

SINTESIS ZEOLIT DARI BATU APUNG (*PUMICE*) DAERAH IJOBALIT LOMBOK TIMUR SEBAGAI ADSORBEN LOGAM Fe

Dian W Kurniawidi¹⁾, Siti Alaa¹⁾, Sri Mulyani¹⁾, Susi Rahayu¹⁾

¹⁾Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Mataram,
NTB, Indonesia

Corresponding author : Susi Rahayu

E-mail : susirahayu@unram.ac.id

Diterima 29 Oktober 2021, Disetujui 12 November 2021

ABSTRAK

Aktivitas letusan besar Gunung Api Samalas di Lombok meninggalkan jejak mineral batuan beku salah satunya batu apung (pumice). Batu apung memiliki komposisi mineral utama berupa silika sebanyak 58,3%. Tujuan dari penelitian untuk identifikasi karakteristik zeolit dari batu apung sebagai adsorben logam Fe. Zeolite disintesis menggunakan metode kopresipitasi. Identifikasi gugus fungsi, kristalinitas, dan struktur kristal zeolite sintesis menggunakan FTIR dan XRD. Sedangkan analisis adsorpsi menggunakan AAS. Zeolit berhasil terbentuk dari sintesis batu apung ditandai dengan kemunculan gugus fungsi TO_4 dan gugus fungsi Si-O-Si pada panjang gelombang $983,85\text{ cm}^{-1}$ dan $660,02\text{ cm}^{-1}$. Zeolit yang terbentuk dari proses sintesis batu apung yaitu tipe zeolit ZK-14 dengan struktur kristal kubik. Adapun hasil analisis kemampuan adsorpsi dari zeolite ZK-14 ini sangat baik mencapai 99,22% pada komposisi Si/Al pada 25/30. Sehingga sintesis batu apung menjadi zeolite dapat diaplikasikan sebagai penyerap logam Fe.

Kata kunci: Adsorben; Batu Apung; Zeolit.

ABSTRACT

The massive eruption activity of the Samalas Volcano in Lombok left traces of igneous rock minerals, one of which was pumice. The pumice has a main mineral composition of 58.3% silica. The purpose of this study is to identify the characteristics of zeolite from pumice as an adsorbent of Fe metal. Zeolite has been synthesized using a coprecipitation method. The identification of functional groups, crystallinity, and crystal structure of synthetic zeolite using FTIR and XRD. Meanwhile, AAS was implemented for the adsorption analysis. The zeolite was successfully formed from the synthesis of pumice characterized by the appearance of the TO_4 functional group and the Si-O-Si functional group at wavelengths of 983.85 cm^{-1} and 660.02 cm^{-1} . The zeolite fabricated from the pumice synthesis process is ZK-14 type zeolite with a cubic crystal structure. The examination results from the adsorption ability of zeolite ZK-14 are very good, reaching 99.22% at the Si/Al composition at 25/30. In fact, the synthesis of pumice into zeolite can be applied as an adsorber of Fe metal.

Keywords: Adsorbent; Pumice Stone; Zeolite.

PENDAHULUAN

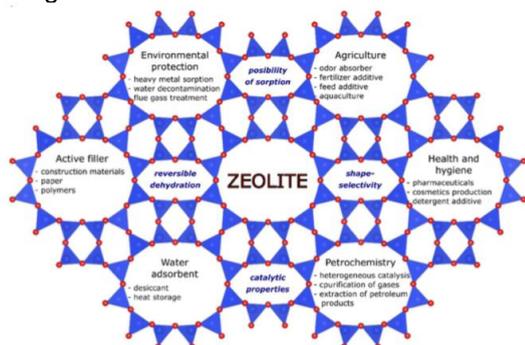
Aktivitas vulkanik gunung samalas sekitar tahun 1257 meninggalkan endapan vulkanik disekitaran area gunung. Gunung samalas atau saat ini yang lebih dikenal dengan Gunung Rinjani pernah mengalami letusan besar sebanyak dua kali. Letusan gunung api dengan skala besar menghasilkan endapan batuan beku. Salah satu jenis batuan beku yang muncul akibat aktivitas gunung api ini yaitu batu apung (pumice) (Vulkanik et al. 2020). Batu apung sering juga disebut sebagai batuan gelas vulkanik silikat.

