu, penggunaan ayakan ini juga bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan kapasitas penyerapan, karena semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin besar luas permukaannya, sehingga kemampuan adsorpsi meningkat [9]. Hal ini dibuktikan pada penelitian yang dilakukan oleh (Sufriadin et al., 2023) bahwa penggunaan ayakan ukuran 150 mesh menunjukkan terjadinya penurunan kandungan sulfur awal sebesar 1,47% dan berkurang menjadi 0,788% dengan persentase penurunan kandungan sulfur sebesar 46,39% dan terjadinya penurunan kadar abu awal sebesar 36,03% berkurang menjadi 27,9% dengan persentase penurunan kadar abu sebesar 22,56%.



Gambar 1. Bentuk abu layang sebelum dan sesudah pengayakan

Dapat dilihat pada gambar bahwa sebelum diayak sampel abu layang memiliki butiran kasar dengan ukuran partikel yang bervariasi, menunjukkan adanya material lain seperti batu-batuan dengan ukuran partikel lebih besar. Sebaliknya, setelah diayak tekstur butiran abu layang menjadi lebih halus dengan ukuran partikel yang lebih seragam.

2. Aktivasi dan Karakterisasi Abu Layang

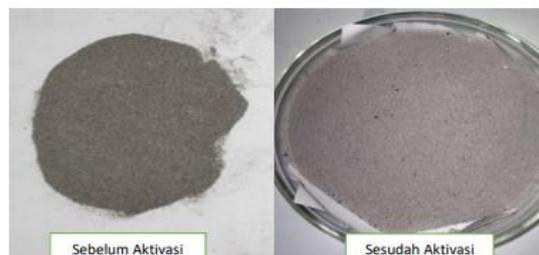
Abu layang yang direaksikan dengan aktivator HCl kemudian dimasukkan pada rangkaian refluks. Proses refluks dilakukan pada suhu 90°C selama 3 jam. Penggunaan suhu 90°C ini dapat meningkatkan komposisi silika dan rasio Si/A pada abu layang teraktivasi. Perubahan sampel abu layang sebelum dan sesudah aktivasi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kandungan mineral abu layang sebelum dan sesudah aktivasi

No.	Parameter uji	Sebelum aktivasi (%)	Sesudah aktivasi (%)
1.	Al ₂ O ₃	33,89135	31,07788
2.	SiO ₂	61,21238	63,81898
3.	Y ₂ O ₃	0,855918	1,004665
4.	K ₂ O	0,242226	0,282072
5.	SnO ₂	0,000013	0,000012
6.	CaO	1,375113	1,124817
7.	BaO	0,000005	0,000004
8.	TiO ₂	1,341641	1,212099
9.	V ₂ O ₅	0,088871	0,066078
10.	Fe ₂ O ₃	0,992480	1,413390
TOTAL		99,999997	99,99997

Tabel 1 menunjukkan bahwa terjadinya perubahan % efisiensi sebelum dan sesudah dilakukan aktivasi. Dimana kandungan SiO₂ sebelum aktivasi adalah 61,21238% dan setelah aktivasi mengalami peningkatan menjadi 63,81898%. Kandungan Al₂O₃ sebelum aktivasi adalah 33,89135% dan setelah aktivasi mengalami penurunan menjadi 31,07788%. Senyawa lainnya seperti SnO₂, 25 CaO, BaO, TiO₂ dan V₂O₅ mengalami penurunan dari sebelum aktivasi dengan sesudah aktivasi. Akan tetapi, pada senyawa Y₂O₃, K₂O dan Fe₂O₃ mengalami peningkatan dari

sebelum dan sesudah dilakukan aktivasi. Penurunan dan kenaikan kandungan senyawa-senyawa disebabkan oleh pencucian dengan asam klorida (HCl) dengan proses refluks [10].

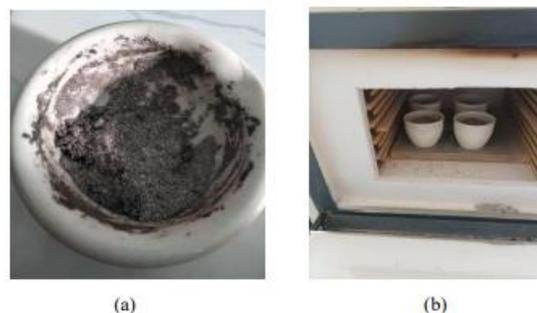


Gambar 2. Abu layang sebelum dan sesudah aktivasi

Berdasarkan gambar 2 hasil aktivasi abu layang tidak hanya mengakibatkan terjadinya perubahan pada peningkatan rasio Si/Al tetapi juga perubahan sifat fisik dan sifat kimia abu layang dari sebelum aktivasi. Abu layang sebelum diaktivasi memiliki warna coklat tua sedangkan abu layang teraktivasi memiliki warna coklat muda.

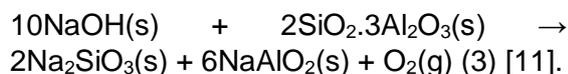
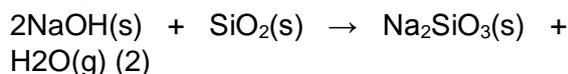
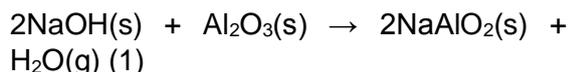
3. Peleburan dengan NaOH

Proses peleburan diawali dengan NaOH perbandingan 1:1, selanjutnya campuran abu layang dan NaOH dimasukkan ke dalam alat furnace dan dipanaskan hingga 550°C selama 1 jam.



Gambar 3. (a) Hasil gerusan abu layang dengan NaOH (b) Proses peleburan dengan alat furnace

Adapun reaksi yang terjadi selama proses peleburan antara komponen abu SiO₂ dan Al₂O₃ dengan NaOH adalah sebagai berikut.



Gambar 4. Hasil abu layang setelah proses peleburan dengan NaOH

Warna abu layang sebelum dilakukan peleburan memiliki warna coklat muda, namun setelah dileburkan warna abu layang menjadi abu-abu. Perubahan warna terjadi dikarenakan adanya pemanasan yang tinggi sehingga mengubah warna abu layang sintesis menjadi abu-abu.

4. Sintesis Zeolit dari Abu Layang dengan Metode Hidrotermal dan Karakterisasinya



Gambar 4. Proses hidrotermal

Pada gambar 4 merupakan proses kristalisasi zeolit yang dilakukan secara hidrotermal pada suhu 100°C selama 24 jam. Selama proses hidrotermal, kation Na^+ dari larutan alkali NaOH akan menstabilkan pembentukan zeolit, proses kristalisasi terjadi karena terbentuknya larutan metastabil yang dihasilkan dari peningkatan konsentrasi zat terlarut (Si dan Al) pada temperatur konstan.



Gambar 5. Zeolit hasil sintesis dari abu layang dengan metode hidrotermal

Zeolit hasil sintesis memiliki karakteristik berwarna putih, Hal ini terjadi dikarenakan sintesis hidrotermal menggunakan larutan, gel dan/atau suspensi sebagai prekursor kemudian tingkat suhu pada titik didih air yang meningkat dan memungkinkan uap menjadi jenuh dan metode hidrotermal ini memiliki manfaat untuk membantu mengontrol ukuran butir, fasa kristal, morfologi partikel sesuai pengaturan komposisi larutan, suhu reaksi, sifat pelarut dan waktunya.

a. Hasil Karakterisasi menggunakan XRF

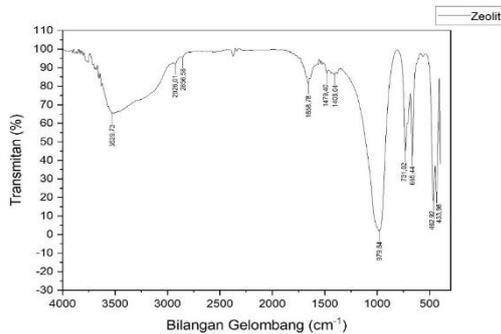
Karakterisasi zeolit sintesis dengan menggunakan XRF dilakukan untuk mengetahui kadar SiO_2 dan Al_2O_3 dalam zeolit hasil sintesis.

