

Dehidrasi Etanol Menggunakan Zeolit Teraktivasi Irradiasi Lampu Sinar Ultraviolet (*UV Light*) pada Kolom *Fixed Bed*

M. Praditia Anzor¹, Simparmin Br. Ginting¹, Muhammad Haviz¹, dan Darmansyah¹

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

praditia25anshor@gmail.com, Simparmin@gmail.com, muhammadhaviz@eng.unila.ac.id,

Darmansyah82@gmail.com

Abstrak

Untuk mendapatkan kemurnian etanol >99,5% diperlukan metode adsorpsi menggunakan Zeolit Alam Lampung (ZAL). Agar dapat digunakan sebagai adsorben zeolit harus dilakukan aktivasi dengan menggunakan irradiasi lampu sinar ultraviolet *germicidal lamp* 254 nm, *black light lamp* 360 nm dan *insect lamp* 546 nm. Hasil uji karakteristik BET didapatkan luas permukaan zeolit non-treatment 41,331 m²/g, *germicidal lamp* 41,158 m²/g, *black light lamp* 40,399 m²/g dan *insect lamp* 38,796 m²/g. Total volume pori terbesar didapat dari zeolit aktivasi sinar uv *germicidal lamp* 0,0690 cc/gram dan ukuran rata-rata pori terdapat pada zeolit aktivasi *insect lamp* 35,57 Å. Setelah diaktivasi zeolit dibentuk pellet menggunakan binder dari tepung terigu dengan komposisi 35% berat zeolit, kemudian zeolit di kalsinasi untuk menghilangkan binder yang masih melekat dan membuka pori yang tertutup binder. Hasil yang diperoleh di dehidrasi etanol untuk meningkatkan kemurnian dengan menggunakan zeolit yang teraktivasi sinar uv *germicidal lamp* 98,69% v/v selama 45 menit, *black light* dan *insect lamp* 98,69% v/v selama 55 menit.

Kata kunci: Zeolit Alam Lampung (ZAL), Aktivasi, UV, Karakteristik, Adsorpsi

Abstract

To obtain ethanol purity >99.5%, an adsorption method using Lampung Natural Zeolite (ZAL) is needed. In order to be used as a zeolite adsorbent, activation must be carried out using UV light lamp irradiation *germicidal lamp* 254 nm, *blacklight lamp* 360 nm and *insect lamp* 546 nm. The results of the BET characteristic test showed that the surface area of the non-treated zeolite was 41,331 m²/g, the *germicidal lamp* was 41,158 m²/g, the *black light lamp* was 40,399 m²/g and the *insect lamp* was 38,796 m²/g. The largest total pore volume was obtained from UV *germicidal lamp* activated zeolite 0.0690 cc/gram and the average pore size was found in *insect lamp* activated zeolite 35.57. After the activation of the zeolite, pellets were formed using a binder from wheat flour with a composition of 35% by weight of zeolite, then the zeolite was calcined to remove the binder that was still attached and opened the pores that were closed by the binder. The results obtained were dehydrated ethanol to increase purity using zeolite activated by UV *germicidal lamp* 98.69% v/v for 45 minutes, *blacklight* and *insect lamp* 98.69% v/v for 55 minutes.

Keywords: Lampung Natural Zeolite (ZAL), Activation, UV, Characteristic, Adsorption.

1. Pendahuluan

Di masa yang akan datang kebutuhan akan energi semakin besar, terutama energi bahan bakar terbarukan sebagai pengganti bahan bakar minyak (BBM) yang ada saat ini. Salah satu bahan bakar pengantinya ialah etanol. Dalam penggunaannya sebagai pengganti bahan bakar, etanol yang dapat digunakan mempunyai spesifikasi tertentu berupa kadar kemurniannya >99,5% (*fuel grade*), kenyataannya etanol yang banyak diproduksi dan dipasarkan saat ini mempunyai kemurnian sebesar 95-96% (Handrian, dkk, 2017).

Menurut Nurdyastuti, 2005 untuk meningkatkan kemurniannya dapat dilakukan melalui proses adsorpsi (dehidrasi). Proses adsorpsi dapat dilakukan menggunakan zeolit sebagai *molecular sieve adsorben*. Agar dapat dijadikan sebagai adsorben, zeolit perlu dilakukan aktivasi dalam upaya meningkatkan luas permukaannya agar permukaan kontak adsorpsi menjadi lebih luas. Memperbesar luas permukaan zeolit, volume pori serta mengetahui karakteristik lainnya, dapat dilakukan dengan ada beberapa metode yang biasa digunakan yaitu dengan cara fisika dan kimia. Cara fisika yang umum digunakan adalah dengan kalsinasi (pemanasan) pada suhu 450 °C – 500 °C, dan secara kimia menggunakan zat kimia seperti HCl, H₂SO₄, KCl, HCN dsb. (Slamet, dkk 2018)

Dalam penelitian ini zeolit yang digunakan adalah Zeolit Alam Lampung (ZAL) yang diaktivasi dengan menggunakan proses fisika berupa proses irradiasi lampu sinar ultraviolet (Sinar UV). Pada dasarnya irradiasi lampu sinar uv mampu memperbesar luas permukaan suatu benda padat, Irradiasi tersebut memancarkan sinar yang

Info Makalah:

Dikirim : 03-04-22;

Revisi 1 : 03-31-22;

Revisi 2 : 04-18-22;

Diterima : 04-19-22.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-813-7393-4522

e-mail : praditia25anshor@gmail.com

mempunyai panjang gelombang 254 sampai 546 nm. Gelombang elektromagnetik tersebut mampu menembus pori-pori (irradiasi) permukaan suatu benda padat yang akan mengenai elektron-elektron bebas atau pengotor pada benda tersebut, sehingga elektron-elektron bebas atau pengotor tersebut dapat terlepas dari struktur utamanya dan menghasilkan karakteristik yang baru. (Setyawan, dkk. 2017; Deepak, dkk. 2009).

Proses ini bertujuan untuk memperbesar luas permukaan, volume pori dan mengetahui karakteristik lainnya. Diharapkan zeolit mempunyai karakteristik baru yang efektif berfungsi sebagai *adsorben* dalam menyerap air pada larutan etanol untuk mencapai kemurnian yang diinginkan sebagai standar *fuel grade*.

2. Metode

Berikut merupakan bahan dan alat serta metode yang digunakan dalam penelitian ini :

2.1 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah etanol 96 % v/v, Zeolit Alam Lampung (ZAL) 200 mesh, aquades, tepung terigu. Bahan baku Zeolit Alam Lampung diperoleh dari CV. Mina Tama Bandar Lampung. Adapun alat penelitian yang digunakan antara lain lampu sinar ultraviolet, kotak aktivator, kolom adsorber, gelas beaker, neraca analitik, desikator, pompa peristaltik, labu leher tiga, alumunium foil, cawan silika, mortar dan alung, *screening* 200 mesh, oven, dan furnace.