Akibat letusan gunung Samalas tersebut, ketersediaan batu apung di Lombok sangat melimpah. Hal ini didukung oleh data penelitian yang menyatakan bahwa semakin

jauh lokasi suatu daerah terhadap pusat letusan gunung Samalas maka semakin menurun ketebalan lapisan endapan batu apungnya. Kisaran ketebalan lapisan batu apung 10-21 meter di sekitar kaki gunung Rinjani (Ningsih, Fitrianiingsih, and Didik 2019). Batu apung merupakan mineral alam yang banyak manfaatnya namun memiliki nilai ekonomis yang rendah. Komposisi penyusun batu apung berupa silika, alumina, besi oksida, dan mineral lainnya (Mahaddilla and Putra 2013). Berdasarkan karakterisasi menggunakan XRF diperoleh komposisi batu apung SiO_2 58,3 %, Fe_2O_3 12,4%, Al_2O_3 12%, K_2O 7,73%, CaO 6,75%, TiO_2 1,45% dan MnO 0,42% (Kusumaningtyas et al. 2017). Komposisi silika

dalam batu apung ini dapat dijadikan material utama penyusun pembuatan zeolit.

Zeolit merupakan material serbaguna yang memiliki banyak manfaat dalam bidang industri (gambar 1). Zeolit memiliki pori berukuran mikro hingga nano yang tersusun dari kristal-kristal aluminosilikat. Struktur dasar zeolit berupa tetrahedral TO_4 . Zeolit memiliki luas permukaan yang besar, struktur mikropori, dan afinitas tinggi pada ion logam (Ismail et al. 2014). Sehingga sangat baik digunakan sebagai adsorben.



Gambar 1. Aplikasi penggunaan zeolit (Król 2020)

Untuk memperoleh zeolit banyak metode sintesis yang dapat digunakan yaitu metode kopresipitasi (Rosyidah and Suyanta 2021), metode hidrotermal (Pratama and Muttaqin 2017) (Ismail et al. 2014) (Mahaddilla and Putra 2013) (Prajaputra et al. 2019), metode hidrogel (Saraswati 2016), dan lain-lain. Metode kopresipitasi merupakan metode yang paling mudah. Metode ini menggunakan suhu rendah, waktu yang relatif cepat, menggunakan alat sederhana, dan menghasilkan produk dengan kemurnian tinggi (Ningsih, Fitrianiingsih, and Didik 2019). Sehingga dalam penelitian ini digunakan metode kopresipitasi untuk mensintesis zeolit.

Kondisi geologis Lombok yang kaya mineral batu apung, mendorong para peneliti mengeksplorasi untuk meningkatkan nilai ekonomisnya. Salah satu tahapan yang dilakukan yaitu melalui studi awal pembuatan zeolit dari batu apung sebagai adsorben logam Fe. Adsorpsi merupakan teknik yang efektif untuk menanggulangi pencemaran lingkungan. Sehingga penelitian ini dapat meningkatkan daya guna batu apung sebagai mineral potensial di Lombok

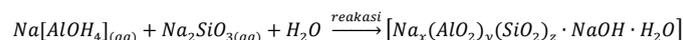
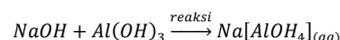
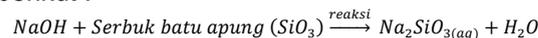
METODE PENELITIAN

Dalam pembuatan zeolit, penelitian dilakukan menggunakan eksperimen skala laboratorium. Eksperimen menggunakan berbagai alat dan bahan penelitian. Secara garis besar, prosedur pembuatan zeolit dari batu apung yaitu preparasi batu apung, sintesis silika pada batu apung, sintesis natrium

aluminat, sintesis zeolit, dan karakterisasi sampel hasil sintesis. Hasil karakterisasi sampel dianalisis menggunakan software *OriginPro 8* dan *microsoft excel*.

