

PENINGKATAN KUALITAS BIOETANOL DENGAN MENGGUNAKAN SILIKA MESOPORI

Hb. Slamet Yulistiono¹⁾ dan Swastanti Brotowati²⁾

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

The purpose of this study was bioethanol dehydration by adsorption using mesoporous silica adsorbent. Mesoporous silica adsorbent was synthesized based on the modified Ryoo method [1]. The adsorption process is carried out at a temperature of 10 °C, at room temperature and at a temperature of 80 °C with a stirring speed of 250 rpm. The results showed that the best ratio of mesoporous silica weight and volume of bioethanol was 1:40. The performance of mesoporous silica in the absorption of the water component of bioethanol decreases at lower temperatures, but at higher temperatures the ethanol vapor loss factor becomes greater. The performance test of mesoporous silica in the absorption of water components from 95 % bioethanol in the liquid phase carried out at room temperature for 15 minutes was only able to increase the ethanol concentration to a level of 97.6 %.

Keywords: *silika mesopori, bioethanol, adsorption, adsorber*

1. PENDAHULUAN

Bioetanol adalah salah satu sumber energi terbarukan karena terbuat dari bahan yang dapat ditanam dalam waktu yang singkat. Salah satu pemanfaatan bioetanol dibidang automotif adalah sebagai bahan bakar substitusi bensin pada motor bensin. Untuk itu, bioetanol harus memiliki konsentrasi mendekati 100% (*fuel grades ethanol*). Bioetanol umumnya diproduksi secara alami melalui proses fermentasi gula dan dimurnikan melalui proses destilasi. Namun, pemurnian bioetanol melalui proses destilasi hanya mampu meningkatkan konsentrasinya sampai pada nilai 95,6% atau pada titik *azeotrop*-nya saja. Pada konsentrasi ini, sistem etanol – air telah membentuk kondisi *azeotrop*, dimana rasio mol antara etanol dan air pada fase uap dan fase cair memiliki nilai yang sama. Proses pemurnian bioetanol tahap selanjutnya hingga mencapai konsentrasi diatas 99% disebut dehidrasi etanol, dan salah satu diantaranya adalah dengan menggunakan *molecular sieve* berupa adsorben tertentu.

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori atau pada permukaan tertentu di dalam partikel itu. Karena pori-pori adsorben biasanya berukuran sangat kecil, maka luas permukaan dalamnya akan menjadi beberapa kali lebih luas dari permukaan luarnya. Adsorben yang telah jenuh dapat diregenerasi agar dapat digunakan kembali untuk proses adsorpsi selanjutnya. Suatu adsorben dapat dipandang sebagai suatu adsorben yang baik untuk adsorpsi dilihat dari sisi waktu. Lama operasi terbagi terbagi menjadi dua, yaitu waktu penjerapan hingga komposisi diinginkan dan waktu regenerasi/pengeringan adsorben. Makin cepat dua variabel tersebut, maka semakin baik unjuk kerja adsorben tersebut.

Adsorpsi (penjerapan) adalah suatu proses pemisahan dimana komponen dari satu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Adsorpsi dalam fase cair mengandung sedikitnya dua komponen yang dapat saling berinteraksi yaitu adsorben dan adsorbat. Adsorpsi larutan terjadi akibat adanya kompetisi antara zat terlarut dengan pelarut untuk teradsorpsi pada permukaan adsorben. Interaksi yang kuat antara molekul-molekul pelarut dengan permukaan adsorben dapat mengurangi situs aktif adsorben sehingga interaksi antara adsorben dan adsorbat menjadi berkurang. Adsorben polar akan mempunyai kecenderungan menyerap lebih kuat adsorbat polar dibandingkan adsorbat non polar, demikian juga sebaliknya adsorben non polar cenderung menyerap kuat adsorbat non polar dibanding adsorbat polar. Fenomena yang terjadi pada adsorben ini mirip seperti ayakan molekul yang memisahkan molekul berukuran besar dan kecil, karenanya adsorben juga sering disebut dengan *molecular sieve*.