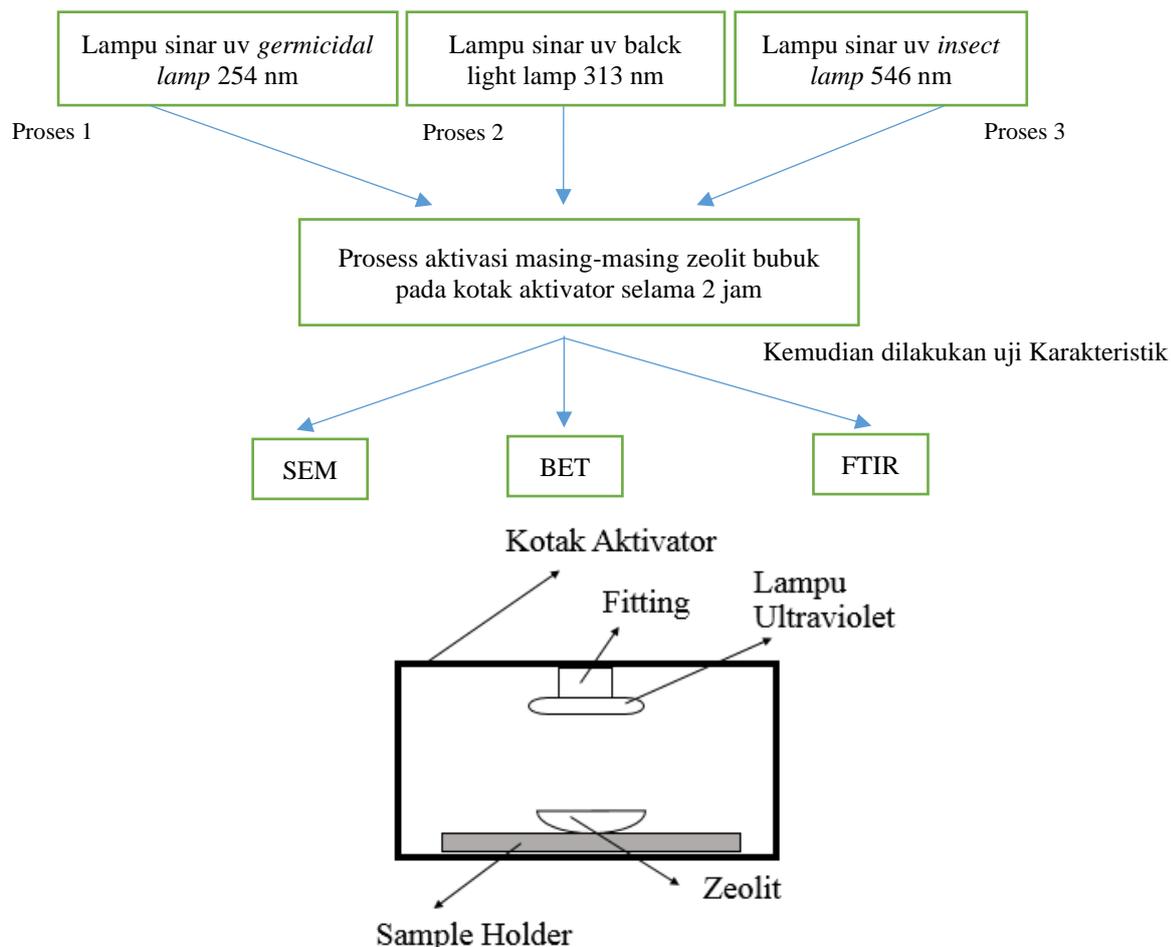
2.2 Metode Percobaan

2.2.1 Penghilangan Air Permukaan

Proses pertama yang dilakukan adalah memperkecil ukuran partikel zeolit menjadi serbuk zeolit dengan ukuran 200 mesh setelahnya dilakukan penghilangan air permukaan pada Zeolit Alam Lampung dengan menggunakan oven pada suhu 105 °C selama 2 jam.

2.2.2 Proses Aktivasi Zeolit

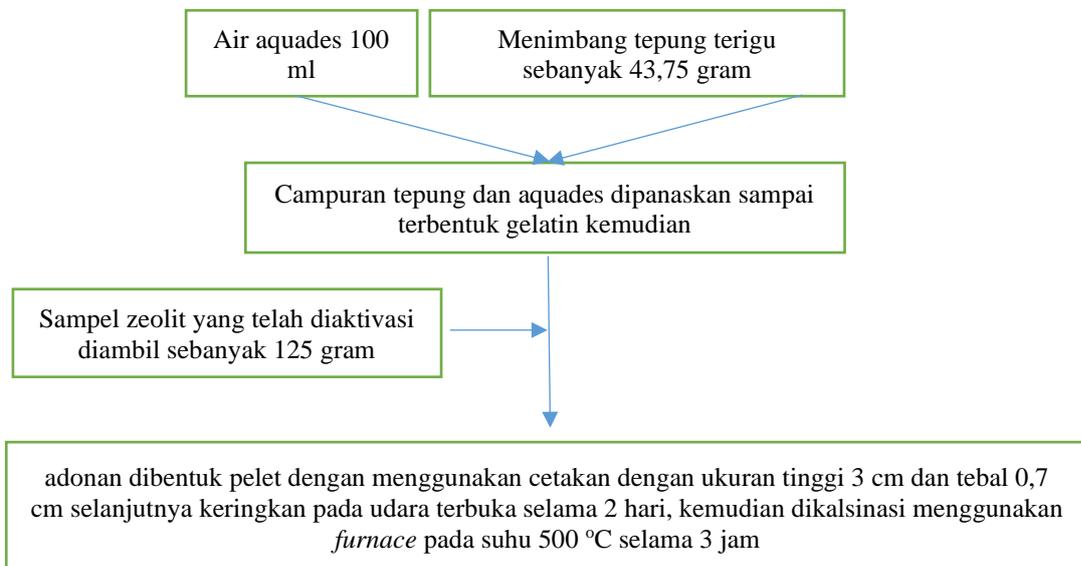
Setelah penghilangan air permukaan selanjutnya masing-masing serbuk zeolit diaktivasi didalam kotak aktivator dengan menggunakan lampu sinar ultraviolet, berikut metode aktivasi serbuk zeolit, proses aktivasi zeolit dengan sinar uv dijelaskan pada gambar 1:



Gambar 1. Aktivasi Zeolit Menggunakan Sinar UV dalam Kotak Aktivator

2.2.3 Proses Pembuatan Pelet Zeolit

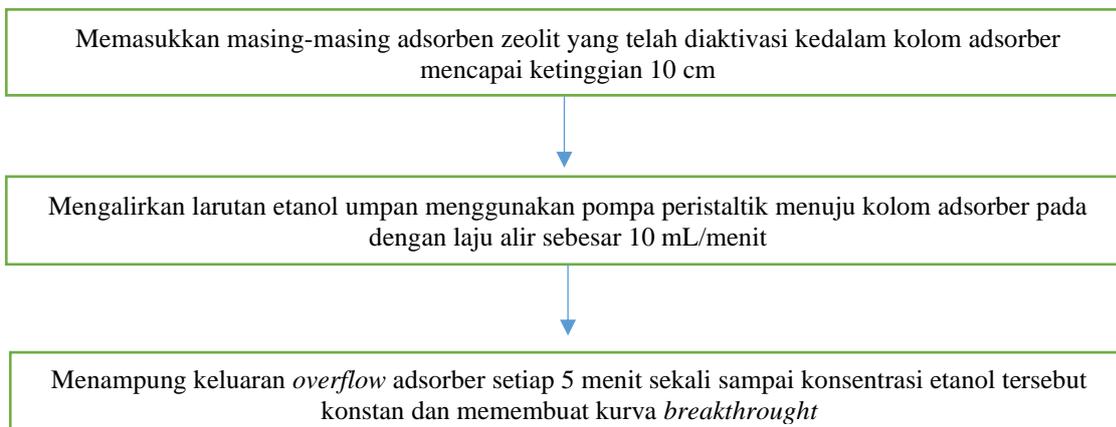
Kemudian di lakukan pembuatan zeolit dengan metode sebagai berikut:



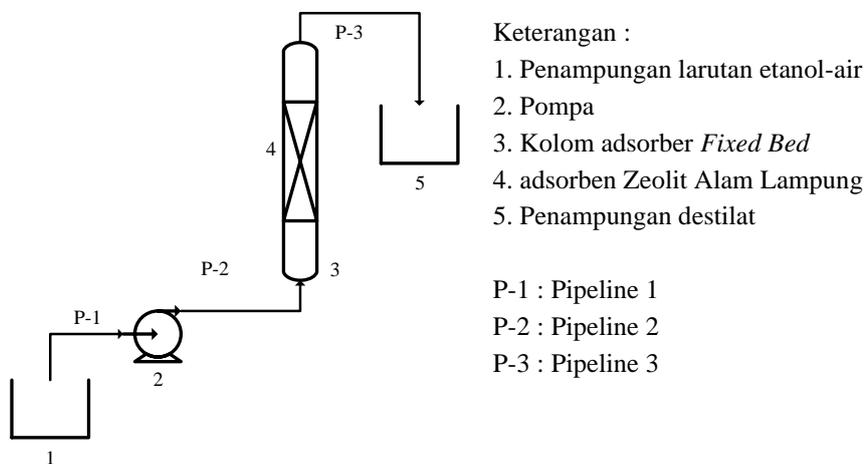
Gambar 2. Skematik Pembuatan Pelet Zeolit

2.2.4 Proses Adsorpsi Larutan Etanol

Setelah dilakukan pembentukan pelet, selanjutnya pelet zeolit digunakan dalam proses adsorpsi:



Gambar 3. Skematik Proses Adsorpsi Zeolit Alam Lampung



Gambar 4. Rangkaian Percobaan Proses Adsorpsi

3. Hasil dan Pembahasan

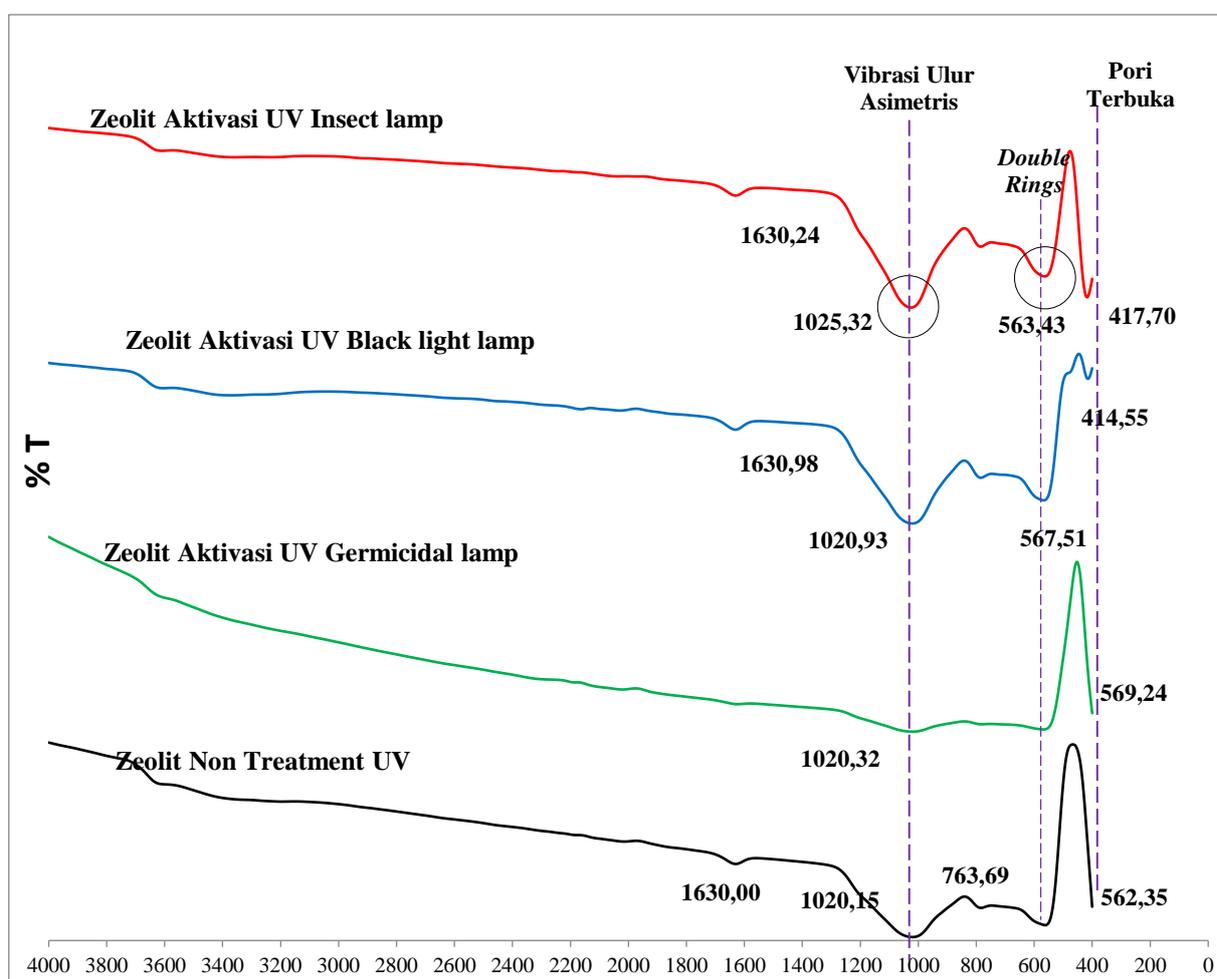
Hasil uji FTIR, BET dan SEM dan pembahasan disajikan seperti berikut :

3.1 Karakteristik *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Vibrasi yang digunakan untuk identifikasi adalah vibrasi tekuk, khususnya vibrasi *rocking* (goyangan), yaitu yang berada di daerah bilangan gelombang 2000 – 400 cm^{-1} . Karena di daerah antara 4000 – 2000 cm^{-1} merupakan daerah yang khusus yang berguna untuk identifikasi gugus fungsional. Daerah ini menunjukkan adsorpsi yang disebabkan oleh vibrasi regangan. Sedangkan daerah antara 2000 – 400 cm^{-1} sering kali sangat rumit, karena vibrasi regangan maupun bengkokan mengakibatkan absorpsi pada daerah tersebut.

