



## Peningkatan Kadar Etanol dalam Ciu dengan Metode Distilasi Adsorptif Menggunakan Zeolit Alam

Anita Rahayu<sup>✉</sup>, Triastuti Sulistyarningsih, dan Jumaeri

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang  
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Diterima Mei 2020

Disetujui Juni 2020

Dipublikasikan Agustus  
2020

#### Keywords:

Distilasi Adsorpsi  
Pemurnian  
Etanol  
Zeolit Alam

### Abstrak

Kebutuhan bahan bakar minyak di Indonesia, khususnya premium semakin meningkat, sedangkan ketersediaannya di alam semakin sedikit. Oleh karena itu, perlu dicari alternatif bahan bakar yang dapat diperbaharui, seperti Etanol. Etanol dengan kadar > 96,5% v/v dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar. Etanol dengan kadar > 96,5% dapat dicapai dengan menggunakan metode distilasi adsorptif. Pada penelitian ini pemurnian etanol dilakukan menggunakan dua cara yaitu distilasi sederhana dan distilasi adsorptif. Kadar awal sampel CIU A, CIU B dan CIU C berturut-turut adalah 9,92, 44,60 dan 47,31% dengan menggunakan metode distilasi sederhana kadar etanol dapat meningkat menjadi 29,37, 86,96 dan 90,81%. Meskipun metode distilasi sederhana dapat meningkatkan kadar etanol secara signifikan namun tidak dapat melampaui titik azeotropnya sehingga perlu adanya metode lain yaitu distilasi adsorptif dengan adsorben zeolit alam yang sudah teraktivasi. Dengan menggunakan metode distilasi adsorptif diperoleh kadar etanol tertinggi CIU A, CIU B dan CIU C berturut-turut sebesar 33,20, 98,28 dan 99,22%. Kadar etanol tertinggi diperoleh saat pengambilan distilat ke-3 yaitu pada waktu 45 menit distilasi.

### Abstract

The need for fuel oil in Indonesia, especially premium, is increasing, while its availability in nature is getting smaller. Therefore, it is necessary to look for alternative renewable fuels, such as Ethanol. Ethanol with a level of > 96.5% v/v can be used as a mixture of fuel. Ethanol with a concentration of > 96.5% can be achieved using the adsorptive distillation method. In this study, ethanol purification was carried out using two methods, simple distillation and adsorptive distillation. Initial levels of CIU A, CIU B and CIU C samples were 9.92, 44.60 and 47.31% respectively using a simple distillation method. Ethanol levels could increase to 29.37, 86.96 and 98.81%. Although a simple distillation method can significantly increase ethanol levels but cannot exceed its azeotropic point, it is necessary to have another method, namely adsorptive distillation with activated zeolite natural adsorbent. By using the adsorptive distillation method, the highest ethanol levels of CIU A, CIU B and CIU C were 33.20, 98.28 and 99.22% respectively. The highest ethanol content was obtained when the third distillate was taken at 45 minutes distillation.

© 2020 Universitas Negeri Semarang

✉Alamat korespondensi:

Gedung D6 Lantai 2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229

E-mail: [rahayuanita271@gmail.com](mailto:rahayuanita271@gmail.com)

p-ISSN 2252-6951

e-ISSN 2502-6844

## Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang kaya dengan sumber daya energi baik energi yang bersifat dapat diperbarui maupun yang tidak dapat diperbarui. Sumber daya energi yang digunakan lebih banyak berasal dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui seperti, minyak bumi atau sumber daya fosil lainnya. Ketersediaan sumber daya fosil di alam semakin menipis. Kondisi ini menyebabkan ketersediaan energi fosil, khususnya minyak mentah di Indonesia semakin langka (Taufany *et al.*, 2015). Padahal saat ini kebutuhan energi dalam sektor transportasi di dunia terus meningkat, untuk mengimbangi tingkat permintaan dengan keterbatasan sumber energi yang ada terutama minyak bumi sebagai bahan bakar, perlu adanya bahan bakar alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak, salah satunya etanol (Brooks *et al.*, 2010). Etanol murni adalah salah satu produk bioenergi atau energi terbarukan yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti bahan bakar sebagai solusi krisis energi (Taufany *et al.*, 2015).