Preparasi batu apung dilakukan dengan mencuci batu apung menggunakan air untuk menghilangkan kotoran yang menempel. Batu apung dijemur selama 7-8 hari untuk menghilangkan kadar air dalam batuan. Batu apung yang telah kering dihancurkan menjadi ukuran yang lebih kecil menggunakan palu. Selanjutnya, pecahan batu apung digerus menggunakan mortal selama 3 jam. Setelah memperoleh serbuk batu apung yang memiliki ukuran homogen, serbuk disintesis menggunakan metode kopresipitasi.

Sintesis zeolit diawali dengan mereaksikan 10 gram batu apung dengan NaOH 10M. Proses reaksi dilakukan dengan suhu 350°C selama 1 jam menggunakan *magnetic stirrer*. Reaksi tersebut menghasilkan endapan, kemudian endapan direndam dengan aquades selama 12 jam. Larutan ini disebut sebagai natrium silikat. Untuk memperoleh zeolit, natrium silikat direaksikan dengan natrium aluminat dengan perbandingan Si/Al yaitu 25/15. Sintesis zeolit dilakukan selama 1 jam menggunakan suhu 160°C . Slurry yang terbentuk dibiarkan hingga suhunya turun kemudian dicuci menggunakan aquades. Selanjutnya ditetaskan H_2SO_4 hingga PH netral dan dikeringkan menggunakan oven selama 18 jam hingga terbentuk serbuk putih zeolit. Secara umum persamaan reaksi sintesis zeolit dari batu apung dapat dituliskan sebagai berikut :



Zeolit hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), struktur kristal menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD), sedangkan kemampuan adsorpsi logam Fe dikarakterisasi menggunakan AAS (*Atom Absorption Spectroscopis*). Melalui karakterisasi FTIR, serbuk zeolit dapat diketahui gugus fungsi yang terbentuk, jenis vibrasi kisi yang terjadi, dan kristalinitas secara kualitatif. Data hasil karakterisasi menggunakan FTIR dianalisis dengan bantuan software *OriginPro 8*. Setelah hasil analisis menunjukkan bahwa serbuk yang terbentuk adalah zeolit sintesis, maka dilakukan sintesis kembali dengan berbagai perbandingan Si/Al.

Perbandingan Si/Al saat proses sintesis dilakukan untuk mengetahui

kemampuan adsorpsi zeolit terhadap logam Fe. Variasi perbandingan Si dengan Al yang digunakan yaitu 25/15 (Zeolit I), 25/20 (Zeolit II), 25/25 (Zeolit III), 25/30 (Zeolit IV), dan 25/35 (Zeolit V). Pengujian kemampuan zeolit menyerap logam dilakukan dengan menuangkan 0,5 g zeolit sintesis kedalam 50 ml larutan Fe (konsentrasi 47,020 mg/L). Larutan diaduk selama 3 menit dan diberi waktu kontak selama 1 jam. Setelah itu, larutan diuji kandungan Fe menggunakan AAS. Kemampuan zeolit mengadsorpsi logam dapat dihitung menggunakan persamaan (anggriani) :

$$\%E = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100 \quad (1)$$

$$Q = \frac{(C_o - C_a)}{m} V \quad (2)$$

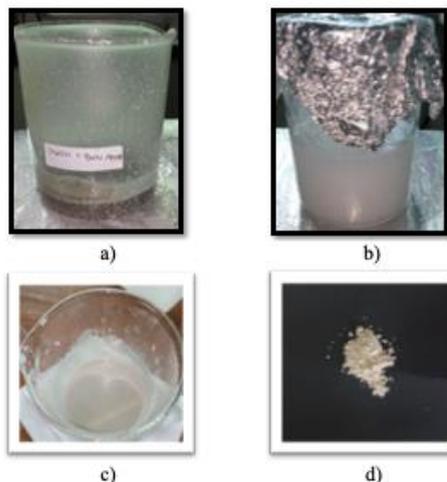
Dengan

- C_o = Konsentrasi awal (mg/L)
- C_e = Konsentrasi akhir (mg/L)
- $\%E$ = Efisiensi adsorpsi
- Q = Kapasitas adsorpsi (mg/g)
- C_o = Konsentrasi awal (mg/L)
- C_a = Konsentrasi akhir (mg/L)
- V = Volume (L)
- m = Massa (g)

Kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi yang tinggi menunjukkan material sebagai adsorben yang baik.