Molecular sieve atau adsorben yang berkinerja tinggi dengan kapasitas adsorpsi dan pemisahan gas kinetik yang sangat baik umumnya digunakan di berbagai industri seperti pemisahan udara, generator oksigen, pemurnian hidrogen, dehidrasi gas alam, dehidrasi etanol, dehidrasi etilena, dehidrasi propilena, dehidrasi refrigeran, sistem rem udara, dan lain-lain. Diameter *molecular sieve* umumnya diukur dalam satuan ångströms (Å) atau nanometer (nm). Menurut notasi IUPAC, bahan mikropori memiliki diameter pori kurang dari 2 nm

¹ Korespondensi penulis: Yulistiono HbS, Telp 081210243464, slamethb@poliupg.ac.id

(20 Å) dan bahan makropori memiliki diameter pori lebih besar dari 50 nm (500 Å); kategori mesopori dengan demikian terletak di tengah dengan diameter pori antara 2 dan 50 nm (20-500 Å).

Material silika mesopori layak dipertimbangkan sebagai adsorben karena memiliki luas permukaan spesifik, volume dan ukuran pori yang besar dan seragam. Keunggulan ini dapat menjamin proses pemblokiran atau penyumbatan pada pori tidak terjadi sehingga kemampuan difusinya dapat meningkat [2] dan [3].

Penelitian ini bertujuan melakukan dehidrasi etanol menggunakan adsorben dari material silika mesopori. Melalui uji BET dan XRD, silika mesopori ini diketahui memiliki luas permukaan spesifik, volume dan ukuran pori yang besar dan seragam [4], sehingga diduga memiliki kapasitas jerap terhadap air yang sangat besar sehingga efektif dapat digunakan untuk menyerap air yang terkandung dalam bioetanol.

2. METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang. Pada proses sintesis silika mesopori, dibutuhkan bahan dan alat penelitian meliputi ludox HS40, cetil trimetil amonium bromida (CTAB), triton x-100 (Sigma-Aldrich), NaOH p.a (E.Merck), aquades, asam asetat 30%, etanol 95%, kertas saring, kertas pH universal, botol polipropilen, termometer, neraca analitik, *hot plate*, *magnetic stirrer*, tanur, pompa akuarium dan gelas-gelas kimia secukupnya serta erlenmeyer asa dan labu alas bulat leher 3 yang dilengkapi dengan *thermometer setting*, *reflux condensor*, *electric heating mantle*, selang silikon, motor dan batang pengaduk. Pengukuran konsentrasi etanol menggunakan alat refraktometer dan GC.

Sintesis silika mesopori menggunakan metode Ryoo yang telah termodifikasi [1]. Mula-mula larutan sodium tetrasilikat dibuat dengan cara mencampurkan 14,3 gram Ludox HS40 dengan 45,25 gram larutan NaOH 1 M pada suhu 80°C sambil terus diaduk selama 2 jam. Larutan silika yang dihasilkan kemudian didinginkan. Berikutnya, campuran surfaktan dibuat dengan melarutkan 6,12 gram CTAB dan 1,34 gram Triton x-100 secara bersamaan dalam 83,47 gram aquades sambil dipanaskan. Setelah larutan sodium tetrasilikat dan larutan surfaktan dingin, kedua larutan tersebut dicampur dengan cepat dalam botol polipropilen. Botol langsung ditutup dan dikocok dengan kuat selama 15 menit. Campuran gel yang dihasilkan, kemudian dipanaskan dalam kondisi statis pada suhu 100 °C selama 24 jam. Pada tahap ini, mesofase surfaktan silika terbentuk. Untuk menghindari pemisahan dari mesofase pada tahap awal pemanasan, botol yang berisi campuran sekali-sekali dikocok. Campuran kemudian didinginkan pada suhu kamar, dan asam asetat 30% dalam ditambahkan ke dalam campuran untuk mengatur pH hingga 10. Setelah pH mencapai 10, campuran dipanaskan lagi pada suhu 100 °C selama 24 jam, kemudian didinginkan pada suhu kamar. Silika mesopori yang telah terbentuk disaring, dicuci dengan aquades kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 120 °C dan diteruskan dengan kalsinasi pada suhu 500 °C selama 5 jam. Produk kalsinasi ini kemudian disimpan pada wadah tertutup rapat dan dapat digunakan pada proses selanjutnya, yaitu karakterisasi adsorben dengan SEM dan proses adsorpsi. Sebelum penggunaan pada proses adsorpsi, produk kalsinasi ini harus dipanaskan dalam oven pada suhu 115 °C selama 15 menit.