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil uji FTIR didapatkan data pada gambar 5, yang kemudian diinterpretasikan dengan data karakteristik pada zeolit yang terdapat pada tabel 1 menunjukkan adanya spektrum yang tersetap oleh zeolit sehingga memunculkan puncak (*peak*) pada grafik. Puncak tersebut mengindikasikan beberapa gugus fungsi yang memiliki daya penyerapan yang berbeda.

Jika dilihat secara keseluruhan zeolit yang diaktivasi dengan *germicidal lamp* merupakan zeolit yang memiliki persen serapan yang paling dalam diantara zeolit aktivasi lainnya, hal ini mengindikasikan bahwa zeolit ini mempunyai daerah penyerapan gelombang yang lebih luas dibandingkan dengan zeolit lainnya karena pada dasarnya penggunaan lampu *germicidal* ini digunakan untuk mematikan bakteri atau mikroorganisme yang lebih kecil dibanding memenerasi pori zeolit dengan cara merusak bagian DNA dari bakteri tersebut. (Kowalski, 2009; Miller, Linnes. 2013 dan Florea, BrA, Tucu. 2012)



Gambar 5. Kurva Uji Karakteristik FTIR Zeolit Alam Lampung

Tabel 1. Karakteristik FTIR pada Zeolit

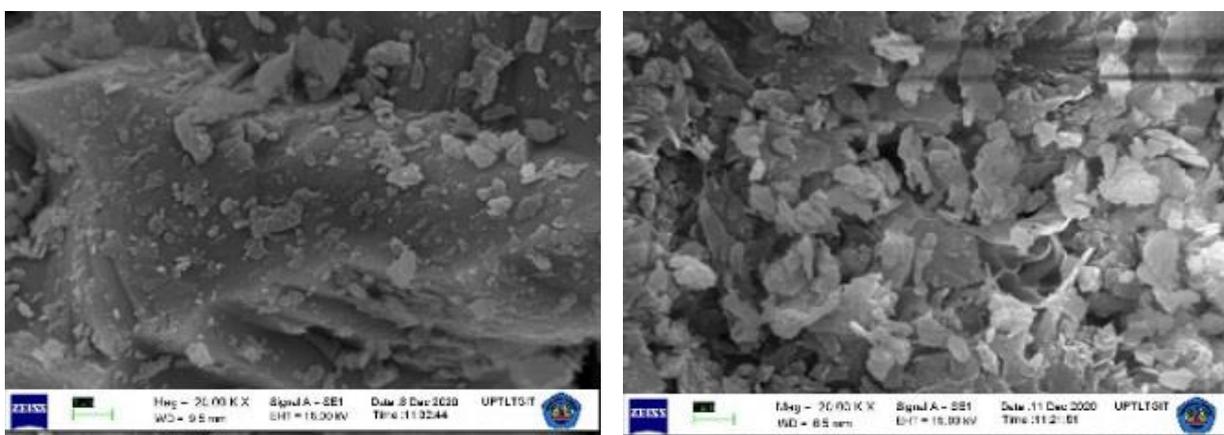
No	Nama	Panjang Gelombang (cm ⁻¹)	Keterangan
1.	Pore Opening	420 – 300	
2.	Vibrasi tekuk	500 - 420	SiO AlO
3.	Vibrasi Ulur Asimetris	900 - 1250	O – Si – O O – Al – O
4.	Vibrasi Ulur Simetris	650 - 850	OSiO OAlO
5.	Vibrasi Double Ring	500 - 650	(D ₄ R)
6.	Ikatan tetrahedral	300 – 1300	SiO ₄ ⁴⁻ dan AlO ₄ ⁵⁻
7.	Vibrasi Tekuk -OH	1600 - 3700	Si-OH

(Sumber :Santi K, 2010, Marwan F. dkk dan Mazur dkk., 2014)

Selain itu, pada gambar serapan pita menunjukkan adanya puncak pada panjang gelombang yang terdapat pada zeolit *non-treatment* 1630,00 cm⁻¹, *black light lamp* 1630,98 cm⁻¹ dan *Insect lamp* 1630,24 cm⁻¹ hal ini menyatakan keberadaan gugus -OH dengan ditandai oleh adanya gugus vibrasi tekuk Si-OH sedangkan pada *germicidal lamp* tidak ada. Pada spektrum zeolit *non-treatment* terdapat pada puncak 1020,15 cm⁻¹ yang berarti terdapat vibrasi ulur asimetris O – Si – O atau O – Al – O, kemudian pada puncak 783,69 cm⁻¹ terdapat vibrasi ulur simetris OSiO atau OAlO dan pada puncak 562,35 cm⁻¹ terdapat vibrasi *double ring* (D₄R). Pada spektrum zeolit aktivasi *germicidal lamp* terdapat pada puncak 1020,32 cm⁻¹ yang berarti terdapat vibrasi ulur asimetris gugus O – Si – O atau O – Al – O, kemudian pada puncak 781,15 cm⁻¹ terdapat vibrasi ulur simetris gugus OSiO atau OAlO dan pada puncak 569,24 cm⁻¹ terdapat vibrasi *double ring* (D₄R). Disamping itu pada zeolit yang diaktivasi menggunakan UV *black light lamp* memiliki karakteristik yang sama dengan zeolit yang diaktivasi dengan *germicidal lamp*, namun meskipun secara vibrasi cenderung sama tetapi secara penyerapan puncaknya berbeda antara lain, pada puncak 1020,95 cm⁻¹ terdapat vibrasi ulur asimetris gugus O – Si – O atau O – Al – O, kemudian pada puncak 784,38 cm⁻¹ terdapat vibrasi ulur simetris gugus OSiO atau OAlO dan pada puncak 567,51 cm⁻¹ terdapat vibrasi *double ring* (D₄R) dan juga pada puncak 414,55 cm⁻¹ terdapat vibrasi *pore opening* yang berarti bahwa pori-pori zeolit mulai terbuka dan pengotor mulai terdegradasi. Pada aktivasi zeolit menggunakan *insect lamp* pada puncak 1025,32 cm⁻¹ terdapat vibrasi ulur asimetris gugus O – Si – O atau O – Al – O, kemudian pada puncak 784,54 cm⁻¹ terdapat vibrasi ulur simetris gugus OSiO atau OAlO dan pada puncak 568,43 cm⁻¹ terdapat vibrasi *double ring* (D₄R) dan juga pada puncak 417,70 cm⁻¹ terdapat vibrasi *pore opening* yang berarti bahwa pori-pori zeolit mulai terbuka dan pengotor mulai terdegradasi.

3.2 Karakteristik Scanning Electron Microscopy (SEM)

Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 6 (A) terlihat bahwa permukaan zeolit yang digunakan sebagai bahan baku memiliki topografi yang rata dan terdapat padatan-padatan yang menempel pada area permukaannya. Selain itu untuk mengetahui topografi dari zeolit membutuhkan perbesaran yang tinggi yaitu 20.000 X. Hal ini tentunya dapat digunakan sebagai adsorben pada proses dehidrasi etanol, sehingga perlu dilakukan proses aktivasi yang bertujuan untuk membuka pori zeolit tersebut.



