



PENGARUH WAKTU DAN BERAT ADSORBEN BENTONIT PADA PROSES DEHIDRASI BIOETANOL

Atikah

Dosen PNSD Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang
email : tikaprihatmoko@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu metode untuk mengurangi kadar air dalam bioetanol selain distilasi adalah dengan cara adsorpsi. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu dan berat adsorben pada proses dehidrasi bioetanol secara adsorpsi dengan menggunakan adsorben bentonit. Bentonit digunakan karena memiliki ukuran partikel koloid yang sangat kecil dan kapasitas permukaan ion yang tinggi sehingga bentonit mempunyai sifat mengadsorpsi. Proses adsorpsi dilakukan secara batch dengan memasukkan bioetanol kadar 70% dan bentonit yang telah teraktivasi dengan HCl 1 M kemudian dilakukan pengadukan. Proses adsorpsi dilakukan masing-masing selama 30, 50, 70, 90 dan 110 menit. Selanjutnya bioetanol dan bentonit dipisahkan untuk selanjutnya dianalisa kadar air dan etanolnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berat adsorben dan waktu proses memberikan pengaruh terhadap penurunan kadar air dalam bioetanol. Hasil terbaik berlangsung pada waktu proses 110 menit dan berat bentonit 50 gram dengan kadar air 6.71 %, kadar etanol 93.29% dan penurunan kadar air 77,63% dari kadar awal 30% .

Kata kunci : bioetanol, dehidrasi, adsorpsi, bentonit

PENDAHULUAN

Metode konvensional yang umum digunakan dalam proses dehidrasi bioetanol adalah dengan metode distilasi. Metode ini dapat menghasilkan bioetanol hingga kadar 95,6 % volume. Kadar bioetanol meningkat dengan semakin seringnya didistilasi. Penggunaan metode distilasi memiliki kelemahan, yaitu tidak dapat memurnikan bioetanol secara sempurna dan konsumsi energi dengan metode destilasi ini sangat besar serta terjadi kehilangan etanol berlebih (*etanol lose*) dalam proses ini. Proses pemurnian dengan prinsip dehidrasi umumnya dilakukan dengan metode molecular sieve untuk memisahkan air dari senyawa etanol.

Salah satu adsorben yang bisa digunakan dalam proses dehidrasi bioetanol adalah bentonit. Bentonit mempunyai sifat mengadsorpsi karena ukuran partikel koloidnya sangat kecil dan memiliki kapasitas permukaan ion yang tinggi (Barrer, 1978). Hal ini memungkinkan untuk menghindari kehilangan bioetanol pada jumlah yang besar sehingga akan lebih efektif dan efisien dari segi penggunaan energi untuk memisahkan bioetanol yang dihasilkan dari senyawa-senyawa yang tidak diinginkan. Selain itu

bioetanol yang dihasilkan memiliki kemurnian yang tinggi dengan biaya produksi dan penggunaan energi yang relatif rendah.

TINJAUAN PUSTAKA

Bioetanol

Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa yang dilanjutkan dengan proses distilasi. Tidak ada perbedaan antara etanol biasa dengan bioetanol yang membedakan hanyalah bahan baku pembuatan dan proses pembuatan. Bahan baku bioetanol yang dapat digunakan antara lain ubi kayu, sorgum, tebu, sago dan lain-lain. Etanol termasuk kedalam alkohol rantai tunggal dengan rumus kimia C_2H_5OH dan rumus empiris C_2H_6O yang merupakan isomer konstitusional dari dimetil eter (McMillan, 1997). Proses distilasi dapat menghasilkan etanol dengan kadar 95% volume. Berdasarkan kadar alkoholnya, etanol terbagi menjadi tiga grade sebagai berikut (Niven, 2005) :

1. Grade industri dengan kadar alkohol 90-94%.
2. Netral dengan kadar alkohol 96-99,5%, umumnya digunakan untuk minuman keras atau bahan baku obat dalam industri farmasi.
3. Grade bahan bakar dengan kadar alkohol diatas 99,5%

Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar (biofuel) perlu pemurnian lebih lanjut hingga mencapai 99,5% yang lazim disebut fuel grade ethanol (FGE). Fuel grade etanol atau etanol kering biasanya memiliki berat jenis dalam rentang 0,7936-0,7961 (pada kondisi 15,56/15,56°C), atau berat jenis dalam rentang 0.7871-0.7896 (pada kondisi 25/25°C), diukur dengan cara piknometri atau hidrometri yang sudah lazim diterapkan dalam industri alkohol (Niven, 2005).