Beberapa metode pemurnian etanol agar dapat melampaui titik azeotropnya antara lain distilasi ekstraktif, *pressure swing distillation*, teknologi membran dan distilasi adsorptif. Metode yang paling efektif untuk pemurnian etanol adalah distilasi adsorptif. Metode distilasi adsorptif merupakan salah satu metode yang digunakan dalam pemisahan etanol dengan air yang dilakukan secara simultan. Salah satu aplikasi metode distilasi adsorptif adalah pengambilan air dari sistem isopropil alkohol-air diperoleh kemurnian isopropil alkohol dengan konsentrasi 99,5% (Mujiburohman *et al.*, 2006). Silvia dan Ragil (2008) telah melakukan pengambilan air dari sistem isopropil alkohol-air dengan metode distilasi adsorptif menggunakan zeolit alam dan silika gel diperoleh kemurnian isopropil alkohol sebesar 91,6%. Aplikasi distilasi adsorptif yang lain yaitu pada pemurnian etanol hasil fermentasi gula dari jagung menggunakan zeolit sintesis yang kemudian bisa digunakan sebagai bahan bakar (Dale & Wallace, 2006).

Pada proses distilasi etanol-air, terdapat titik azeotrop yang sulit dicapai menjadi etanol murni (99,5%) melalui proses distilasi sederhana (Taufany *et al.*, 2015). Pada penelitian ini dilakukan pemurnian etanol dengan metode distilasi adsorptif menggunakan adsorben zeolit alam. Adsorben merupakan material berpori yang dapat digunakan untuk menyerap komponen yang akan dipisahkan. Berdasarkan sifatnya terhadap air, adsorben dibedakan menjadi dua, yaitu adsorben hidrofob dan adsorben hidrofil. Zeolit alam merupakan jenis adsorben hidrofil atau merupakan jenis adsorben yang mempunyai kemampuan menyerap air (Perry, 1999). Zeolit alam di Indonesia sangat melimpah dan memiliki kemurnian yang tinggi, mempunyai efisiensi yang tinggi dalam menyerap air, serta mudah diregenerasi, sehingga bisa digunakan kembali dalam proses adsorpsi (Khaeruddin *et al.*, 2007).

Ciu Bekonang merupakan minuman tradisional khas Solo hasil fermentasi tetes tebu, yang menghasilkan etanol dan karbondioksida dengan kadar etanol  $\pm 30\%$  (Widodo, 2004). Kadar etanol yang masih rendah tersebut menyebabkan ciu Bekonang belum dimanfaatkan secara maksimal, hanya digunakan sebagai minuman keras, sementara kebutuhan etanol di berbagai bidang semakin meningkat.

Berdasarkan uraian di atas penelitian ini mengkaji peningkatan kadar etanol Bekonang. Metode yang digunakan adalah distilasi adsorptif menggunakan adsorben zeolit alam, sehingga mendapatkan etanol dengan kadar kemurnian yang lebih tinggi. Kadar etanol yang tinggi dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi alternatif pengganti bahan bakar minyak. Kadar etanol sebelum dan sesudah proses distilasi adsorptif dianalisis menggunakan instrumen *Gas Chromatography* (GC).

## Metode

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu seperangkat alat distilasi sederhana, ayakan 50 *mesh*, peralatan gelas dan instrumen GC. Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahapan, antara lain aktivasi zeolit alam secara kimia dan fisika, distilasi sederhana dan distilasi adsorptif menggunakan adsorben zeolit alam teraktivasi.

Aktivasi zeolit alam dilakukan dengan dua tahapan yaitu aktivasi secara kimia dan fisik. Zeolit alam diaktivasi secara kimia dengan direndam menggunakan larutan HCl 1,0 M (Anggara *et al.*, 2013) dengan perbandingan 1:10 (b/v) diaduk selama 2 jam menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm, kemudian disaring dan dicuci menggunakan akuademin hingga pH netral (pH = 7). Residu yang sudah dibilas lalu dikeringkan dengan oven pada suhu 120°C selama 4 jam. Setelah itu diaktivasi secara fisik dengan cara dikalsinasi menggunakan *Furnace* pada suhu 600°C selama 3 jam kemudian dianalisis menggunakan instrumen *SAA* (*Surface Area Analyzer*) untuk dapat mengetahui luas permukaannya.

Penelitian ini dimulai dengan proses distilasi etanol Bekonang dengan cara memanaskan etanol Bekonang yang mengandung etanol dengan konsentrasi 9,92% (CIU A), 44,60% (CIU B) dan 47,31% (CIU C) masing-masing dimasukkan dalam labu alas bulat di atas *hitting mantle* yang diset pada suhu skala 3 dan suhu ciu Bekonang dijaga konstan 78°C. Etanol akan mulai mendidih pada suhu 78°C dan uap campuran etanol dan air akan masuk dalam kolom distilasi yang telah berisi zeolit alam. Zeolit alam akan

mengadsorpsi uap air sedangkan uap etanol akan dilanjutkan ke proses kondensasi sehingga di dapatkan etanol dengan kemurnian yang lebih tinggi. Zeolit alam yang digunakan dalam mengadsorpsi sebanyak 10,00 gram. Rangkaian alat distilasi adsorptif dapat dilihat pada Gambar 3.1 Distilat akan ditampung setiap 15 menit untuk kemudian dianalisis menggunakan instrumen GC (*Gas Chromatography*). Hasil analisis menggunakan GC didapatkan data luas area yang kemudian digunakan untuk menghitung kadar etanol.

### Hasil dan Pembahasan

Aktivasi zeolit alam yang berasal dari Gunungkidul diperlakukan melalui dua tahapan yaitu tahap memperkecil ukuran zeolit dan tahap aktivasi. Zeolit diperkecil ukurannya sehingga lolos saat dilakukan pengayakan dengan ayakan ukuran 50 *mesh*. Tahap aktivasi dilakukan secara kimia dan fisik. Hasil proses tersebut tersaji pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Pengamatan hasil perlakuan zeolit

Perlakuan Zeolit	Karakteristik Fisik		Gambar
	Bentuk	Warna	
Zeolit Alam Awal	Bongkahan kecil	Abu-abu	
Pengayakan	Butiran kasar	Putih keabu-abuan	
Aktivasi (kimia dan fisik)	Butiran kasar	Coklat kemerahan	

Zeolit yang sudah melalui proses pengayakan kemudian diaktivasi secara kimia dan fisik. Aktivasi secara kimia dilakukan dengan perendaman menggunakan larutan HCl 1,0 M, tujuannya untuk menghilangkan pengotor yang menempel pada zeolit, seperti  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$ . Larutan menjadi berwarna kehijauan kemungkinan akibat larutnya logam Fe menjadi  $\text{Fe}^{2+}$ . Zeolit kemudian diaduk dengan menggunakan pengaduk magnet tujuannya untuk membantu melarutkan senyawa-senyawa yang dapat mengganggu kemampuan zeolit dalam mengadsorpsi. Selama perendaman dengan larutan HCl, zeolit bersifat asam.

Proses aktivasi secara fisik dilakukan dengan proses kalsinasi pada suhu 600°C selama 3 jam. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang tidak dapat larut dalam proses kimiawi yang terjatuh dalam pori-pori dan menghilangkan zeolit dari pengotor senyawa organik. Proses kalsinasi dilakukan pada suhu 600°C tujuannya untuk menguapkan basa Bronsted dan air serta untuk mengatur tata letak atom sehingga membentuk oksida logam yang stabil pada zeolit (Jestyssa & Maygasari, 2010). Pada proses kalsinasi pengotor yang berupa senyawa organik dan air akan dilepaskan dari zeolit sehingga dapat mengubah struktur zeolit menjadi lebih aktif sehingga kemampuan menyerapnya menjadi lebih baik.

Luas permukaan pori zeolit sangat berperan terhadap proses adsorpsi. Berdasarkan Tabel 2 diperoleh luas permukaan zeolit 16,975  $\text{m}^2/\text{g}$ , volume pori total sebesar 0,661  $\text{cc}/\text{g}$ . Berdasarkan penelitian Atikah tahun 2017 luas permukaan zeolit sebesar 44,054  $\text{m}^2/\text{g}$  dan volume pori total sebesar 0,133  $\text{cc}/\text{g}$ . Luas permukaan zeolit dapat berubah-ubah, tergantung ukuran partikel zeolit. Pada penelitian ini menggunakan zeolit dengan ukuran 50 *mesh* sehingga luas permukaannya lebih rendah dibandingkan dengan zeolit ukuran 150 *mesh*.

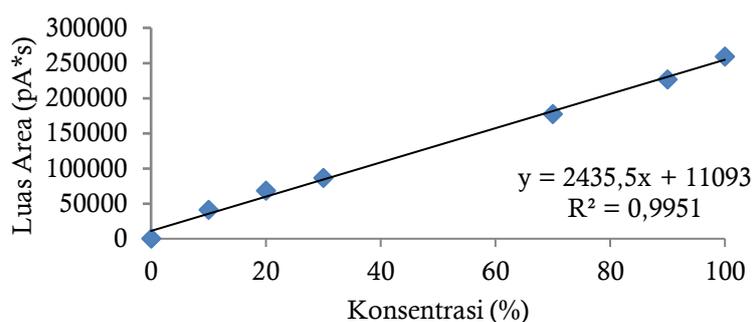
**Tabel 2.** Hasil analisis SAA dari sampel

Jenis zeolit	Ukuran ( <i>mesh</i> )	Luas permukaan ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	Volume pori total ( $\text{cc}/\text{g}$ )
Zeolit (penelitian ini)	50	16,975	0,661
Zeolit (Atikah, 2017)	150	44,054	0,133

Data larutan standar tersaji pada Tabel 3. Tujuan pembuatan kurva standar etanol yaitu untuk mendapatkan persamaan  $y = ax \pm b$  yang digunakan untuk menghitung kadar sampel. Hasil data larutan standar didapatkan persamaan  $y = 2435,0x + 11093$  dengan linearitas sebesar 0,995 tertera pada Gambar 1.

**Tabel 3.** Data larutan standar etanol

No.	Kode larutan	Konsentrasi (%)	Luas area (pA*s)
1.	Standar 1	0	0
2.	Standar 2	10	40696,897
3.	Standar 3	20	68179,788
4.	Standar 4	30	86393,978
5.	Standar 5	70	176678,505
6.	Standar 6	90	226050,973
7.	Standar 7	100	259025,852



**Gambar 1.** Kurva larutan standar etanol

Proses pemurnian etanol dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu suhu pemanasan, adsorben dan tekanan. Suhu pemanasan (*heating mantle*) pada skala 2,5 sedangkan suhu pada termometer harus dijaga konstan 78°C. Hal ini bertujuan agar panas yang dihasilkan mampu mempertahankan kecepatan uap campuran tetap konstan karena proses yang digunakan *steady state*. Panas yang tidak konstan akan menyebabkan ketidakstabilan kecepatan uap campuran, sehingga proses pemurnian tidak *steady state*.

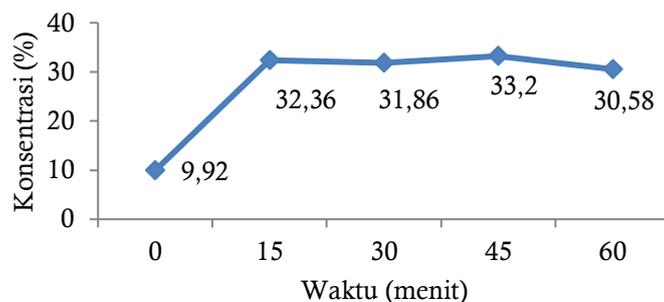
Penelitian ini menggunakan umpan etanol. Etanol yang digunakan yaitu Ciu Bekonang dengan kadar 9,92, 44,60 dan 47,31% v/v (fase cair). Ciu Bekonang terdiri dari larutan etanol-air dengan komposisi azeotropnya yaitu 95,63% etanol dan 4,37% air (w/w) (Kiss & Ignat, 2012). Etanol mendidih pada suhu 78,4°C dan air mendidih pada suhu 100°C, tetapi titik didih azeotropnya pada suhu 78,2°C yang mana lebih rendah dibandingkan dengan keduanya. Suhu 78,2°C adalah suhu minimum untuk larutan etanol-air dapat menguap. Etanol dengan kadar melebihi azeotropnya bisa didapatkan dengan cara menjerap molekul uap air yang menguap bersama etanol dengan adsorben, pada penelitian ini menggunakan adsorben zeolit alam teraktivasi secara kimia dan fisik.

Etanol yang dipanaskan akan menguap, kemudian uap akan masuk ke dalam adsorben. Pada kondisi tersebut uap air akan terjerap oleh adsorben dan uap etanol yang lebih murni akan lolos kemudian masuk kolom kondensor dan hasil distilasi ditampung pada labu distilat. Hasil distilasi akan diambil setiap 15 menit hingga menit ke 60 dan di analisis menggunakan instrumen GC untuk mengetahui kadarnya. Hasil peningkatan kadar etanol Bekonang dapat dilihat pada Tabel 4.

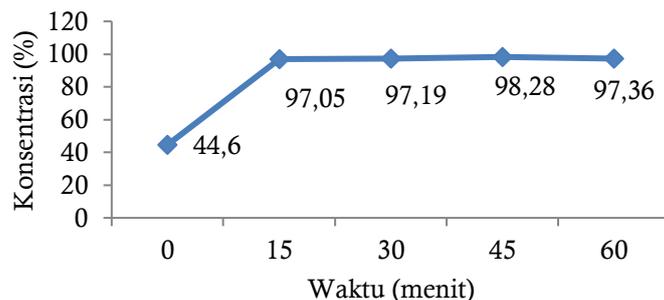
Peningkatan kadar etanol pada sampel CIU A terjadi secara signifikan. Kadar awal CIU A sebesar 9,92% setelah didistilasi kadar etanol meningkat menjadi 29,37% dan setelah didistilasi dengan adsorben zeolit kadar etanol pada cuplikan 1, 2, 3, dan 4 berturut-turut adalah 32,36%, 31,86%, 33,20% dan 30,58%. Berdasarkan hasil analisis data, variasi waktu pengambilan distilat paling optimum yaitu pada menit ke 45 kadar CIU A mencapai 33,20%. Peningkatan kadar etanol pada CIU A setelah distilasi dan distilasi adsorptif dengan adsorben zeolit alam tidak meningkat secara signifikan, grafik peningkatannya dapat dilihat pada Gambar 2. Kadar awal CIU A adalah 9,92% setelah dilakukan distilasi sederhana dan distilasi adsorptif kadar etanol pada CIU A tidak bisa melampaui azeotrop etanol-air. Hal ini terjadi karena kadar awal CIU A terlalu rendah yaitu 9,92% dari 100% dan selebihnya adalah air.

**Tabel 4.** Peningkatan kadar etanol Bekonang

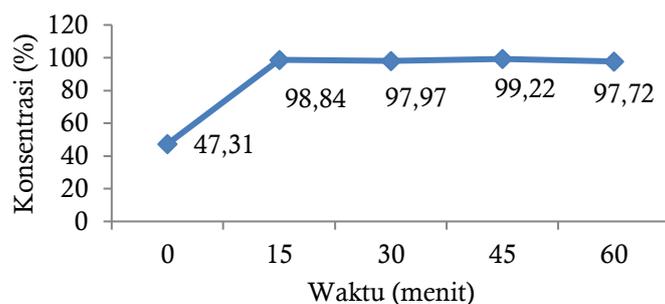
No.	Perlakuan	Kadar etanol (%)		
		CIU A	CIU B	CIU C
1.	Kadar awal	9,92	44,60	47,31
2.	Distilasi tanpa zeolit (TZ)	29,37	86,96	90,81
3.	Cuplikan 1 (waktu 15 menit)	32,36	97,05	98,84
4.	Cuplikan 2 (waktu 30 menit)	31,86	97,19	97,97
5.	Cuplikan 3 (waktu 45 menit)	33,20	98,28	99,22
6.	Cuplikan 4 (waktu 60 menit)	30,58	97,36	97,72

**Gambar 2.** Peningkatan kadar etanol pada CIU A

Kadar awal CIU B sebesar 44,60% setelah didistilasi kadar etanol meningkat menjadi 86,96% dan setelah didistilasi dengan adsorben zeolit kadar etanol pada cuplikan 1, 2, 3, dan 4 berturut-turut adalah 97,05%, 97,19%, 98,38% dan 97,36%. Kadar etanol tertinggi pada waktu 45 menit distilasi (cuplikan 3) yaitu 98,38%, setelah itu kadar etanolnya menurun menjadi 97,36%. Peningkatan kadar etanol pada CIU B setelah distilasi dengan adsorben meningkat secara signifikan, grafik peningkatannya dapat dilihat pada Gambar 3.

**Gambar 3.** Peningkatan kadar etanol pada CIU B

Kadar awal CIU C sebesar 47,31% setelah didistilasi kadar etanol meningkat menjadi 90,81% dan setelah didistilasi adsorptif dengan adsorben zeolit kadar etanol pada cuplikan 1, 2, 3, dan 4 berturut-turut adalah 98,84%, 97,97%, 99,22% dan 97,72%. Kadar etanol tertinggi pada waktu 45 menit distilasi (cuplikan 3) yaitu 99,22% namun pada pengambilan distilat berikutnya kadar etanol menurun menjadi 97,72%. Peningkatan kadar etanol pada CIU B setelah distilasi dengan adsorben meningkat secara signifikan, grafik peningkatannya dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Peningkatan kadar etanol pada CIU C

Metode distilasi adsorptif merupakan salah satu alternatif untuk pemurnian etanol. Metode ini efektif digunakan untuk pemisahan etanol-air. Penggunaan zeolit alam teraktivasi sebagai adsorben selain harganya murah dan keberadaannya melimpah di alam juga memiliki kemampuan adsorpsi yang baik. Kadar etanol Bekonang setelah proses distilasi adsorptif dapat melampaui titik azeotrop etanol-air. Pengambilan distilat dilakukan sebanyak empat kali, yaitu waktu 15, 30, 45 dan 60 menit. Waktu optimum dengan kadar etanol tertinggi untuk semua sampel adalah pengambilan distilat ke 3 pada waktu 45 menit distilasi. Pengambilan distilat pada menit ke 60 untuk semua sampel kadarnya menurun. Hal ini terjadi karena adsorben zeolit alam mengalami kejenuhan.

Pada penelitian ini menggunakan zeolit ukuran 50 *mesh*. Ukuran diameter zeolit mempengaruhi luas permukaannya, semakin kecil ukuran zeolit maka luas permukaannya semakin besar. Luas permukaan besar menyebabkan ruang hampa dan pori-pori yang dimiliki zeolit akan semakin banyak. Ruang hampa pada zeolit berfungsi sebagai tempat penampung uap air yang teradsorpsi dan pori-pori sebagai jalur masuknya uap air yang teradsorpsi. Sehingga semakin banyak ruang hampa dan pori-pori inilah yang membuat zeolit mampu mengadsorpsi air lebih banyak pula. Pada penelitian ini pengambilan distilat ke 4 yaitu menit ke 60 untuk semua sampel kadarnya menurun. Hal ini terjadi karena ruang hampa dan pori-pori zeolit sudah penuh terisi dengan uap air atau jenuh, sehingga kemampuan adsorpsinya turun.

### Simpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan bahwa zeolit alam terbukti dapat meningkatkan kadar etanol menggunakan metode distilasi adsorptif. Kadar etanol tertinggi dicapai ketika pengambilan distilat pada waktu 45 menit yaitu sebesar 33,20 % untuk CIU A, 98,28% untuk CIU B dan 99,22% untuk CIU C.

### Daftar Pustaka

- Anggara, R., Surjani, W. & Ridwan, J., 2013. Optimalisasi Zeolit Alam Wonosari dengan Proses Aktivasi secara Fisika dan Kimia. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(1): 72-77
- Atikah, W.S., 2017. Potensi Zeolit Alam Gunung Kidul Teraktivasi sebagai Media Adsorben Pewarna Tekstil. *Jurnal Arena Tekstil*, 32(1): 17-24
- Brooks, A., Anthony, L. & Patrick, O., 2010. Purification of Light Alcohols Using Macroporous Hydrophobic Membranes
- Dale, R.T. & Wallace, E.T., 2006. *Economic and Technical Analysis of Ethanol Dry Milling: Model Description*. West Lafayette: Purdue University
- Jestyssa, A.H. & Maygasari, D.A., 2010. *Optimasi Proses Aktivasi Katalis Zeolit Alam dengan Uji Proses Dehidrasi Etanol*. Semarang: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Kesuma, R.F., Berlian, S. & Adhitiyawarman, 2013. Karakterisasi Pori Adsorben Bertahan Baku Kaolin Capkala dan Zeolit Dealuminasi. *Jurnal JKK*, 19-23
- Khaeruddin, J.Z., Cathaputra, E. & Winoto, H.P., 2007. Produksi Isopropil Alkohol Murni untuk Aditif Bensin yang Ramah Lingkungan sebagai Wujud Pemanfaatan Prosuk Samping pada Industri Alam. *Laporan Akhir Karya Tulis*
- Kiss, A.A. & Ignat, R.M., 2012. Innovative Single Step Bioethanol Dehydration in An Extractive Dividing-Wall Coloumn. *Separation and Purification Technology Journal*, 98: 290-97

- Mujiburohman, M., W.B, S. & H, S., 2006. A preliminary study: Distillation of isopropanol–water mixture using fixed adsorptive distillation method. *Separation and Purification Technology*, 48(1): 85-92
- Perry, R.H., 1999. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 6th ed. America: United States of America
- Taufany, F.*et al.*, 2015. Performance of Appended Wire Mesh Packing in Sieve Tray Distillation Column of Ethanol-Water System. *Modern Applied Science*, (62)
- Widodo, A., 2004. Tinjauan Sosiologi Kesehatan Mengenai Kebiasaan Minum-minuman Keras ("Ciu Bekonang") di Daerah Sukoharjo dan Upaya Menanggulangnya. *Infokes*, 8(1)