



Efektivitas Zeolit Alam Ende-NTT sebagai Adsorben dalam Pemurnian Bioetanol Berbahan Baku Moke: Minuman Tradisional Flores

Yulius Dala Ngapa^{1,*}, Jumilah Gago²

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Flores, Jl. Sam Ratulangi Paupire, Ende, 86318, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Flores, Jl. Sam Ratulangi Paupire, Ende, 86318, Indonesia

*E-mail: ydalangapa@gmail.com

ABSTRAK

Ketergantungan akan pemakaian bahan bakar fosil yang terus meningkat telah mengubah pola pikir manusia untuk mengembangkan penelitian terkait energi alternatif terbarukan. Bioetanol yang berasal dari hasil fermentasi nira tanaman aren (*Arenga pinnata* MERR), dan dikenal sebagai minuman tradisional Moke di Flores dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif jika memiliki kemurnian di atas 99,5%. Proses adsorpsi merupakan salah satu metode yang dilakukan untuk menghasilkan bioetanol dengan kadar di atas titik azeotrop. Adsorben yang efektif digunakan sebagai *molecular sieve* adalah zeolit alam yang berasal dari kabupaten Ende – NTT. Peningkatan efisiensi penyerapan zeolit alam dalam pemurnian bioetanol berbahan baku Moke sudah dilakukan melalui proses aktivasi kimia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar dan kualitas bioetanol setelah pemurnian menggunakan adsorben zeolit alam Ende – NTT yang telah diaktivasi NaOH pada berbagai konsentrasi. Kadar bioetanol yang terdapat pada Moke sebelum dan sesudah proses adsorpsi ditentukan dengan instrumen gas kromatografi, karakterisasi zeolit alam menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Zeolit alam Ende dapat digunakan sebagai adsorben dalam meningkatkan kadar bioetanol berbahan baku Moke.

Kata kunci: adsorpsi, aktivasi, karakterisasi, moke, zeolit alam.

ABSTRACT

The reliance on increasing use of fossil fuels has changed the human mindset to develop research related to renewable alternative energy. Bioethanol derived from fermented palm sugar sap (*Arenga pinnata* MERR), and known as Moke, traditional drink in Flores can be used as an alternative fuel if it has a purity above 99.5%. The adsorption process is one method used to produce bioethanol with a level above the azeotrope point. The effective adsorbent used as molecular sieve is natural zeolite originating from Ende - NTT. Increased efficiency of absorption of natural zeolite in bioethanol purification made from Moke has been done through a chemical activation process. This study aims to determine the level and quality of bioethanol after purification using Ende-NTT natural zeolite adsorbent which has been activated by NaOH at various concentrations. Bioethanol levels found in the Moke before and after the adsorption process were determined by gas chromatography instruments, natural zeolite characterization using X-Ray Diffraction (XRD) and Scanning Electron Microscope (SEM). Ende natural zeolite can be used as an adsorbent to increase the level of bioethanol made from Moke.

Keywords: adsorption, activation, characterization, moke, natural zeolite.

1. PENDAHULUAN

Masalah terkait lingkungan seperti pemanasan global dan krisis energi sekarang ini menjadi hal yang marak dibicarakan. Meningkatnya penggunaan bahan bakar fosil telah mengubah pola pikir manusia untuk

mengembangkan penelitian dan penggunaan energi alternatif yang terbarukan [1]. Salah satu energi terbarukan tersebut berasal dari biomassa yang diproses menjadi bioetanol. Produksi bioetanol telah menjadi perhatian penting bagi banyak negara di dunia

termasuk Indonesia karena perannya sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan [2]. Produksi dan pengembangan bioetanol sudah sesuai dengan kebijakan pemerintah yang ada dalam Peraturan Presiden No. 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional yang menetapkan 5% konsumsi energi berasal dari nabati [3].