Proses adsorpsi bioetanol secara umum dilaksanakan pada fase cair dengan 2 cara, yakni tanpa dan dengan sistem reflux. Sistem tanpa reflux dilaksanakan pada suhu 10 °C dan suhu ruang, sedangkan sistem dengan reflux pada suhu 80 °C. Pelaksanaan proses absorpsi mengikuti pentahapan berikut.

Percobaan dilakukan untuk mengetahui rasio antara berat silika mesopori dan volume bioetanol yang terbaik. Untuk itu, bioetanol dengan konsentrasi tertentu dan silika mesopori dicampurkan pada suhu ruang dalam beberapa rasio didalam bejana erlenmeyer dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit. Setelah dilakukan penyaringan, pengukuran konsentrasi etanol kemudian dilakukan dengan menggunakan alat pengukur indeks bias refraktometer.

Dengan menggunakan rasio berat/volume antara silika mesopori dan bioetanol yang terbaik yang didapat dari percobaan pendahuluan, maka proses absorpsi dilaksanakan masing-masing pada 10 °C selama 15 menit dan pada suhu ruang selama 2 jam dengan pengambilan sampel setiap 15 menit. Untuk itu, silika mesopori dan bioetanol dengan konsentrasi tertentu dicampurkan didalam erlenmeyer dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Sampel-sampel yang diambil dimasukkan ke dalam erlenmeyer berpenutup aluminium foil. Setelah dilakukan penyaringan sampel, pengukuran konsentrasi etanol dilakukan dengan menggunakan alat kromatografi gas (GC).

Dengan menggunakan rasio berat/volume antara silika mesopori dan bioetanol yang terbaik, maka proses absorpsi dilaksanakan pada suhu 80 °C selama 2 jam dengan pengambilan sampel setiap 15 menit. Untuk itu, silika mesopori dan bioetanol dengan konsentrasi tertentu dicampurkan dengan rasio berat/volume terbaik didalam bejana labu alas bulat. Setelah kondensor difungsikan dan pengaduk dihidupkan pada n=250 rpm, maka pemanas elektrik dihidupkan dan dikondisikan pada suhu 80 °C. Sampel-sampel yang diambil setiap interval

waktu 15 menit hingga 120 menit dimasukkan ke dalam erlenmeyer berpenutup aluminium foil. Setelah dilakukan penyaringan sampel, pengukuran konsentrasi etanol dilakukan dengan menggunakan kromatografi gas (GC).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 berikut memperlihatkan hasil percobaan pendahuluan. Dalam hal ini, telah dilakukan proses absorpsi bioetanol 70% pada suhu ruang dengan menggunakan silika mesopori dalam beberapa perbandingan.