Proses Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses pengikatan molekul dalam suatu fluida baik cair maupun gas ke permukaan pori benda padat. Proses adsorpsi biasanya dilakukan dengan mengkontakan larutan atau gas dengan padatan, sehingga sebagian komponen larutan atau gas diserap pada permukaan pori padatan, akibatnya akan mengubah komposisi larutan tersebut. Bahan yang dipakai untuk melakukan proses adsorpsi dinamakan adsorben, sedangkan bahan yang disebut adsorbat. Adsorben yang baik harus memiliki kapasitas dan selektifitas adsorpsi terhadap molekul adsorbat (Levine, 2002). Pada dasarnya adsorpsi dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu adsorpsi fisis dan adsorpsi kimia (Levine, 2002). Kedua jenis adsorpsi ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Adsorpsi fisis
Adsorpsi ini sering disebut dengan adsorpsi Van Der Walls yang disebabkan oleh gaya intermolekuler yang lemah. Adsorpsi ini bersifat reversible penuh sehingga dapat terjadi desorpsi. Adsorpsi terjadi tidak pada site yang spesifik dan molekul yang teradsorpsi menyelimuti seluruh permukaan. Panas adsorpsi yang terjadi cukup rendah yaitu dibawah 20 kcal/mol.
2. Adsorpsi kimia
Adsorpsi ini terlibat ikatan kimia antar molekul adsorbat dan permukaan adsorben. Proses ini terjadi secara irreversible. Adsorpsi terjadi pada sites spesifik dan panas adsorpsi yang dihasilkan yaitu 20 sampai 100 kcal/mol
3. Pertukaran ion
Pertukaran ion merupakan bentuk khusus dari adsorpsi kimia. Pertukaran ion adalah suatu fenomena atau suatu proses yang melibatkan pertukaran dapat balik dari ion-ion di dalam larutan dengan ion terikat di dalam bahan bakar penukar ion. Pada proses tersebut tidak ada perubahan permanen di dalam struktur padatan. Mekanisme pertukaran ion ini didasarkan pada sifat sorptif

dari tempat yang bermuatan negatif dalam adsorben terhadap ion positif yang terjadi karena gaya coulomb.

Kebanyakan adsorben adalah bahan yang mempunyai porositas yang tinggi untuk menempatkan adsorbat pada dinding pori. Pemilihan adsorben berdasarkan pada kapasitas, selektifitas, kecepatan penyerapan, tidak mengandung pencemar berbahaya, murah harganya dan mudah regenerasinya. Dalam proses penyerapan, permukaan adsorben yang sifatnya polar akan mengikat molekul yang sifatnya polar dan permukaan adsorben non-polar akan mengikat molekul yang sifatnya non-polar.

Beberapa faktor yang mempengaruhi adsorpsi pada permukaan zat padat antara lain :

1. Jenis Adsorben

Syarat-syarat yang harus dipenuhi dalam pemilihan adsorben adalah memiliki permukaan kontak yang luas, mempunyai pori-pori aktif dan murni serta tidak bereaksi dengan adsorbat.

2. Jenis Adsorbat

Syarat-syarat yang diperlukan agar adsorbat terserap dengan baik adalah :

- Ukuran Adsorbat

Molekul yang terjerap haruslah mempunyai ukuran partikel yang lebih kecil dari ukuran diameter pori adsorben.

- Jenis kepolaran adsorbat

Umumnya adsorbat bersifat ionik dengan polaritas tinggi, jika diameternya sebanding maka molekul-molekul polar terserap lebih kuat dari pada molekul non-polar.

3. Jenis ikatan

Senyawa tidak jenuh lebih baik dijerap bila dibandingkan dengan senyawa jenuh.

4. Temperatur

Pada adsorpsi fisis kenaikan temperatur menyebabkan adsorpsi menurun. Hal ini disebabkan mobilitas dari atom-atom suatu zat yang diadsorpsi bertambah dengan naiknya temperatur. Oleh karena itu, zat yang diserap cenderung meninggalkan zat penyerap. Sedangkan pada adsorpsi kimia, adsorpsi bertambah dengan naiknya temperatur. Kenaikan temperatur juga dapat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka karena unsur-unsur pengotor pada permukaan akan teroksidasi.