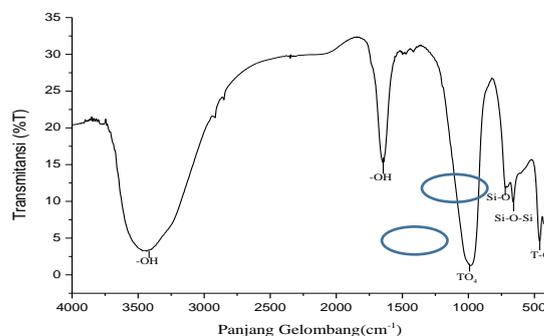
HASIL DAN PEMBAHASAN

Zeolit telah berhasil disintesis menggunakan metode kopresipitasi dengan bahan baku batu apung dari Ijobalit. Potensi silika dalam batu apung berhasil diperoleh (Gambar 1.a) dalam bentuk senyawa Natrium Silikat (Na_2SiO_3). Natrium silikat merupakan salah satu bahan baku utama dalam pembuatan zeolit. Pencampuran natrium silikat dengan natrium aluminat menghasilkan serbuk zeolit.



Gambar 2. Hasil Sintesis Batu Apung menjadi Zeolit (a) Natrium Silikat (b) Natrium Aluminat (c) Slurry Zeolit (d) Serbuk Zeolit

Zeolit yang dihasilkan (Gambar 1.d) dalam bentuk serbuk warna putih. Serbuk zeolit diidentifikasi kristalinitas, gugus fungsi yang terbentuk, dan mode vibrasi yang terjadi melalui karakterisasi FTIR. Analisis FTIR menghasilkan spektrum pita serapan spektra IR. Spektrum ini dinyatakan dalam bilangan gelombang (cm^{-1}), sedangkan intensitas pita serapan dinyatakan dengan persen transmisi ($\%T$).



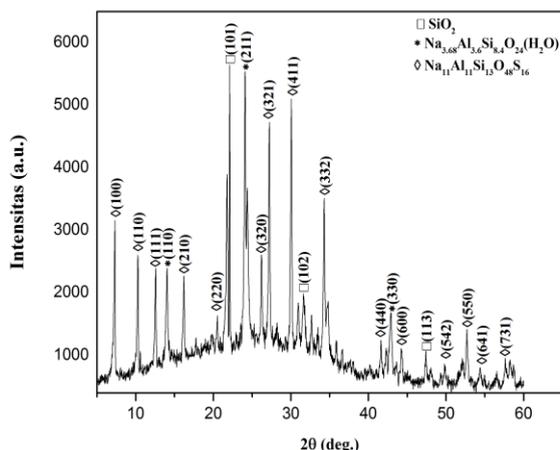
Gambar 3. Hasil identifikasi serbuk sintesis dari batu apung menggunakan FTIR

Identifikasi hasil sintesis menggunakan FTIR (Gambar 2) menunjukkan bahwa Zeolit berhasil terbentuk. Ciri khas terbentuknya zeolit yaitu terbentuknya gugus fungsi TO_4 dan gugus fungsi Si-O-Si. Secara detail identifikasi gugus fungsi dan vibrasi yang terjadi pada tabel 1.