(a)

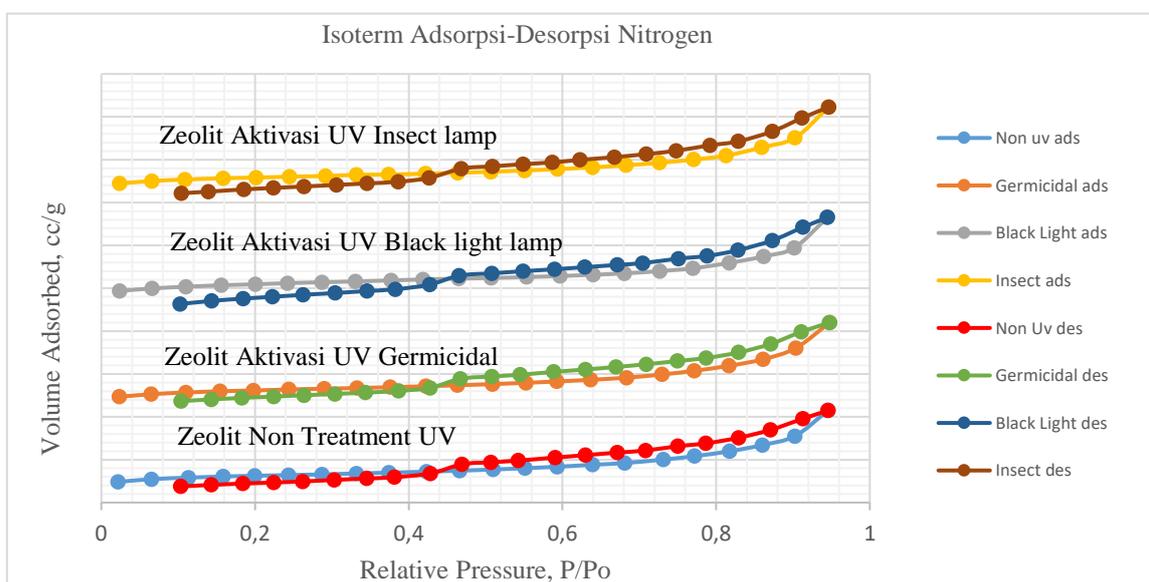
(b)

Gambar 6. Uji Karakteristik SEM Perbesaran 20.000 X (a) ZAL Murni (b) Aktivasi Lampu Sinar UV Germicidal

Pada gambar 6 (B) terlihat bentuk topografi zeolit yang lebih baik dibandingkan dengan gambar 6 (A). Hal ini disebabkan oleh adanya proses aktivasi oleh sinar *ultraviolet* yang diiradiasikan terhadap zeolit. Sinar UV yang digunakan ialah lampu *germicidal* (UV *germicidal lamp*), aktivasi dengan lampu sinar UV ini lebih baik dibandingkan dengan lainnya karena pada dasar penggunaannya digunakan untuk membunuh bakteri dengan cara menghancurkan DNA bakteri tersebut, sehingga ketika diaplikasikan pada aktivasi zeolit lebih mudah menembusi topografi dan struktur zeolit. Terlihat jelas pori-pori yang dihasilkan oleh penetrasi irradiasi yang mengakibatkan terlepasnya ion-ion yang berikatan lemah pada permukaan zeolit. Perbesaran yang digunakan dalam mengidentifikasi topografi Zeolit Alam Lampung tidak terlalu besar yaitu 20.000X. Selain itu penetrasi irradiasi sinar UV juga dapat memutus rantai gugus -OH yang terdapat pada bagian dalam zeolit, sehingga terbentuk ruang/pori yang berfungsi sebagai penyerap bahan yang akan diserap pada proses adsorpsi nantinya. (Santi K, 2010)

3.3 Karakteristik Brunaur, Emmet dan Teller (BET)

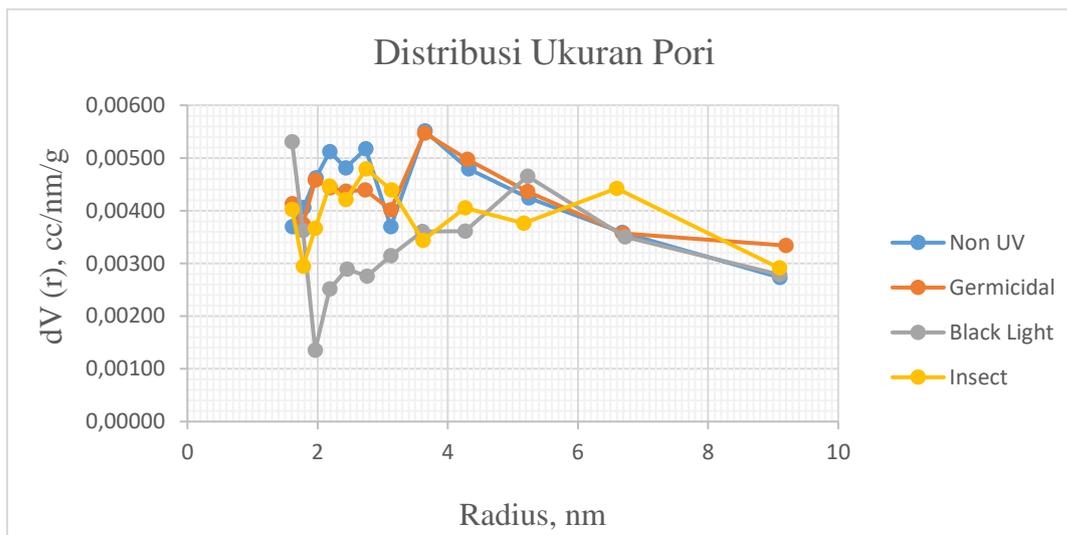
Dalam pengujian karakteristik BET, metode yang digunakan adalah dengan melakukan proses adsorpsi-desorpsi gas nitrogen terhadap sampel berupa zeolit yang nantinya akan di dapatkan hasil pengukuran berupa luas area permukaan, volume pori adsorben dan diameter pori (Ambroz F. dkk, 2018). Pada proses analisa BET ukuran pori dapat diketahui melalui grafik isoterm langmuir yang berdasarkan pada tekanan relatif P/P^0 terhadap volume N_2 per gram sampel (cc/gram). Berikut merupakan hasil analisa isoterm adsorpsi-desorpsi Zeolit Alam Lampung:



Gambar 7. Grafik Isoterm Adsorpsi-Desorpsi Gas Nitrogen

Gambar 7 menunjukkan kemampuan Zeolit Alam Lampung yang telah diaktivasi dalam proses adsorpsi-desorpsi gas nitrogen, hal ini berkaitan dengan kemampuan fisik dari zeolit tersebut berdasarkan luas permukaan kontak, diameter pori dan volume pori. Dari keseluruhan data terlihat proses adsorpsi berlangsung hingga mencapai tekanan relatif P/P^0 sebesar 0,94 torr, dengan tekanan relatif P/P^0 awal adsorpsi pada masing-masing sampel yaitu 0,023 torr dengan volume adsorpsi zeolit *non treatment* 9,62499 cc/g, zeolit aktivasi UV *germicidal lamp* 9,34871 cc/g, zeolit aktivasi UV *blacklight lamp* 8,75930 cc/g dan zeolit aktivasi UV *insect lamp* 8,90977 cc/g. Selama proses adsorpsi gas nitrogen, seluruh sampel zeolit mengalami peningkatan volume adsorpsi, hal ini mengindikasikan bahwa pada masing-masing zeolit memiliki pori yang ukurannya tidak seragam. Setelah mencapai titik tertinggi antara tekanan relatif dan volume adsorpsi, adsorben zeolit mengalami proses desorpsi.