Sektor perkebunan memiliki peranan penting dalam mengatasi masalah energi. Tanaman aren (*Arenga pinnata* MERR) menghasilkan nira yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku potensial untuk diolah menjadi bioetanol. Pengolahan nira dari tanaman aren yang dilakukan oleh masyarakat di Flores, Nusa Tenggara Timur (NTT) didahului dengan cara fermentasi nira selama 2-3 hari, dan selanjutnya dilakukan penyulingan dengan alat sederhana. Kadar etanol yang dihasilkan dari proses pengolahan ini bervariasi dari kadar 20 hingga 40%. Masyarakat di NTT mengenal produk penyulingan ini sebagai minuman tradisional yang diberi nama Moke atau Sopi [4].

Kadar bioetanol yang terdapat dalam Moke masih tergolong rendah jika ingin digunakan sebagai bahan bakar (*biofuel*). Campuran etanol-air yang bersifat azeotrop merupakan kendala utama dalam pembuatan bioetanol dengan kemurniaan tinggi [5]. Beberapa metode yang telah dikembangkan pada proses pemurnian alkohol di antaranya yaitu *heterogeneous azeotropic distillation*, *extractive distillation* [6], *ion exchange resin*, dan metode adsorpsi [7]. Semua metode ini telah diaplikasikan di industri, dan beberapa di antaranya sudah tidak digunakan lagi karena biaya yang dikeluarkan tinggi, teknik operasional yang tidak mudah, serta penggunaan pelarut lain seperti benzena yang pada akhir pemurnian dapat bercampur dengan bioetanol. Oleh karena itu, pemurnian bioetanol dari Moke/Sopi memerlukan suatu metode yang tepat. Teknik adsorpsi adalah salah satu metode yang sederhana dan sangat efisien. Proses adsorpsi memerlukan adanya

adsorben yang dapat mengimobilisasi air yang terkandung dalam bioetanol. Beberapa kriteria adsorben, seperti: besarnya daya serap terhadap solut, tidak larut dalam cairan sampel, mudah di dapat dan relatif murah ditemukan pada zeolit alam [8].

Adsorben yang umum dimanfaatkan dalam proses dehidrasi air dari bioetanol adalah zeolit, baik itu zeolit alam maupun zeolit sintetis. Zeolit merupakan mineral yang terbentuk dari kumpulan tetrahedral TO_4 ($T = Al, Si$) yang terhidrasi dalam logam-logam alkali dan alkali tanah [9]. Pada tahun 2012, [10] melaporkan bahwa cadangan zeolit alam yang terdapat di kabupaten Ende – NTT sebesar 20 juta ton. Cadangan yang cukup besar tersebut seharusnya dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk keperluan di bidang energi dan lingkungan. Zeolit alam masih mengandung pengotor-pengotor dalam bentuk oksida logam dan luas permukaannya yang rendah sehingga diperlukan perlakuan aktivasi untuk meningkatkan kemampuan adsorpsinya [11]. Aktivasi zeolit alam secara kimia dilakukan dengan dengan penambahan asam maupun basa untuk meningkatkan daya adsorpsi air [12]. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian efektifitas zeolit alam asal Ende-NTT sebagai adsorben air untuk pemurnian bioetanol berbahan baku Moke (minuman tradisional masyarakat Flores – NTT).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah adsorben zeolit alam Ende – NTT, Moke (minuman tradisional Flores), dan NaOH (Merck). Alat-alat yang digunakan adalah peralatan gelas, tanur, oven, *shaker*, serta instrumen berupa: pengujian kadar bioetanol diukur menggunakan GC (*Gas Chromatography*), karakterisasi zeolit menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*), untuk mengetahui morfologi kristal zeolit menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*).

2.2 Metode

2.2.1 Preparasi Zeolit Alam

Zeolit alam yang diambil dalam bentuk bongkahan dihaluskan hingga lolos ayakan 200 mesh, dicuci dengan akuades, dan selanjutnya dikeringkan pada suhu 110°C. serbuk halus zeolit yang diperoleh tersebut disimpan dalam desikator untuk penggunaan selanjutnya.

2.2.2 Aktivasi Zeolit Alam

100 gram zeolit alam ditambahkan larutan NaOH pada berbagai konsentrasi. Campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 3 jam, selanjutnya dibilas dengan akuades hingga diukur pH campuran netral dan dikeringkan dalam tanur pada suhu 300°C.