Tabel 2. Data XRF dari zeolit sintesis

No.	Parameter Uji	Sesudah aktivasi (%)	Zeolit hasil sintesis (%)
1.	Al_2O_3	31,07788	31,62310
2.	SiO_2	63,81898	68,37691

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa unsur Al/Si terjadi kenaikan dari sebelum dan sesudah di aktivasi, hal tersebut dikarenakan adanya penambahan natrium aluminat pada sintesis zeolit. Natrium aluminat dapat mengubah komposisi abu layang dengan cara memperbaiki lapisan luar abu layang sehingga terjadi perubahan persentase jumlah unsur atau senyawa yang ada pada abu layang saat sintesis zeolit.

b. Hasil Karakterisasi menggunakan FTIR



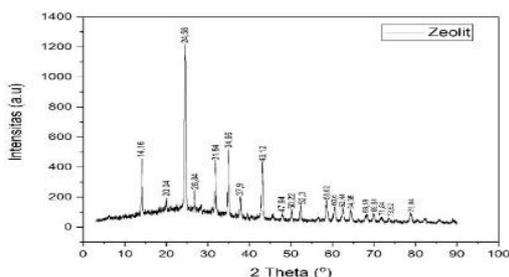
Gambar 6. Hasil FTIR zeolit dari abu layang

Tabel 3. Interpretasi gugus fungsi sintesis zeolit dari abu layang

Rentang bilangan gelombang zeolit dari abu layang (cm ⁻¹) (Daniel et al., 2023)	Bilangan gelombang zeolit dari abu layang sintesis (cm ⁻¹)	Interpretasi jenis vibrasi
3600-3200	3529,73	Vibrasi ulur O-H
1800-1600	1658,78	Vibrasi tekuk H-O-H
1250-950	979,84	Vibrasi ulur asimetri Si-O dan Al-O
820-650	731,02 dan 665,44	Vibrasi ulur simetris O-Si-O
500-420	462,92 dan 433,98	Vibrasi tekuk Si-O/Al-O

Berdasarkan tabel 3 Interpretasi gugus fungsi sintesis zeolit dari abu layang menunjukkan bahwa abu layang berhasil disintesis menjadi zeolit. Hal ini didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh (Daniel et al., 2023) yang terdapat puncak-puncak spesifik yang teridentifikasi pada dua daerah rentang 1250-950 cm⁻¹ , 820-650 cm⁻¹ , telah mengkonfirmasi bahwa terbentuknya kerangka struktur zeolit pada hasil sintesis.

c. Hasil Karakterisasi menggunakan XRD



Gambar 7. Hasil XRD zeolit dari abu layang

Tabel 4. Tipe zeolit hasil sintesis menurut puncak difraksi standar zeolit tipe A (Nugroho, 2015)

No.	Standar Zeolit A (2θ)	Zeolit Hasil Sintesis (2θ)
1	14,40°	14,16°
2	21,67°	20,04°
3	25,07°	24,58°
4	27,11°	26,84°
5	31,70°	31,84°
6	34,77°	34,96°
7	35,75°	37,90°
8	42,19°	43,12°
9	47,30°	47,94°
10	49,70°	50,22°

Berdasarkan puncak-puncak yang ditemukan pada zeolit hasil sintesis, maka dapat disimpulkan bahwa zeolit yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu zeolit tipe A dikarenakan pada jurnal (Nugroho, 2015) dapat dilihat bahwa semua puncak-puncak difraksi yang dihasilkan hampir mendekati standar zeolit tipe A.