Proses desorpsi merupakan proses pelepasan kembali ion atau molekul yang telah berikatan dengan gugus aktif pada adsorben (Jankowska dkk, 1991). Pada proses desorpsi kurva mengalami penurunan karena adanya pelepasan gas nitrogen pada pori zeolit, secara keseluruhan proses desorpsi mengalami penurunan hingga tekanan 0,104 torr pada masing-masing sampel dengan volume desorpsi zeolit *non treatment* 7,5130 cc/g, zeolit aktivasi UV *germicidal lamp* 7,33119 cc/g, zeolit aktivasi UV *black light lamp* 2,67049 cc/g dan zeolit aktivasi UV *insect lamp* 4,32981 cc/g. Selama proses adsorpsi-desorpsi terjadi terdapat titik percabangan (histeris). Percabangan tersebut diakibatkan oleh fenomena kondensasi kapiler yang terjadi didalam pori material, kondensasi yang tertunda mengakibatkan adsorpsi yang bercabang dan membuat *loop* histerisis. Hal ini dapat terjadi karena tidak adanya kesetimbangan termodinamika yang tercapai selama proses adsorpsi berlangsung (Thommes, 2015).



Gambar 8. Grafik Distribusi Ukuran Pori

Berdasarkan gambar 8 diatas menunjukkan bahwa distribusi ukuran pori pada Zeolit Alam Lampung terjadi persebaran secara tidak merata, pada sebagian besar pori yang terdapat zeolit masih tergolong dalam mikropori dan mesopori. Pada sampel Zeolit Alam Lampung yang diaktivasi dengan sinar UV *black light lamp* terdapat volume pori yang kecil yaitu $dV = 1,352 \times 10^{-3}$ dengan diameter sebesar 1,96474 nm. Sedangkan pada data diameter 2-9 nm memiliki diameter yang besar dan volume pori yang besar juga. Hal ini berarti semakin besar ukuran volume pori dan diameter pori yang terbentuk, maka daya tampung senyawa yang terserap ke dalam pori-pori zeolit akan semakin banyak. Ukuran pori pada adsorben mempengaruhi kemampuan selektivitas zeolit terhadap senyawa yang akan masuk ke dalam pori-pori zeolit, dengan menggunakan metode uji karakteristik BET didapatkan data luas permukaan spesifik, volume pori dan diameter pori. Berikut merupakan representasi hasil analisis BET pada zeolit yang non aktivasi dan zeolit yang diaktivasi dengan menggunakan lampu sinar uv.

Tabel 2. Karakteristik Fisik Zeolit Alam Lampung

Sampel	Luas Permukaan (m ² /g)	Total Volume Pori (cc/gram)	Ukuran Pori Rat-rata (Å)
Non Treatment UV	41,331	0,0666	32,23
Aktivasi <i>Germicidal lamp</i> UV	41,158	0,0690	33,12
Aktivasi <i>Black light lamp</i> UV	40,399	0,0682	33,06
Aktivasi <i>Insect lamp</i> UV	38,796	0,0668	35,57

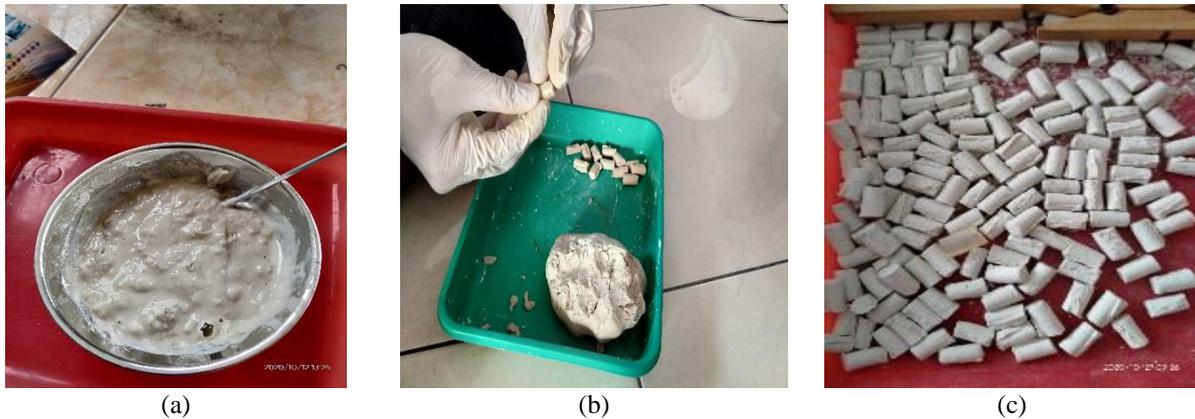
Berdasarkan data diatas terlihat bahwa pada luas permukaan Zeolit Alam Lampung terjadi penurunan dari 41,331 m²/g menjadi 38,795 m²/g. Sedangkan pada total volume pori terjadi peningkatan tertinggi dari 0,0666 cc/gram menjadi 0,0690 cc/gram dan pada ukuran pori terjadi peningkatan tertinggi dari 32,23 Å menjadi 35,57 Å. Hal ini dapat disimpulkan bahwa karakteristik yang dapat digunakan secara optimum ialah pada sampel zeolit alam Lampung yang diaktivasi dengan menggunakan *germicidal lamp* uv karena luas permukaan sebesar 41,158 m²/g, total volume pori sebesar 0,0690 cc/gram dan ukuran pori rata-rata sebesar 33,12 Å. Terjadinya proses penurunan luas permukaan dapat disebabkan oleh persebaran zeolit yang tidak merata saat dilakukannya proses aktivasi pada kotak aktivator, serta juga dipengaruhi oleh gelombang sinar uv yang tidak begitu besar untuk menembus tumpukan serbuk zeolit.

3.4 Pembuatan Pelet Zeolit

Setelah diaktivasi selanjutnya dilakukan pembentukan pelet yang bertujuan agar selama proses adsorpsi air zeolit tidak terbawa oleh aliran etanol. Proses pembentukan pelet zeolit yang ditunjukkan pada gambar 9 dilakukan dengan menggunakan bahan perekat (*binder*) yang berasal dari pati. Jenis pati yang dapat digunakan sebagai perekat diantaranya tepung terigu, tepung tapioka, tepung beras dan tepung jagung. Jenis pati yang paling baik untuk digunakan sebagai perekat zeolit adalah dari tepung terigu dengan komposisi 35% berat zeolit (Ma'ruf, A., dan Mulyadi, A.H., 2010).

Berdasarkan hasil tersebut pada penelitian ini bahan perekat yang digunakan adalah tepung terigu dengan komposisi 35% berat zeolit. Untuk membuat pelet zeolit hal pertama yang dilakukan adalah membuat perekatnya dengan memanaskan air hingga mendidih selanjutnya memasukkan tepung terigu kemudian mengaduknya hingga membentuk gelatin. Setelah membentuk gelatin selanjutnya campur dengan zeolit yang berukuran 200 mesh dan kemudian dibentuk menggunakan pencetak dengan ketinggian 3 cm dan ketebalan 0,7 cm. Kemudian keringkan pelet

zeolit pada udara terbuka selama 2 hari, setelahnya dilakukan proses kalsinasi pada suhu 500 °C selama 3 jam, yang bertujuan untuk menghilangkan tepung terigu dan proses aktivasi zeolit lebih lanjut berikut adalah gambar pelet zeolitnya.



Gambar 9. (a) Gelatin Zeolit, (b) Adonan Zeolit Padat, dan (c) Pelet Zeolite

3.5 Durabilitas Pelet Zeolit

Setelah mengalami proses kalsinasi bentuk morfologi zeolit masih tetap sama yaitu berbentuk silinder dengan struktur yang kokoh, namun dalam hal warna terjadi perubahan menjadi berwarna abu-abu hal ini mengindikasikan terjadinya pelepasan tepung terigu dari zeolit yang sebelumnya berwarna hitam saat proses akibat terjadi pemanasan yang tinggi.

Dalam menentukan durabilitas (daya tahan) Zeolit Alam Lampung tahap awal uji dilakukan perendaman selama 24 jam dengan menggunakan air, diperoleh hasil zeolit yang masih utuh seperti bentuk awal. Kemudian setelahnya dilakukan percobaan adsorpsi selama 55 menit dengan laju alir sebesar 10 mL/menit dalam larutan etanol, didapatkan hasil yang masih utuh pada bentuk aslinya dan larutan tetap jernih seperti pada gambar 10 dibawah. Hal ini berarti zeolit mempunyai ketahanan yang cukup baik jika digunakan sebagai adsorbent.



Gambar 10. Durabilitas Zeolit

3.6 Hasil Uji Adsorpsi

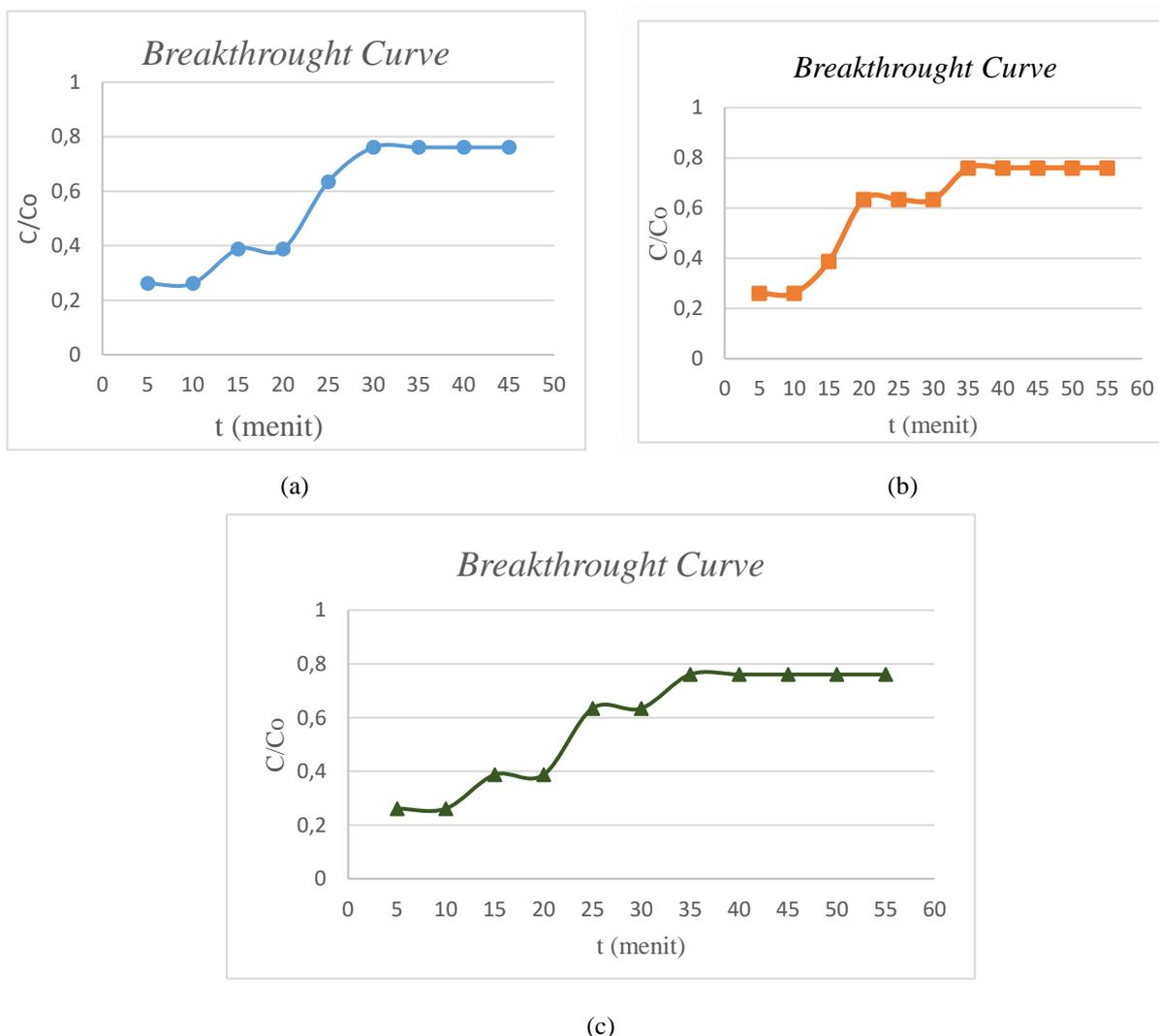
Adsorpsi merupakan suatu proses yang terjadi ketika suatu (cairan maupun gas) yang menempel pada satuan padatan (adsorben) dan akhirnya membentuk suatu film (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut. Molekul fluida yang berinteraksi dan melekat pada adsorben disebut adsorbat, sedangkan yang tidak melekat disebut adsorptif. Setelah dilakukan serangkaian proses aktivasi Zeolit Alam Lampung, didapatkan hasil adsorpsi air dalam etanol sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Adsorpsi Air dalam Etanol

Sample	t (menit)	Konsentrasi % (v/v)	C/Co
Zeolit <i>Germicidal lamp</i>	45	98,69	0,76
Zeolit <i>Blacklight lamp</i>	55	98,69	0,76
Zeolit <i>Insect lamp</i>	55	98,69	0,76

Berdasarkan tabel 3 diatas hasil terbaik didapatkan oleh zeolit yang diaktivasi dengan menggunakan *germicidal lamp* yang mempunyai konsentrasi akhir sebesar 98,69 % v/v dengan jumlah penyerapan air sebesar 76% dalam waktu 45 menit. Waktu penyerapan pada zeolit ini lebih cepat dikarenakan tidak adanya gugus Si-OH sehingga penyerapan yang dilakukan menjadi lebih maksimal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin luas permukaan zeolit akan banyak air yang terjerap dalam pori-pori zeolit. Karena sifat air adalah polar yang mudah mengisi ruang kosong pada pori-pori zeolit.