Tabel 1. Pengukuran Konsentrasi Etanol Setelah Proses Adsorpsi
(T = Suhu Ruang, n=250 rpm, Alat Refraktometer)

Sampel	Perbandingan Antara Silika mesopori dan Bioetanol (b/v)	Indeks bias	Konsentrasi Etanol (%)	Keterangan
1	1:10	1.3620	70.0514	Filtrat sedikit, cairan banyak yang terserap silika
2	1:20	1.3620	70.0514	
3	1:30	1.3614	70.0206	Filtrat relatif lebih banyak
4	1:40	1.3614	70.0206	
Standar 70%	-	1.3610	70.0000	

Tabel 1 memperlihatkan nilai indeks bias yang merepresentasikan nilai konsentrasi etanol dapat meningkat setelah proses absorpsi, meski peningkatannya hanya sangat sedikit. Setelah melakukan pengukuran indeks bias dengan menggunakan etanol dengan konsentrasi yang lebih tinggi, terbukti alat refraktometer yang digunakan ternyata kurang akurat, terutama untuk pengukuran indeks bias etanol dengan konsentrasi yang tinggi. Meskipun demikian, berdasarkan Tabel 1 diatas, sampel ke- 4 dapat dipilih sebagai sampel yang terbaik karena relatif lebih banyak menghasilkan cairan setelah proses penyaringan silika mesopori dari bioetanol. Cairan ini adalah bahan sampel yang dianalisis indeks biasnya. Tabel 2 dan Tabel 3 berikut memperlihatkan nilai konsentrasi bioetanol setelah proses absorpsi pada suhu 10 °C dan suhu ruang selama 120 menit dengan menggunakan rasio berat/volume antara silika mesopori dan bioetanol 70% sebesar 1:40 (b/v).

Tabel 2. Pengukuran Konsentrasi Etanol Setelah Proses Adsorpsi
(T = 10 °C, n=250 rpm, Alat Kromatografi Gas)

Sampel	Waktu kontak (menit)	Konsentrasi Etanol (%)
0	0	70
1	15	73.5

Tabel 3. Pengukuran Konsentrasi Etanol Setelah Proses Adsorpsi
(T = Suhu Ruang, Alat Kromatografi Gas)

Sampel	Waktu kontak (menit)	Konsentrasi Etanol (%)
0	0	70
1	15	76.6
2	45	73.3
3	75	67.3
4	90	66.6
5	105	74.2
6	120	69.7

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3 diatas, terbukti bahwa silika mesopori mampu menyerap air dan meningkatkan konsentrasi bioetanol hingga lebih dari 6%. Performa silika mesopori dalam menyerap komponen air dari bioetanol terlihat menurun pada suhu rendah. Proses adsorpsi pada suhu ruang memperlihatkan konsentrasi bioetanol yang makin menurun dengan waktu kontak yang lebih lama, mengindikasikan adanya kebocoran uap etanol dari erlenmeyer yang berpenutup aluminium foil dan diduga terjadi juga pada saat proses adsorpsi berlangsung dan saat pemisahan silika mesopori dari bioetanol melalui proses penyaringan serta saat menunggu antrian di ruang pengukuran menggunakan alat GC. Tabel 4 berikut memperlihatkan nilai konsentrasi bioetanol setelah proses absorpsi pada suhu 80 °C dengan menggunakan rasio berat/volume antara silika mesopori dan bioetanol 70% sebesar 1:40 (b/v)

Tabel 4. Pengukuran Konsentrasi Etanol Setelah Proses Adsorpsi (T = 80 °C, n=250 rpm, Alat Kromatografi Gas)

Sampel	Waktu kontak (menit)	Konsentrasi Etanol (%)
0	0	70%
2	30	74.3%
3	45	70.1%
4	60	69.7%
5	75	75.0%
6	90	69.2%
7	105	70.4%
8	120	73.6%

Berdasarkan Tabel 4 diatas, terbukti lagi bahwa silika mesopori mampu menyerap air dan meningkatkan konsentrasi bioetanol hingga lebih dari 4%. Pada waktu kontak yang lebih lama, terlihat juga hasil pengukuran konsentrasi etanol bervariasi sebagai akibat dari kehilangan/penguapan etanol. Walau proses adsorpsi pada suhu 80 °C ini telah dilakukan dengan lebih hati-hati, tingkat kehilangan etanol masih saja tetap besar. Hal paling penting untuk perbaikan prosedur kerja pada kasus ini adalah melaksanakan penyaringan silika mesopori pada suhu yang rendah, artinya penyaringan baru dilaksanakan setelah proses adsorpsi selesai dan cairan sudah menjadi dingin.