Tabel 1. Interpretasi Hasil Analisis Spektrum Infra Merah pada Serbuk Zeolit

No	Bilangan gelombang (cm^{-1})	Referensi bilangan gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi
1	3435,22	3500-3200	Vibrasi stretching (OH)
2	1650,95	1650	Vibrasi bending dari molekul (H_2O)
3	983,85	1250-950	Vibrasi stretching TO_4 (T = Si atau Al)
4	660,02	663,43	Vibrasi <i>double ring</i> zeolit (Si-O-Si)
5	426,98 dan 460,38	420-520	Vibrasi bending T-O-T (T = Si atau Al)

Selain identifikasi gugus fungsi dan mode vibrasi, secara kualitatif kristalinitas dapat dilihat dari bentuk puncak transmisi gugus fungsi khas zeolit. Semakin lebar transmisi maka kristalinitas kurang baik, begitupula sebaliknya. Sehingga dari hasil indentifikasi dapat disimpulkan bahwa kristalinitas zeolit hasil sintesis adalah cukup baik. Selanjutnya untuk membuktikan hal tersebut, dilakukan identifikasi struktur kristal zeolit dengan menggunakan XRD.



Gambar 4. Identifikasi struktur kristal menggunakan XRD

Hasil identifikasi menggunakan XRD menunjukkan bahwa fasa zeolit telah berhasil terbentuk dari kemunculan bidang (211) (110) dan (330). Indeks miller bidang (211) (110) dan (300) merupakan indeks miller tipe zeolit ZK-14

dengan struktur kristal kubik. Hasil ini sesuai dengan hasil pengujian FTIR yang menyatakan struktur kristal baik dan terbentuknya zeolit sintesis. Secara terperinci hasil identifikasi struktur kristal zeolit sebagai berikut.

Analisis struktur zeolit sintesis diidentifikasi dengan mencocokkan pola difraksi yang dihasilkan dari eksperimen dengan pola difraksi menurut card Card No. : 01-084-0698; Card No. : 01-071-0898 dan Card No. : 01-077-1315. Selain zeolit ZK-14 pada penelitian ini terdapat banyak unsur zeolit seperti pada puncak $2\theta = 22,096$ terdapat unsur Silicon dioxide atau kuarsa (SiO_2) yang memiliki struktur kristal yang berbeda dari unsur zeolit lain yang terbentuk yaitu tetragonal dan pada puncak $2\theta = 30,92$ terdapat unsur Sodium Aluminium Silicate Sulfur ($Al_{11}Na_{11}O_{48}S_{16}Si_{13}$). Secara garis besar kemunculan utama pada hasil sintesis batu apung ini yaitu zeolit ZK-14. Sehingga batu apung disintesis dengan berbagai variasi komposisi untuk memperoleh kemampuan penyerapan logam yang paling optimum. Berikut merupakan hasil sintesis batu apung menggunakan variasi komposisi Si/Al



Gambar 5. Serbuk Zeolit dengan Perbandingan Komposisi Volum Si/Al (a) Zeolit I (b) Zeolit II (c) Zeolit III (d) Zeolit IV (e) Zeolit V

Secara fisik, zeolit yang paling halus yaitu zeolit IV. Dari kelima variasi tersebut dilakukan uji kemampuan adsorpsi menggunakan konsentrasi awal Fe yaitu 47,020 mg/L hingga diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Analisis Adsorpsi Logam Fe menggunakan AAS

Kode sampel	Perbandingan Si/Al (ml)	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Efisiensi penyerapan (%)	Kapasitas adsorpsi (mg/g)
Zeolit I	25/15	47,020	0,404	99,14	4,6616
Zeolit II	25/20	47,020	0,394	99,16	4,6626
Zeolit III	25/25	47,020	0,396	99,16	4,6624
Zeolit IV	25/30	47,020	0,368	99,22	4,6652
Zeolit V	25/35	47,020	0,474	98,98	4,6546

Berdasarkan tabel diatas, dari kelima variasi zeolit didapatkan hasil optimal zeolit untuk menyerap logam Fe adalah zeolit IV dengan nilai efisiensi penyerapan yang paling tinggi yaitu 99,22% dan kapasitas adsorpsi yaitu 4,6652 mg/g dengan konsentrasi akhir logam Fe yang didapatkan 0,368 mg/L, ini menjelaskan bahwa dengan nilai perbandingan Si dan Al yang rendah sudah membuktikan bahwa zeolit yang dihasilkan dapat dimanfaatkan atau di aplikasikan sebagai material penyerap logam berat.

SIMPULAN DAN SARAN

Sintesis zeolit dari batu apung ljabalit menggunakan metode kopresipitasi diperoleh zeolite ZK-14. Hasil analisis karakterisasi FTIR menunjukkan ciri khas zeolit dari kemunculan gugus fungsi TO_4 dan gugus fungsi Si-O-Si. Sedangkan hasil analisis menggunakan XRD teridentifikasi terbentuknya struktur kristal zeolite dengan kemunculan fasa zeolit dari kemunculan bidang (211) (110) dan (330). Zeolit yang diperoleh diaplikasikan sebagai penyerap logam Fe dengan variasi komposisi Si/Al. Nilai perbandingan Si dan Al yang membuktikan bahwa zeolit yang dihasilkan dapat dimanfaatkan atau di aplikasikan sebagai material penyerap logam berat. Dimana dengan memvariasikan komposisi zeolit didapatkan hasil optimal zeolit untuk menyerap logam Fe adalah zeolit IV dengan nilai efisiensi penyerapan yang paling tinggi yaitu 99,22%. Untuk penelitian lanjutan perlu diidentifikasi model adsorpsi yang terjadi pada zeolit ZK-14.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih pada Universitas Mataram dimana penelitian ini berasal dari sumber dana DIPA BLU skema penelitian dosen pemula Universitas Mataram. Nomer kontrak penelitian ini yaitu 2880/UN.18.L1/PP/2021

DAFTAR RUJUKAN

Ismail, A. I. M., O. I. El-Shafey, M. H. A. Amr, and M. S. El-Maghraby. 2014. "Pumice Characteristics and Their Utilization on the Synthesis of Mesoporous Minerals and on

the Removal of Heavy Metals." *International Scholarly Research Notices* 2014: 1–9.

- Król, Magdalena. 2020. "Natural vs. Synthetic Zeolites." *Crystals* 10(7): 1–8.
- Kusumaningtyas, M. P. et al. 2017. "Synthesis of Zeolites from Lombok Pumice as Silica Source for Ion Exchanger. In (Pp. 244–247)." *The 1st International Basic Science Conference: Towards the extended use of basic science for enhancing health, environment, energy and biotechnology* (January): 244–47. <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/prosidin/article/view/4232>.
- Mahaddilla, Febri Melta, and Ardian Putra. 2013. "Pemanfaatan Batu Apung Sebagai Sumber Silika Dalam Pembuatan Zeolit Sintesis." 2(4): 262–68.
- Ningsih, Fitrah, Fitrianiingsih, and Lalu A Didik. 2019. "Analisis Ketebalan Lapisan Batuapung Fungsi Jarak Dari Sumber Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Di Kecamatan Lingsar, Lombok Barat." *Indonesian Physical Review* 2(3): 1–8.
- Prajaputra, V. et al. 2019. "Characterization of Na-P1 Zeolite Synthesized from Pumice as Low-Cost Materials and Its Ability for Methylene Blue Adsorption." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 399(1).
- Pratama, Teguh Nugraha, and Afdhal Muttaqin. 2017. "Pengaruh Sumber Kation NaOH Dan KOH Terhadap Jenis Zeolit Sintetis Dari Abu Dasar Batubara Dengan Metode Peleburan Alkali Hidrotermal." *Jurnal Fisika Unand* 6(2): 126–31.
- Rosyidah, Anis Kholifatur, and Suyanta Suyanta. 2021. "Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Zeolit Magnetit Dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Ni(II)." *Jurnal Sains dan Terapan Kimia* 15(1): 37.
- Saraswati, Indah. 2016. "Zeolite-a Synthesis From Glass." *Jurnal Sains Dan Matematika* 23(4): 112-115–115.
- Vulkanik, Endapan et al. 2020. "Studi Sejarah Letusan Samalas Berdasarkan Stratigrafi." : 2–5.