Selain itu, data hasil dari proses adsorpsi juga direpresentasikan dengan menggunakan *breakthrough curve*. Data yang disajikan terdiri atas konsetrasi akhir air dalam etanol berbanding terhadap lamanya waktu proses adsorpsi. Berdasarkan data hasil penelitian berikut merupakan kurva *breakthrough* yang terjadi berdasarkan aktivasi masing-masing zeolit.



Gambar 11. Kurva *Breakthrough* Zeolit Aktivasi a). *Germicidal Lamp*, b). *Black Light Lamp* dan P c). *Insect Lamp*

Berdasarkan kurva breakthrough tersebut diatas bahwa terjadi penyerapan air (*break point*) oleh zeolit yang diaktivasi menggunakan *black light lamp* (pada gambar 11 B) dan *insect lamp* (pada gambar 11 C) pada menit ke-5 hingga menit ke-35 sedangkan pada zeolit yang diaktivasi menggunakan *germicidal lamp* (pada gambar 11 A) terjadi

penyerapan pada menit ke-5 hingga menit ke-30, hal ini terjadi secara cepat karena sebelumnya zeolit telah melakukan penyerapan air selama proses pengisian kolom adsorpsi. Selama fluida melewati bed, konsentrasi fluida akan mengalami penurunan sangat cepat menuju konstan sebelum akhir pada *bed* yang telah banyak air (Geankoplis, 1978). Zona perpindahan massa terjadi akibat adanya penyerapan air yang terjadi pada rongga zeolit terhadap larutan etanol. Hal ini terjadi karena sifat air yang polar dan memiliki diameter molekul yang lebih kecil dari pada zeolit, maka air dapat mengisi rongga zeolit yang kosong. Molekul air (H_2O) mempunyai diameter sebesar $2,75 \text{ \AA}$ dan diameter molekul etanol (C_2H_5OH) sebesar $4,40 \text{ \AA}$ (Perry, 1997). Rongga-rongga zeolit tersebut kosong akibat dari adanya proses aktivasi dengan menggunakan sinar *ultraviolet* dan kalsinasi pada zeolit, sehingga ion/molekul yang mudah volatil akan terlepas yang mengakibatkan rongga transfer massa akan semakin besar.

Pada menit ke-30 dan ke-35 terjadi peristiwa konstannya penyerapan air, hal ini terjadi akibat tidak adanya *driving force* yang bekerja sebab konsentrasi pada larutan etanol sama dengan konsentrasi pada pori-pori zeolit, hal ini berarti pori-pori zeolit telah penuh oleh air yang berpindah dari larutan etanol menuju ruang pori pada zeolit.

Kesimpulan

Terdapat penurunan luas permukaan zeolit saat proses aktivasi disebabkan oleh persebaran zeolit yang tidak merata saat dilakukannya proses aktivasi pada kotak aktivator, serta juga dipengaruhi oleh gelombang sinar UV yang tidak begitu besar untuk menembus tumpukan serbuk zeolit. Serta diperoleh hasil aktivasi yang optimum dengan luas permukaan $41,158 \text{ m}^2/\text{g}$, total volume pori $0,0690 \text{ cc}/\text{gram}$ dan ukuran pori rata-rata $33,15 \text{ \AA}$ dan data dehidrasi $98,69\%$ dalam waktu 45 menit dengan menggunakan zeolit yang teraktivasi sinar uv germicidal lamp.

Daftar Pustaka

- Amrbroz F., Macdonald T.J., Martis V., Parkin I. P., (2018). Evaluation of The BET Theory for the Characterization of Meso and Microporous Mos. Amerika Serikat. Wiley Online Library.
- Deepak P., S., Dilli R., R., Raju B., T., (2009). Effect of UV-Treatment On The Wettability of Polycarbonate. Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology Vol. 5, No. II, September, 2009, Hal. 37-41.
- Florea, C., G. BrÄ, Tucu. (2012). "Possibilities of using the germicidal effect of UV-C light for disinfecting the water used in food industry." Bulletin of the Transilvania University of Brasov **5** (54). Hal. 147-154.
- Geankoplis, C. J., 1993. Transport Processes and Unit Operations. 3rd edition. Prentice-Hall, Inc. A Simon & Schuster Company. United States of America. Hal. 701-702.
- Handrian, Budi Wahyu S. and Mindaryani A., (2017). Adsorpsi Air dari Campuran Uap Etanol-Air dengan Zeolit Sintesis 4A Pada Packet Bed Dalam Rangka Produksi Fuel Grade Etanol. Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 11, No. 2, Hal. 68-77. Yogyakarta.
- Jankowska, H., Swiatkowski, A. dan Choma, J. (1991). *Active Carbon*. London : Horwood.
- Kowalski, W. (2009), Ultraviolet Germicidal Irradiation handbook. Sringer-Verlag. Berlin Heidelberg
- Marwan F., Suhartana, Pardoyo. (2015). Zeolit Alam Termodifikasi Logam Fe sebagai Adsorben Fosfat (PO_4^{3-}) pada Air Limbah. Semarang. Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi **18** (3) (2015) Hal. 94.
- Ma'ruf, A., dan Mulyadi, A.H., 2010, "Pembuatan Zeolit Pelet Sebagai Adsorben Pada Pembuatan Bioetanol Tradisional", Laporan Penelitian, Program Studi Teknik Kimia, UMP, Purwokerto.
- Mazur M, Eliasova P C, Roth WJ, Cejka J. (2014), *Intercalation chemistry of layered zeolite precursor IPC*
- Miller, S. L., J. Linnes . (2013). Ultraviolet Germicidal Irradiation: Future Direction for Air Desinfection and Building Application. Photochemistry and Photobiology **89**(4). Hal. 777 – 781
- Nurdyastuti, I. (2005). Teknologi Proses Produksi Bio-Ethanol. Prospek pengembangan bio-fuel sebagai substitusi bahan bakar minyak.
- Perry, R.H., and Green, D.W., (1997). Perry's Chemical Engineer's Handbook, 7th Edition, Hal.1128, 1490-1497, 1534-1537, Mc Graw-Hill Co, New York.
- Santi, K. (2010). Zeolit In Industrial Separation And Catalysis, Process Engineering Channel, Wiley-VCH Verlag GmbH &Co. KgaA, Weinheim USA.
- Setyawan P. Sakti, Masruroh, Nike H., (2017). Effect UV Radiation duration and Moleculer Wiegth to Hidropobicity and Surface Roughness of Polystyrene Coating On QCM sensor. Jurnal Teknologi. Hal. 61-67. Departemen of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Brawijaya University, Jl. Veteran, Malang 65145, Indonesia.
- Slamet, Ellyana M., dan Bismo S., (2018). Modifikasi Zeolit Alam Lampung dengan Fotokatalisis TiO_2 Melalui Metode Sol Gel dan Aplikasinya Untuk Penyisihan Fenol. Depatemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Hal. 2-3. Depok.
- Thommes, M., Kaneko, K., Neimark, A.V., Olivier, J.P., Rodriguez-Reinoso, F., Rouquerol, J. and Sing, K.S. (2015) Physisorption of Gases, with Special Reference to the Evaluation of Surface Area and Pore Size Distribution (IUPAC Technical Report). Pure and Applied Chemistry, **87**, 1051-1069.