Dengan mempertimbangkan hasil proses adsorpsi pada suhu kamar dan suhu 80 °C, dimana konsentrasi bioetanol akhir yang didapat hanya berbeda sedikit saja, maka proses adsorpsi bioetanol 95% pada fase cair dilaksanakan pada suhu ruang selama hanya 15 menit saja. Selain karena lebih hemat energi, proses absorpsi keseluruhan juga dapat menjadi lebih cepat. Tabel 5 berikut memperlihatkan hasil pengamatan proses absorpsi bioetanol 95% pada suhu ruang selama 15 menit dengan menggunakan perbandingan antara silika mesopori dan bioetanol 95 % sebesar 1:40 (b/v).

Tabel 5. Pengukuran Konsentrasi Etanol Setelah Proses Adsorpsi (T = Suhu ruang, n=250 rpm, Alat Kromatografi Gas)

Sampel	Waktu kontak (menit)	Konsentrasi Etanol (%)
0	0	95
1	15	97.6

Hasil akhir proses adsorpsi bioetanol 95% menggunakan silika mesopori ternyata hanya mampu pada tingkat konsentrasi etanol sebesar 97,6% saja. Hal ini tidak sesuai dengan yang diharapkan. Proses adsorpsi dengan menggunakan bioetanol 70% telah terbukti mampu meningkatkan konsentrasi etanol lebih dari 6 %, harapannya tentu dengan menggunakan bioetanol 95% dapat dihasilkan bioetanol dengan konsentrasi etanol yang mendekati 100%. Diduga pada konsentrasi etanol yang lebih tinggi, faktor kehilangan etanol akibat penguapan etanol juga menjadi semakin besar, yang pada akhirnya mengurangi konsentrasi etanol akhir .

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat dirangkum dalam penelitian ini ialah proses adsorpsi untuk meningkatkan kualitas bioetanol sebaiknya dilakukan dengan menggunakan rasio antara berat silika dan volume bioetanol sebesar 1:40 (b/v). Performa silika dalam menyerap komponen air dalam bioetanol menjadi menurun pada suhu operasi yang rendah, sebaliknya pada suhu yang lebih tinggi tingkat kehilangan etanol menjadi makin besar. Uji performa silika mesopori dalam penyerapan komponen air dari bioetanol 95% pada fase cair yang dilaksanakan pada suhu kamar selama 15 menit hanya mampu meningkatkan konsentrasi etanol sampai pada tingkat 97,6%

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Taba, P. 2008. "Adsorption Of Water And Benzene Vapour In Mesoporous Materials." *Makara J. Sains*, (12): 120–125.
- [2] Bandyopadhyay, M., Shiju, N.R., Brown, D.R. 2010. "MCM-48 as a support for sulfonic acid catalysts", *Catal. Commun*, (11): 660–664. <https://doi.org/10.1016/j.catcom.2010.01.018>.

- [3] Budhi, S., Wu, C.-M., Zhao, Koodali, R.T. 2015. "Investigation of Room Temperature Synthesis of Titanium Dioxide Nanoclusters Dispersed on Cubic MCM-48 Mesoporous Materials." *Catalyst* 5, 1603–1621. <https://doi.org/510.3390/catal5031603>.
- [4] Manga, J., Ahmad, A., Taba, P., Firdaus.2019. "Synthesis and modification of mesoporous silica with sulfated titanium dioxide as a heterogeneous catalyst for biodiesel production from palm fatty acid distillate." *J. Phys. Conf. Ser.* 1341, 032014. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1341/3/032014>, 2019

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada P3M Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberikan pendanaan dan kepada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang serta seluruh teman sejawat yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat.