

Pemanfaatan Limbah Asbes Sebagai Prekursor Zeolit dalam Proses Adsorpsi CO₂

Siti Suhartati^{a,*}, Puri Tri Handayani^a, Dwi Supriningsih^b

^a Akademi Kimia Analisis Caraka Nusantara

^b PPTMGB Lemigas

*corresponding author: sitihartati@gmail.com

DOI: [10.20885/ijca.vol2.iss1.art4](https://doi.org/10.20885/ijca.vol2.iss1.art4)

ARTIKEL INFO

Diterima : 31 Januari 2019

Direvisi : 25 Februari 2019

Diterbitkan : 01 Maret 2019

Kata kunci : Asbes, Zeolit, Adsorpsi, CO₂

ABSTRAK

Asbes merupakan material yang secara luas masih digunakan dalam dunia konstruksi. Limbah asbes memiliki dampak negatif diantaranya menjadi sumber penyakit pada paru. Limbah asbes masih mengandung unsur Si dan Al yang merupakan prekursor Zeolit. Zeolit secara umum dapat dimanfaatkan sebagai adsorben CO₂. Penelitian ini bertujuan untuk menyintesis prekursor zeolit dari bahan dasar asbes. Hasil sintesis diaplikasikan sebagai adsorben CO₂. Asbes dan prekursor zeolit dianalisis menggunakan X-Ray Fluoresens yang mengacu pada EPA/600/R-93/116, sedangkan proses adsorpsi CO₂ dianalisis menggunakan metode *Breakthrough*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio Si/Al prekursor zeolit dari limbah asbes sebesar 3,31 dalam bentuk elemen dan 3,42 dalam bentuk oksida. Prekursor zeolit yang dihasilkan dapat mengadsorpsi CO₂ dalam waktu 3 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 101 mg/g.

1. PENDAHULUAN

Asbes merupakan material yang memiliki risiko kesehatan seperti penyakit mesotelioma, kanker paru dan asbestosis [1]. Hingga saat ini, asbes masih banyak digunakan di masyarakat terutama dunia konstruksi. Asbes memiliki sifat tahan panas dan dapat tersusun dari serat-serat serpentine (krisotil yang merupakan hidroksida magnesium silikat) dan amphibole dari mineral-mineral pembentuk batuan, termasuk : actinolite, amosite (asbes coklat, cummingtonite, grunnerite), anthophyllite, chrysotile (asbes putih), crocidolite (asbes biru) dan tremolit [2]. Limbah asbes belum dimanfaatkan secara maksimal. Asbes memiliki kandungan Si dan Al dimana kedua unsur ini merupakan prekursor dalam pembuatan zeolit sintetis. Zeolit merupakan adsorben yang umum digunakan untuk mengadsorpsi CO₂ [3][4]. Adsorpsi CO₂ diperlukan untuk mengatasi permasalahan lingkungan seperti hasil pembakaran batubara dan kebakaran hutan. Selain itu adsorpsi CO₂ juga diperlukan dalam kegiatan produksi biogas [5].

Si dan Al merupakan unsur utama pembentuk zeolit. Zeolit banyak disintesis dari limbah yang mengandung Si dan Al seperti abu dari limbah batubara [6][7], limbah bauksit [8], dan limbah abu sekam padi [9]. Penelitian tentang asbes sebagai prekursor zeolit pernah dilakukan oleh Mou *et al* [10][11] dan Satriojati [12] yang menunjukkan bahwa proses pencucian asam pada asbes menyebabkan degradasi serat asbes dan meningkatkan luas permukaannya sehingga dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan zeolit. Kandungan magnesium silikat yang terdapat pada asbes dapat dimanfaatkan sebagai sumber Si. Oleh karena itu, limbah asbes juga dapat disintesis menjadi prekursor zeolit dan diaplikasikan sebagai adsorben CO₂.

2. METODE

2.1 Bahan, Alat dan Instrumentasi

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel asbes putih, larutan HCl 3N, NaOH, Al(OH)₃, CaCl₂, dan air destilat. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas, kertas saring Whatman, tanur, oven, magnetic stirrer, hot plate dan instrumen EDX-Ray Fluorescence. Asbes dan prekursor zeolit dianalisis menggunakan X-Ray Fluorescence yang mengacu pada EPA/600/R-93/116 [13], sedangkan proses adsorpsi CO₂ dianalisis menggunakan metode *Breakthrough* [4].

2.2 Prosedur Kerja

2.2.1 Preparasi Sampel

Sampel asbes ditumbuk hingga sangat halus menggunakan mortar sebanyak 100 g. Seluruh sampel yang telah ditumbuk kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C hingga beratnya konstan. Kemudian sampel yang telah dioven, ditanur pada suhu 500°C selama 6 jam. Selanjutnya dilakukan uji dengan XRF.

2.2.2 Proses Pencucian

Sebanyak 50 g sampel dicampur ke dalam 3 L larutan HCl 3 N sesuai metode EPA/600/R-93/116³ dan diaduk perlahan. Sampel dibiarkan hingga mengendap kemudian saring menggunakan kertas saring Whatman 41. Residu dikeringkan menggunakan oven pada suhu 120 °C hingga beratnya konstan. Selanjutnya residu di uji XRF untuk mengetahui elemen dan oksida yang terkandung.

2.2.3 Sintesis Prekursor Zeolit

Sintesis prekursor zeolit dilakukan dengan memasukkan 13 g asbes hasil proses pencucian kedalam 124 mL aquabides dan 23 mL larutan natrium aluminat diaduk menggunakan pengaduk magnet pada suhu 80 °C. Selanjutnya dicuci dengan aquadest hingga filtrat yang dihasilkan tidak berwarna. Setelah itu ditanur selama 4 jam pada suhu 700 °C. Selanjutnya diuji XRF untuk mengetahui komponen yang terdapat pada prekursor zeolit. Metode yang digunakan dimodifikasi dari penelitian Satriojati di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas [12]. Rasio Si/Al prekursor zeolit yang dihasilkan dihitung berdasarkan data komposisi Si dan Al hasil uji XRF melalui Persamaan 1.

$$\text{Rasio Si/Al} = \% \text{Si} / \% \text{Al} \quad (1)$$

2.2.4 Aplikasi Adsorben CO₂

Kolom adsorben dirancang dengan diameter 5cm, dengan ketinggian 20 cm dan tinggi adsorben dalam kolom 25 cm. Kolom adsorben ditimbang sebagai bobot kosong. Selanjutnya prekursor zeolit yang terbentuk dimasukan dalam kolom sebanyak 1 g dan diisi dengan glasswol. Gas N₂ dialirkan dari bagian bawah kolom yang berisi prekursor zeolit untuk membersihkan pengotor yang terdapat dalam prekursor zeolit. Setelah itu, ditimbang sebagai bobot awal. Gas CO₂ dialirkan dengan flow 0,1 ; 0,2 ; dan 0,3 L/menit dari bagian bawah kolom adsorben, kemudian ditimbang sebagai bobot setelah adsorpsi.

2.2.5 Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari instrumen X-Ray Fluorescence adalah persen elemen dan oksida yang terkandung di dalam asbes dan prekursor zeolit. Data hasil adsorpsi berupa data kapasitas adsorpsi pada waktu *breakthrough*.

3. HASIL PENELITIAN

3.1. Sintesis Prekursor Zeolit

Sampel asbes dipreparasi terlebih dahulu dengan cara digerus sampai halus, dioven, ditanur, dan dilakukan proses pencucian menggunakan HCl 3 N. Penggerusan dilakukan untuk menyamakan ukuran serat asbes dan memudahkan saat dilarutkan pada proses pencucian. Selanjutnya asbes halus dioven pada temperatur 120 °C yang berfungsi untuk menghilangkan kadar air yang terkandung pada asbes dan kemudian dilanjutkan dengan proses tanur untuk menguapkan air yg masih terjerap pada sampel. Proses ini juga dapat mengurangi pengotor dalam sampel.

Sampel kemudian melalui proses pencucian menggunakan metode EPA/600/R-93/116, yaitu 20 mL HCl 3N untuk setiap 0,5 g sampel asbes. Sehingga, untuk perendaman 75 g sampel asbes dibutuhkan HCl 3N sebanyak 3L, kemudian disaring untuk dapat memisahkan filtrat dengan residu. Residu kemudian dikeringkan dengan oven pada temperatur 120°C sampai bobot konstan agar residu benar-benar kering dan sudah tidak terkandung air didalamnya. Proses pencucian ini berfungsi untuk mengurangi pengotor yang terdapat dalam sampel asbes. Sampel hasil preparasi dan setelah proses pencucian dianalisis menggunakan XRF untuk mengetahui kadar Si dan Al yang terkandung di dalam sampel asbes. Keberadaan Si dan Al pada sampel asbes menunjukkan bahwa asbes berpotensi sebagai prekursor zeolit dan dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan zeolit sintesis. Hasil pengujian sampel hasil preparasi dan setelah proses pencucian menggunakan XRF dapat dilihat pada Tabel 1. Proses pencucian meningkatkan persentase Si dalam sampel asbes menjadi 18,633% dalam bentuk elemen dan 37,005% dalam bentuk oksida atau silika (SiO₂). Sedangkan persentase Al dalam sampel asbes menurun menjadi 0,226% dalam bentuk elemen dan 0,426% dalam bentuk oksida atau alumina (Al₂O₃). Hal ini dikarenakan pengotor dalam sampel asbes telah berkurang. Silika dan alumina yang terdapat dalam sampel setelah pencucian dapat digunakan sebagai bahan utama pembuatan zeolit. Namun untuk menghasilkan zeolit sintesis masih diperlukan perlakuan dan analisis tambahan.

TABEL I. Persentase Kandungan Si dan Al

Unsur / Senyawa	Elemen / Oksida (%)	
	Sebelum pencucian	Setelah pencucian
Si	6,402	18,633
SiO ₂	12,471	37,005
Al	1,236	0,226
Al ₂ O ₃	2,171	0,426

Sampel kemudian diaktivasi untuk menambahkan senyawa alumina ke dalam sampel dengan menambahkan larutan basa natrium hidroksida (NaOH) dan aluminium hidroksida (Al(OH)₃). Larutan basa dipilih karena sampel sudah melalui proses pencucian menggunakan larutan asam (HCl). Pencampuran antara larutan sampel dengan Al(OH)₃ dan NaOH dilakukan pada suhu 80°C dengan pengadukan konstan menggunakan *magnetic stirrer* hingga air menguap dan tersisa padatan. Natrium aluminat diperoleh dari pencampuran larutan NaOH dengan aluminium hidroksida (Al(OH)₃) menghasilkan NaAlO₂ dan air [14]. Penambahan NaAlO₂ ke dalam sampel menghasilkan kation alkali tersebut yang dapat bergerak bebas di dalam rongga dan dapat dipertukarkan dengan kation logam lain dengan jumlah yang sama. Selain itu, penambahan NaOH bertujuan untuk menghilangkan ion-ion tertentu dari kerangka zeolit dan menggantinya dengan ion Na⁺ sehingga mempunyai kondisi homoionik, yaitu molekul zeolit mempunyai ukuran pori yang sama sehingga meningkatkan kemampuan dan selektivitas adsorpsi [15].

TABEL II. Rasio Si/Al Prekursor Zeolit Berbahan Dasar Asbes

Senyawa	Konsentrasi		Rasio Si/Al	
	Elemen (%)	Oksida (%)	Elemen	Oksida
Si	13,211	24,361		
Al	3,982	7,117	3,31	3,42

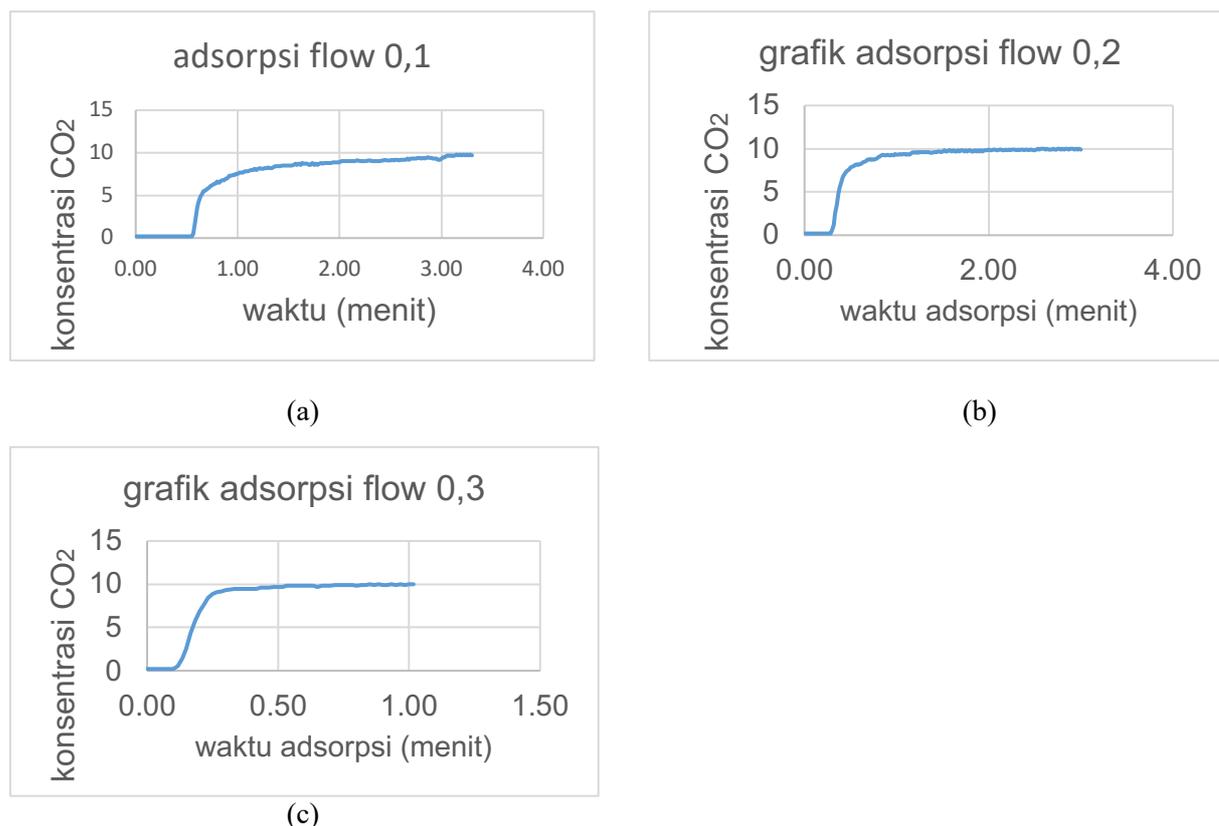
Penambahan natrium aluminat menghasilkan persentase prekursor zeolit menjadi 3,982% dalam bentuk elemen dan 7,117% dalam bentuk oksida, sehingga rasio antara Si/Al menjadi 0,30 dalam bentuk elemen dan 3,42 dalam bentuk oksida. Rasio Si/Al yang rendah (< 3) membuat pori-pori zeolit mempunyai bidang listrik yang lebih tinggi disebabkan oleh meningkatnya “*charge site*” pada permukaan zeolit yang akan meningkatkan tingkat adsorpsi. Selain itu, rasio Si/Al yang rendah akan memiliki kemampuan tukar kation (KTK) yang tinggi. Semakin banyak jumlah aluminium menggantikan posisi silika, maka semakin banyak muatan negatif yang dihasilkan, sehingga makin tinggi kemampuan tukar kation zeolit [16].

3.2. Adsorpsi CO₂

Prekursor zeolit berbahan dasar asbes selanjutnya digunakan sebagai adsorben CO₂. Sebelumnya, sampel dikalsinasi dengan pemanasan dalam tanur pada suhu 700 °C selama 4 jam. Proses kalsinasi bertujuan memperkuat struktur prekursor zeolit agar tetap stabil, meningkatkan kristalinitas, serta lebih tahan terhadap reaksi yang cukup tinggi.

Adsorpsi gas CO₂ dengan adsorben prekursor zeolit yang berasal dari limbah asbes dapat dilihat dengan pengukuran gas. Pengukuran gas CO₂ dilakukan dengan melewati gas pada prekursor zeolit yang dibuat dengan perlakuan kimia. Hasil pengukuran adsorpsi CO₂ dengan laju alir yang berbeda dibandingkan. Konsentrasi gas CO₂ akhir yang didapat dari hasil adsorpsi dengan prekursor zeolit mengalami penurunan dengan penambahan prekursor. Hal ini berarti gas CO₂ teradsorpsi ke dalam pori adsorben. Proses adsorpsi ini menggunakan kolom dengan diameter 5 cm, dengan ketinggian 20 cm. Pengukuran konsentrasi gas CO₂ dilakukan dengan laju alir yang berbeda yaitu 0,1 ; 0,2 ; dan 0,3 L/menit. Laju alir CO₂ sangat berpengaruh dalam proses adsorpsi. Pada Gambar 1 terlihat kemampuan prekursor zeolit berbahan dasar asbes dalam mengadsorpsi CO₂.

Berdasarkan Gambar 1, laju alir yang didapat konstan pada konsentrasi CO₂ 10%. Dan pada laju alir 0,1 L/menit didapatkan waktu 3,3 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 56 mg/g atau sebesar 5,6%. Sedangkan pada laju alir 0,2 L/menit dan 0,3 L/menit didapat waktu lebih cepat yaitu 3 menit dan 1,2 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 10,1% dan 5,1%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa laju alir terbaik adalah 0,2 L/menit, Hal ini dikarenakan nilai kapasitas adsorpsi pada laju alir ini lebih besar dari laju alir yang lain.

Gambar 1. Grafik adsorpsi CO₂ flow (a) 0,1 L/menit, (b) 0,2 L/menit, (c) 0,3 L/menitTABEL III. Kapasitas Adsorpsi CO₂ dan Waktu *Breakthrough*

Laju Alir (L/menit)	Waktu Breakthrough (menit)	Kapasitas Adsorpsi Sampel (mg/g)	Kapasitas Adsorpsi Zeolite 4A (mg/g) [4]
0,1	3,3	56	
0,2	3	101	
0,3	1,02	51	
0,035	100		60,72

Kapasitas adsorpsi prekursor zeolit berbahan dasar asbes dibandingkan dengan zeolit 4A yang merupakan zeolit sintetis yang berasal dari campuran silika dan alumina. Zeolit 4A dengan laju alir 0,035 L/menit memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 60,72 mg/g. Data ini menunjukkan bahwa adsorpsi prekursor zeolit berbahan asbes mampu mengadsorpsi CO₂ dengan kapasitas adsorpsi lebih tinggi, meskipun diperlukan laju alir yang lebih besar untuk menghasilkan kapasitas adsorpsi 101 mg/g. Namun secara umum, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa limbah asbes dapat diaplikasikan sebagai bahan dasar pembuatan zeolit sintetis. Prekursor zeolit yang dihasilkan berpotensi sebagai adsorben CO₂.

4. KESIMPULAN

Limbah asbes dapat digunakan sebagai bahan sintesis zeolit dengan cara menambahkan natrium aluminat. Prekursor zeolit hasil sintesis dari limbah asbes dapat diaplikasikan untuk mengadsorpsi CO₂ dengan kapasitas adsorpsi sebesar 101 mg/g pada laju alir 0,2 L/menit.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami berikan kepada semua pihak yang telah membantu, khususnya PPPTMGB Lemigas yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan kegiatan penelitian di Laboratorium Spektroskopi, Kelompok Kimia Analitik dan Kimia Terapan, KPPP Proses, PPTMGB Lemigas.

Daftar Pustaka

- [1] Salawati, L, "Penyakit Akibat Kerja oleh Karena Paparan Serat Asbes," *JKS*, vol 15, no. 1, 44-50, 2015.
- [2] Kurniawan, D., Tarkono and H. Supriadi, " Utilization of Fiber and Shell Particles Palm oil as Substitute materialsin Producing Eternite Ceiling," *J. FEMA*, vol 1, no.3, pp 41-51, 2013.
- [3] Utami, I., "Aktivasi Zeolit sebagai Adsorben CO₂," *J. Teknik Kimia*, vol 11, no. 2, pp 51-55, 2017.
- [4] Bande, R.I., R. Sadhana, and S.D. Rashami, "CO₂ Adsorption and Desorption Studies for Zeolite 4A," *Res. J. Material Sci.*, vol 3, no. 4, pp 7-13, 2015.
- [5] Yamliha, A., B.D. Argo, and W.A. Nugroho, "Pengaruh Ukuran Zeolite terhadap Penyerapan Karbondioksida (CO₂) pada Aliran Biogas," *J. Bioproses Komoditas Tropis*, vol 1, no. 2, 2013.
- [6] Nikmah, R.A.S., Nurul Widiastuti, and H. Fansuri, "Pengaruh Waktu dan Perbandingan Si/Al terhadap Pembentukan Zeolit A dari Abu Dasar Bebas Karbon dari PLTU PT IPMOMI dengan Metode Hidrotermal," *J. Zeolit Indonesia*, vol 7, no. 1, pp. 42-52, 2008.
- [7] Hanifah, R., D. Puryanti., A. Muttaqin, "Pembuatan Zeolit Sodalit dari Abu Dasar Batubara dengan Variasi Konsentrasi NaAlO₂ menggunakan Metode Peleburan Alkali Hidrotermal," *J. Fisika Unand*, vol 7, no. 3, pp 228-232, 2018.
- [8] Aziz, M. "Ekstraksi Alumina dari residu Bauksit untuk Bahan Baku Zeolit Sintetis dengan Produk Sampung Konsentrat Besi," *J. Zeolit Indonesia*, vol 9, no. 2, pp 52-60, 2010.
- [9] Maula, F., A. Haris, and Subaer, "Sintesis Zeolit dari Abu Sekam Padi sebagai Absorban Karbon Monoksida (CO) kendaraan bermotor," *JSPF*, jilid 2, no. 5, pp 259-265, 2015.
- [10] Mao, R.L.V., P. Kipkemboi, P. Levesque, A. Vaillantcourt and G. Denes, "Leached Asbestos Materials: Precursors of Zeolites," *Zeolites*, vol 9, issue 5, pp 405-411, 1989.
- [11] Mao, R.L.V., B. Sjiariel and J. Dunnigan, "Asbestos-Derivide Zeolites as Water-Retaining Materials in Soils," *Zeolites*, vol 11, issue 8, pp 804-809, 1991.
- [12] Satriojati, G., 'Sintesis Zeolit Teraktivasi Natrium Hidroksida sebagai Alternatif Pengelolaan Limbah Asbes,' Dept. Kimia FMIPA, IPB, Bogor, 2017.
- [13] Environmental Protection Agency, "Method for the Determination of Asbestos in Bulk Building Materials," *EPA/600/R-93/116*, 1993.
- [14] Mahaddilla, F.M. and A. Putra, "Pemanfaatan Batu Apung sebagai Sumber Silika dalam Pembuatan Zeolit Sintetis," *J. Fisika Unand*, vol 2, no. 4, pp. 262-268, 2013.
- [15] Kurniasari L, M. Djaeni and A. Purbasari, "Aktivasi Zeolit Alam sebagai Adsorben pada Alat Pengering Bersuhu Rendah," *Reaktor*, vol 13, no. 3, pp. 178-184, 2011.
- [16] Mumpton, FA. "La roca magica : Uses of Natural Zeolite in Agriculture and Industri," *Proc Natl Acad, Sci*," vol 96, no. 7, 3463.