2.2.3 Karakterisasi Zeolit Alam

Struktur zeolit alam Ende dan jenisnya sebelum dan sesudah aktivasi dianalisis dengan menggunakan instrumen difraksi sinar-X (XRD). Morfologi permukaan zeolit alam sebelum dan sesudah diaktivasi dianalisis menggunakan SEM.

2.2.4 Distilasi Moke

Moke dipanaskan di atas *hot plate* yang diatur pada suhu 170°C dan suhu sampel Moke dijaga tetap pada suhu 78°C. Kondensat yang ditampung diukur menggunakan GC untuk mengetahui konsentrasi bioetanol untuk penggunaan selanjutnya.

2.2.5 Pemisahan Campuran Etanol-Air

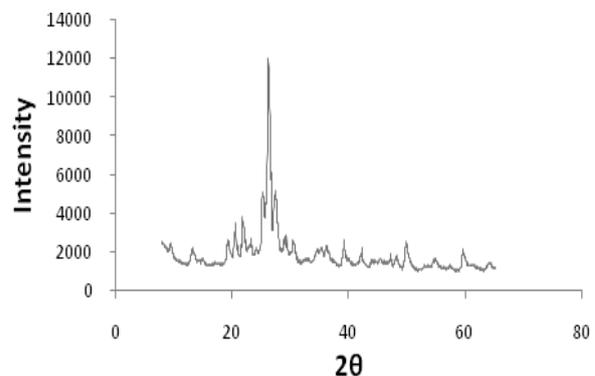
Sebanyak 5 g zeolit yang telah diaktivasi ditambahkan dengan 100 mL larutan bioetanol umpan, kemudian dikocok dengan menggunakan shaker selama 12 jam. Selanjutnya disaring dan filtrate bioetanol diukur konsentrasinya menggunakan instrumen GC.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Zeolit Alam Teraktivasi

Banyaknya kandungan oksida logam dan air yang terkandung dalam zeolit alam menyebabkan kemampuan adsorpsinya

rendah. Dengan demikian, untuk memperbaiki kelemahan tersebut zeolit alam yang akan digunakan terlebih dahulu mengalami proses preparasi. Preparasi dilakukan dengan mengubah ukuran bongkahan zeolit alam menjadi serbuk halus yang lolos ayakan 200 mesh. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan kontak sehingga jumlah sisi adsorpsinya lebih besar [13]. Tahap pencucian dan pemanasan bertujuan untuk menghilangkan uap air dan pengotor yang berpotensi menutup pori zeolit. Difraktogram hasil analisis zeolit alam sebelum diaktivasi ditampilkan pada Gambar 1.

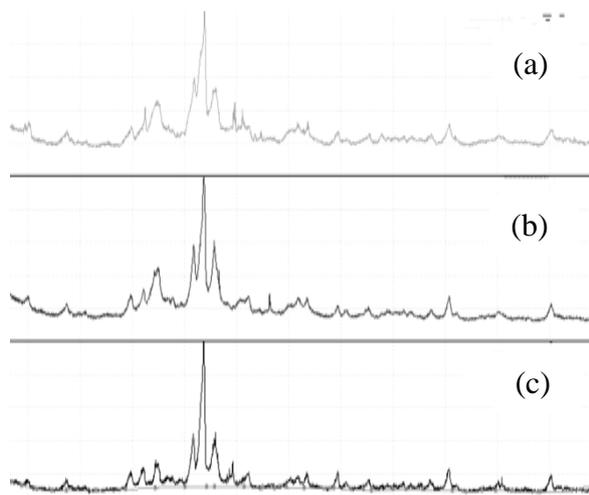


Gambar 1. Difraktogram Zeolit Alam Ende

Gambar 1 menunjukkan bahwa jenis zeolit alam Ende adalah campuran klinoptilolit dan mordenit. Hal ini dibuktikan oleh puncak-puncak karakteristik pada data JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standard*) dengan intensitas tinggi yang muncul pada sudut 25.60°, 26.25°, dan 27.67° untuk mordenit, serta intensitas pencirian klinoptilolit muncul pada sudut 9.74°, 13.38°, dan 29.07°. Puncak-puncak dengan intensitas tertinggi dimiliki oleh mordenit hal ini mengindikasikan bahwa mordenit merupakan jenis zeolit alam dengan kelimpahan besar dibandingkan klinoptilolit di Ende.

Proses aktivasi kimia dilakukan dengan penambahan larutan NaOH pada berbagai konsentrasi. Perlakuan ini bertujuan untuk

menghilangkan pengotor berupa oksida-oksida logam dan uap air yang berpotensi menutup permukaan pori zeolit. Selain itu, aktivasi kimia juga memicu pembentukan senyawa silikat yang dapat memaksimalkan kriteria zeolit sebagai adsorben [14]. Gambar 2 menunjukkan difraktogram zeolit alam Ende (a) tanpa perlakuan; (b) perlakuan NaOH 0,5 M; (c) perlakuan NaOH 3,0 M.

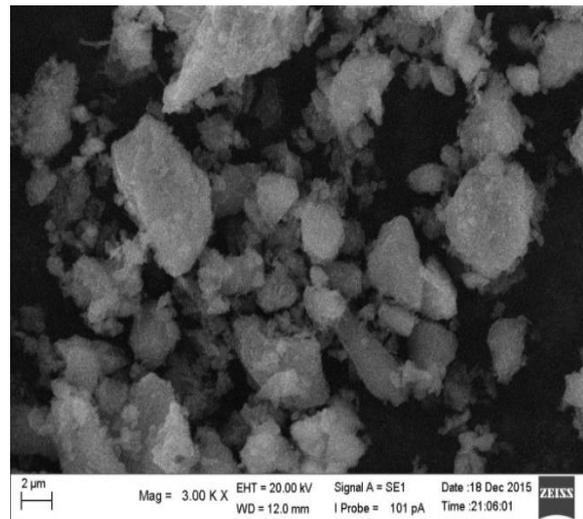


Gambar 2. Difraktogram XRD zeolit teraktivasi NaOH

Ketahanan struktur zeolit hingga aktivasi menggunakan NaOH 3,0 M tidak mengubah puncak-puncak difraktogram secara signifikan. Zeolit alam relatif stabil dikarenakan banyaknya kandungan oksida logam dalam struktur zeolit yang berperan dalam memberikan ketahanan pada struktur dasar zeolit alam.

Analisis SEM

Morfologi partikel kristal zeolit diamati dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada perbesaran 3000x. Gambar 3 menunjukkan morfologi permukaan zeolit alam Ende. Menurut [15] indikasi zeolit alam berdasarkan pengamatan SEM ditunjukkan dengan material berupa susunan lembaran pipih berbentuk seperti batangan dengan susunan acak dan menumpuk.



Gambar 3. Morfologi permukaan zeolit alam

Proses Adsorpsi dan Analisis Kadar Bioetanol dengan Kromatografi Gas

Campuran bioetanol dan air dapat dipisahkan dengan teknik adsorpsi. Adsorpsi merupakan proses terjerapnya suatu zat (molekul atau ion) pada permukaan adsorben. Adsorben pada umumnya merupakan zat padat yang berongga seperti zeolit. Untuk mendapatkan kemurnian etanol yang optimal maka pada penelitian ini dilakukan tahapan aktivasi terhadap adsorben zeolit alam yang berpotensi untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang menutup permukaan zeolit.

Moke Flores yang diambil dari masyarakat dan belum mendapat perlakuan distilasi mengandung kadar bioetanol sebesar 35,69%. Selanjutnya untuk mengurangi kadar air yang terdapat di dalam Moke dilakukan proses distilasi tunggal dan didapatkan hasil pengukuran kemurnian bioetanol menjadi 86,37%. Selanjutnya proses adsorpsi untuk memisahkan kandungan air-bioetanol menggunakan zeolit alam Ende-NTT yang telah diaktivasi dapat meningkatkan kadar bioetanol sebesar 0,92 – 1,35%, sedangkan dengan penggunaan zeolit alam tanpa aktivasi kimia hanya 0,32% sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis pengukuran kemurnian bioetanol menggunakan GC

Aktivasi zeolit	Kadar bioetanol (%)		%Peningkatan kadar bioetanol
	awal	akhir	
NaOH 0 M	86,37	86,69	0,32
NaOH 0,5 M	86,37	87,29	0,92
NaOH 1,5 M	86,37	87,55	1,18
NaOH 3,0 M	86,37	87,72	1,35

Proses aktivasi terhadap zeolit alam mampu meningkatkan kadar bioetanol. Persen peningkatan kadar bioetanol tertinggi dihasilkan oleh zeolit alam yang diaktivasi menggunakan NaOH 3 M. Hal ini disebabkan tingginya konsentrasi NaOH berperan penting dalam melarutkan Si untuk membentuk natrium silikat sehingga struktur zeolit menjadi lebih negatif [16].

Proses aktivasi zeolit alam dapat meningkatkan kapasitas penyerapan air pada bioetanol karena perlakuan aktivasi tersebut juga menghilangkan unsur-unsur pengotor seperti oksida-oksida logam, menghilangkan kandungan air yang terperangkap dalam zeolit serta dapat mengubah struktur zeolit. Kapasitas penyerapan zeolit alam berhubungan dengan 2 faktor utama, yaitu: 1) luas permukaan dan ukuran pori zeolit; 2) rasio Si/Al yang terdapat dalam zeolit [17].

Secara umum, kemampuan adsorpsi zeolit teraktivasi basa mampu meningkatkan kadar bioetanol pada kisaran 0,92 – 1,35%. Kemampuan zeolit alam Ende teraktivasi basa telah mampu memisahkan campuran bioetanol-air hingga kadar kemurnian 86,37%. Walaupun demikian, hasil pemurnian sampel zeolit alam belum mampu untuk meningkatkan kadar bioetanol pada Moke menjadi di atas 99,5%.

Luas permukaan zeolit yang semakin besar akan menyebabkan kemampuan zeolit untuk menyerap zat (molekul/ion) akan semakin baik. Hal ini terjadi karena adanya interaksi yang lebih luas antara adsorben dan adsorbat. Ukuran pori yang baik untuk proses dehidrasi bioetanol adalah yang memiliki ukuran pori yang paling kecil yang disesuaikan dengan ukuran molekul air dan

bioetanol yang akan dipisahkan. Pada penelitian ini, distribusi luas permukaan dan volume pori zeolit berpengaruh pada penyerapan zeolit terhadap molekul air yang terkandung di dalam campuran bioetanol.

4. KESIMPULAN

Zeolit alam yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Ende – Nusa Tenggara Timur. Berdasarkan data XRD dan SEM zeolit alam Ende adalah zeolit tipe campuran mordenit dan klinoptilolit. Seluruh zeolit yang mengalami perlakuan aktivasi kimia menggunakan NaOH pada berbagai konsentrasi memberikan pengaruh terhadap pemurnian bioetanol. Kandungan awal bioetanol pada minuman Moke adalah 35,69%, dan perlakuan distilasi dapat meningkatkan kadarnya menjadi 86,37%. Hasil terbaik dari proses adsorpsi air dalam campuran dengan menggunakan zeolit alam Ende – NTT teraktivasi NaOH 3,0 M yang dibuktikan dengan peningkatan bioetanol sebesar 1,35% (menjadi 87,72%).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun 2019, LPPM Universitas Flores yang memberikan dukungan dan kesempatan sehingga penelitian ini dapat terlaksana, serta Poltekkes Kemenkes Jakarta II Jurusan Analisa Farmasi dan Makanan yang telah memfasilitasi proses penelitian di Laboratorium Penelitian Anafarma.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Novitasari, Pemurnian bioetanol menggunakan proses adsorpsi dengan adsorbent zeolit, *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, vol. 1, no. 1, hal. 534-539, 2012.

- [2] S. Karimi, B. Ghobadian, M. R. Omidkhan, J. Towfighi, M. T. Yarak, Experimental investigation of bioethanol liquid phase dehydration using natural clinoptilolite, *Journal of Advanced Research*, Vol. 7, no. 1, hal. 435-444, 2016.
- [3] D. S. Effendi, Prospek pengembangan tanaman aren (*Arenga pinnata* MERR) mendukung kebutuhan bioetanol di Indonesia, *Perspektif*, vol. 9, no. 1, hal. 36-46, 2010.
- [4] A. Detha, F. U. Datta, Antibacterial activity of sopi on farms, *Seminar Nasional ke-4 Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Nusa Cendana*. Kupang, 2016.
- [5] H. Handrian, W. B. Sediawan, A. Midaryani, Adsorpsi air dari campuran uap etanol-air dengan zeolit sintetis 4A pada packed bed dalam rangka produksi fuel grade ethanol, *Jurnal Rekayasa Proses*, vol. 11, no. 2, hal. 68-77, 2017.
- [6] A. A. Wibowo, C. E. Lusiani, R. R. Ginting, D. Hartanto, Simulasi CHEMCHAD: Studi kasus distilasi ekstraktif pada campuran terner n-propil asetat/n-propanol/air, *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, vol. 2, no. 2, hal. 75-83, 2018.
- [7] H. Lv, Y. Sun Y, M. Zhang, Z. Geng, M. Ren, Removal of acetic acid from fuel ethanol using ion-exchange resin, *Energy Fuels*, vol. 26, no. 12, hal. 7299-7307, 2012.
- [8] Y. D. Ngapa, S. Sugiarti, Z. Abidin, Hydrothermal transformation of natural zeolite from Ende-NTT and its application as adsorbent of cationic dye, *Indonesian Journal of Chemistry*, vol. 16, no. 2, hal. 138-143, 2016.
- [9] M. Gougazeh, J. C. Buhl, Synthesis and characterization of zeolite A by hydrothermal transformation of natural Jordanian kaolin, *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Science*, vol. 15, hal. 35-42, 2014.
- [10] Y. Arryanto, S. Suwardi, H. Husaini, T. Affandi, S. Amini, M. Al-Jabri, P. Siagian, D. Setyorini, A. Rahman, Y. Pujiastuti, Zeolit dan masa depan bangsa: Imperium Pr-Yogyakarta, 2012.
- [11] Y. D. Ngapa, Kajian pengaruh asam-basa pada aktivasi zeolit dan karakterisasinya sebagai adsorben pewarna biru metilena, *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, vol. 2, no. 2, hal. 90-96, 2017.
- [12] H. Hernawan, S. K. Wahono, R. Maryana, D. Pratiwi, Modification of Gunungkidul natural zeolite as bioethanol dehydrating agents, *Energy Procedia*, vol. 65, hal. 116-120, 2015.
- [13] Z. V. Parast, H. Asilian, A. J. Jafari, Adsorption of xylene from air by Iranian natural zeolite, *Health Scope.*, vol. 3, no. 3, hal. 1-8, 2014.
- [14] X. Wang, O. Ozdemir, M. Hampton, A. V. Nguyen, D. Duong, The effect of zeolite treatment by acid on sodium adsorption ratio of coal seam gas water, *Water Research*, vol 46, no. 16, hal. 5247-5254, 2012.
- [15] N. Manzouri, N. Rikhtegar, H. A. Panahi, F. Atabi, K. Shahraki, Porosity, characterization and structural properties of natural zeolite clinoptilolite as a sorbent, *Porosity*, vol. 39, hal. 139-152, 2013.

- [16] E.B.G. Johnson, S. E. Arshad, Hydrothermally synthesized zeolites based on kaolin: A review, *Applied Clay Science*, vol. 98, hal. 215-221, 2014.
- [17] M. Djaeni, L. Kurniasari, A. Purbasari, S. B. Sasongko, Activation of natural zeolite as water adsorbent for mixed-adsorption drying, *Proceeding of the 1st International Conference on Materials Engineering (ICME) and 3rd Regional Conference on Material (RCM)*, November 25-26, Yogyakarta-Indonesia, 2010.