5. Uji Adsorpsi Zeolit Terhadap Kalium Klorida

Tabel 5. Hasil pengujian adsorpsi zeolit variasi konsentrasi

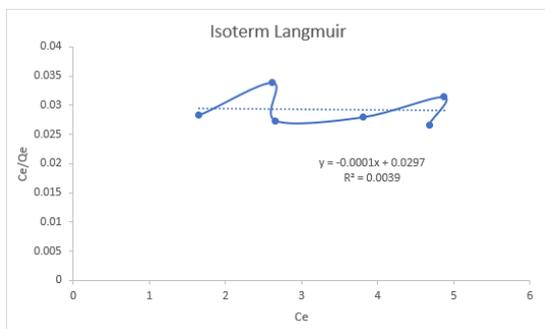
Sampel	Co	Absorbansi	Ce	Qc (mg/g)	% Efisiensi
Zeolit	60	0,3415	1,64917	58,3513	97,2522
	80	0,5103	2,61840	77,3823	96,7279
	100	0,5177	2,66016	97,3398	97,3398
	140	0,7168	3,80310	136,197	97,2835
	160	0,9024	4,86854	155,131	96,9572
	180	0,8899	4,79679	175,325	97,3351

Berdasarkan tabel 5 menunjukkan bahwa zeolit mampu menyerap senyawa kalium dari kalium klorida (KCl) dengan variasi konsentrasi yang ditentukan. Pada proses adsorpsi ini dari beberapa konsentrasi yang dilakukan yang paling tinggi proses penyerapannya terdapat pada konsentrasi 100 ppm dengan efisiensi 97,3398%.

a. Penentuan Isoterm Adsorpsi menurut Langmuir

Isoterm Langmuir merupakan model isoterm yang mendeskripsikan proses adsorpsi yang terjadi pada lapisan monolayer dan bersifat homogen pada permukaan situs aktif yang mengikat pada permukaan adsorben. Isoterm Langmuir

didapatkan dengan memplotkan nilai C_e dan C_e/q_e , dimana C_e merupakan nilai konsentrasi akhir kalium sedangkan C_e/q_e merupakan nilai konsentrasi akhir dibagi dengan banyaknya ion yang teradsorpsi. Grafik penentuan model isoterm Langmuir untuk zeolit ditunjukkan pada gambar 8.

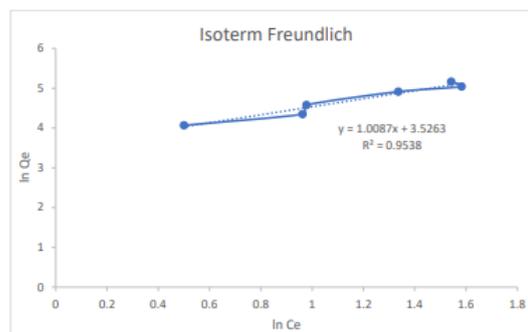


Gambar 8. Model isoterm Langmuir adsorpsi kalium oleh zeolit

Pada gambar 8 persamaan Langmuir memiliki R^2 sebesar 0,0039. Model persamaan Langmuir ini dapat terjadi dikarenakan adanya ikatan kimia yang kuat antara ion kalium dengan zeolit pada proses adsorpsi.

b. Penentuan Isoterm Adsorpsi menurut Freundlich

Isoterm Freundlich merupakan model isoterm yang mendeskripsikan kemampuan adsorpsi adsorben. Model ini dilakukan adsorpsi tidak ideal pada permukaan heterogennya karena lebih dari satu lapisan pada permukaan, sehingga terjadi perubahan energi ikatan pada tiap-tiap sisi. Pengujian menggunakan dua model isoterm ini dilakukan untuk menentukan kapasitas adsorpsi (q_e) dan energi adsorpsi yang sesuai dengan hasil penelitian ini. Penentuan isoterm Freundlich didapatkan dengan cara menghubungkan nilai $\log C_e$ dan nilai $\log q_e$. Penentuan isoterm Freundlich dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Model isoterm Freundlich adsorpsi kalium oleh zeolit

Pada gambar 9 terlihat jelas bahwa nilai R^2 dari isoterm Freundlich hampir mendekati 1. Hal ini dibuktikan dengan nilai R^2 nya yaitu 0,9538. Dengan demikian pada penelitian ini menggambarkan bahwa adsorpsi kalium klorida yang terjadi pada zeolit sesuai dengan model isoterm Freundlich yakni terjadi pada lapisan multilayer dan heterogen. R^2 yang dimaksud adalah koefisien determinasi yang mengukur sejauh mana model teoritis sesuai dengan data eksperimen. Semakin mendekati 1, semakin baik kesesuaian model dengan data (Peak et al., 2023).

6. Uji Desorpsi Zeolit Terhadap Kalium Klorida



Gambar 10. Hasil pengujian desorpsi zeolit terhadap senyawa kalium

Berdasarkan gambar 10 diatas dapat diartikan bahwa hasil yang terdesorpsi paling besar terdapat dalam larutan pendesorpsi asam sitrat dengan variasi waktu 420 menit (7 jam) pada konsentrasi 53,08897 mg/L. Akan tetapi, tujuan dari desorpsi ini dilakukan yaitu untuk mengetahui bagaimana cara larutan pendesorpsi tersebut melepaskan senyawa kalium yang ada pada zeolit

secara slow release (melepas secara lambat). Oleh sebab itu, dari hasil pengujian AAS terlihat bahwa larutan pendesorpsi yang paling lambat mengeluarkan senyawa kalium dari zeolit terdapat pada larutan akuades dengan variasi waktu 360 menit (6 jam) dimana konsentrasinya 8,93463 mg/L. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu desorpsi maka akan memperbesar interaksi yang terjadi antara adsorbat di dalam pori-pori adsorben dengan pelarut yang digunakan, begitu juga sebaliknya semakin cepat waktu desorpsi maka akan memperkecil interaksi yang terjadi antara adsorbat dengan pelarut yang digunakan (Hidayat dan Nugraha, 2018). Pada proses desorpsi ini jumlah K yang terdesorpsi memiliki perbedaan pada akuades dan asam sitrat, dimana dalam akuades jumlah K yang terdesorpsi lebih sedikit daripada asam sitrat. Oleh sebab itu, dapat disimpulkan bahwa zeolit yang terlapis kalium mengalami proses desorpsi dimana pelepasan unsur kalium secara bertahap pada tiap larutan pendesorpsi sehingga memiliki potensi sebagai media lepas lambat (*slow release*). Pada penelitian ini larutan pendesorpsi yang paling sesuai untuk lepas lambat yaitu akuades, dikarenakan pada akuades tidak memiliki potensi reaksi pertukaran ion sehingga akan memperlambat pelepasan unsur hara (Indah dan Rohaniah, 2014).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa dari hasil karakterisasi yang dilakukan menunjukkan bahwa zeolit yang dihasilkan dari proses sintesis membentuk kristalinitas pada intensitas tajam di $2\theta = 24,58^\circ$ serta membentuk tipe zeolit A. Hasil adsorpsi zeolit terhadap kalium klorida memperoleh % efisiensi terbesar yaitu 97,3398 % dan zeolit yang digunakan lebih cenderung mengikuti persamaan Freundlich, dikarenakan nilai $R^2 = 0,9538$ lebih mendekati 1. Kemudian pada proses desorpsi larutan yang paling sesuai sebagai media lepas lambat yaitu akuades,

dikarenakan pada akuades tidak memiliki potensi reaksi pertukaran ion dan dari hasil pengujian AAS juga terlihat bahwa proses desorpsi dengan menggunakan akuades lebih sedikit melepaskan ion kalium dibandingkan dengan desorpsi menggunakan asam sitrat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Palangka Raya dan PLTU Kalimantan Tengah yang telah membantuk dalam terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Daniel, S., Dari, K.H.-, Ash, F.L.Y., Sebagai, B., Silika, S., Alumina, D.A.N., & Tinambunan, D. (2023). Sintesis dan Karakterisasi H-Zsm-5 Dari Fly Ash Batubara Sebagai Sumber Silika dan Alumina. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Jambi. Skripsi 12(5), 59-60.
- [2] Febrianti., Et Al. (2022). Sintesis Zeolit A Berbahan Dasar Abu Terbang (*Fly Ash*) Limbah Pt. Indonesia Chemical Alumina (Ica) Menggunakan Metode Alkali Hidrotermal (*Synthesis Of Zeolite A Base On Fly Ash Waste Pt. Indonesia Chemical Alumina (Ica) Using Hydrothermal Alkaline Method*). *Indonesian Journal Of Pure And Applied Chemistry*, 5(1), 28.
- [3] Hidayat., Et Al. (2019). Sintesis Dan Karakterisasi Zeolit Hidroksi Sodalit Dari Limbah Padat Abu Layang Pltu Batubara. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 4(2), 9.
- [4] Indah,S., dan Rohaniah, 2014, Studi Regenerasi Adsorben Kulit Jagung (*Zea mays* L) dalam Menyisihkan Logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dari Air Tanah, *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 11(1) : 48-58.
- [5] Nugroho, D. S. (2015). Sintesis dan

- Karakterisasi Zeolit X dari Abu Vulkanik Gunung Kelud Dengan Variasi Suhu Hidrotermal Menggunakan Metode SolGel. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN), Maulana Malik Ibrahim, Malang. Skripsi, 151, 10–17.
- [6] Ojha., Et Al. (2014). *Zeolite From Fly Ash: Synthesis And Characterizatio. Bulletin Of Materials Science*, 27(6), 555–564.
- [7] Peak, T. C., Based, C. N., Scenarios, M., Study, C., & Province, H. (2023). Studi Desorpsi Mn_{2+} Dari Kaolin Teraktivasi Asam Klorida. *Ar-Razi Jurnal Ilmiah* 11 (2), 75–85.
- [8] Rismang., Et Al. (2017). Sintesis Zeolit Dari Abu Layang Dengan Metode Hidrotermal Dan Uji Adsorptivitas Terhadap Logam Timbal (Pb). *Al-Kimia*, 5(2), 127–135.
- [9] Solikah, S., & Utami, B. (2014). Perbedaan Penggunaan Adsorben Dari Zeolit Alam Teraktivasi Dan Zeolit Terimmobilisasi Dithizon Untuk Penyerapan Ion Logam Tembaga (Cu_{2+}). *Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia Vi*, January, 342–354.
- [10] Subandi. (2015). *Role And Management Of Potassium Nutrient For Food Production In Indonesian. Agricultural Innovation Development*, 6(1), 1–10.
- [11] Sunardi, & Abdullah. (2017). Konversi Abu Layang Batubara Menjadi Zeolit dan Pemanfaatannya Sebagai Adsorben Merkuri (li). *Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 1(1), 1–10.
- [12] Syahrin., Et Al. (2020). Analisis Biopolitik dan Kontrol Populasi Penduduk Melalui Program Keluarga Berencana Di Kota Samarinda. *Jurnal Politik Profetik*, 8(2), 274.
- [13] Triawan, D. A., Nesbah, N., Fitriani, D., Kimia, J., Matematika, F., Pengetahuan, I., & Universitas Bengkulu, A. (2017). Crude Palm Oil's (Cpo) Fly Ash As A Low-Cost Adsorben For Removal Of Methylen Blue (Mb) From Aqueous Solution. *Jurnal Kimia Riset*, 2(1), 10–15.
- [14] Wahyuni, T., Suprpto, S., & Prasetyoko, D. (2016). Pengaruh Suhu Fusi Terhadap Pembentukan Zeolit A Dari Abu Layang Batubara Paiton: Kapasitas Penukar Kation (Ca_{2+}). *Akta Kimia Indonesia*, 1(1), 42.
- [15] Yuliana. (2020). Immobilisasi Dithizon Pada Zeolit Sintesis Abu Dasar Batubara Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Pb_{2+} . *Jurnal Universitas Islam Yogyakarta*, Juni, 34–37.