5. pH

Adsorpsi antara fasa padat-cair sangat dipengaruhi oleh pH larutan. Adsorpsi yang dilakukan pada pH tinggi cenderung memberikan hasil yang kurang sempurna, karena pada kondisi basa terbentuk senyawa oksida dari unsur pengotor lebih besar sehingga akan menutupi permukaan adsorben.

6. Waktu Kontak

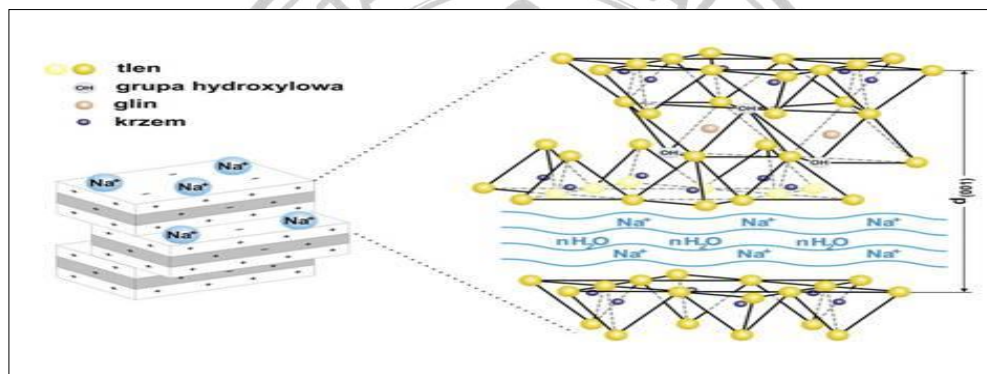
Kemampuan daya serap meningkatkan dengan lamanya waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat hingga mencapai kesetimbangan.

Bentonite

Bentonite adalah istilah untuk lempung (*clay*) yang mengandung monmorilonit di dalam dunia perdagangan dan termasuk kelompok *dioktahedral*. Bentonite termasuk mineral lempung *clay* golongan smektit *dioktahedral* yang mengandung sekitar 80% *monmorilonit* dan sisanya antara lain *kaolit*, *illit*, *feldspar*, *gypsum*, abu vulkanik, kalsium karbonat, pasir kuarsa dan mineral lainnya (Barrer, 1978). Formula bentonit adalah $(\text{Na,Ca})_{0,33} (\text{Al,Mg})_2 \text{Si}_{10} (\text{OH})_2 (\text{H}_2\text{O})_n$. Bentonit bersifat lunak dengan tingkat kekerasan satu pada skala Mohs, berat jenisnya berkisar antara 1,7 sampai 2,7, mudah pecah, terasa berlemak bila dipegang, mempunyai sifat mengembang bila kena air. Bentonite juga sering disebut sebagai soapclay, taylorite, bleaching clay, fuller's earth, konfolensit, safonit, atau smegmatit dan stolpenit.

Bentonite mempunyai sifat mengadsorbsi karena ukuran partikel koloidnya sangat kecil dan memiliki kapasitas permukaan ion yang tinggi. Pengembangan bentonite disebabkan oleh adanya penggantian isomorphous pada lapisan oktoedral (Mg oleh Al) dalam menghadapi kelebihan muatan di ujung kisi-kisinya. Secara umum bentonite dapat dibedakan tergantung kepada sifat fisika dan kimianya (kapasitas pertukaran basa, waktu pengendapan, kekuatan mengembang, nilai pH, dan lainnya) serta komposisi bahannya. Terdapat 2 jenis bentonite yaitu swelling (sodium bentonite) dan non-swelling (calcium bentonite).

Partikel bentonite bermuatan negatif yang diimbangi dengan kation dapat dipertukarkan dan terikat lemah (Na, Ca, Mg, atau K). Adanya kation yang dapat dipertukarkan ini memungkinkan bentonite memisahkan logam berat dari air, dan juga memisahkan senyawa organik kationik melalui mekanisme pertukaran ion. Adanya gaya elektostatis yang mengikat kristal pada jarak $4,5 \text{ \AA}$ dari permukaan cukup kuat untuk mempertahankan unit-unitnya, akan tetap terjaga unit itu untuk tidak saling merapat. Pada pencampuran dengan air, adanya pengembangan membuat jarak antara setiap unit makin melebar dan lapisannya menjadi bentuk serpihan, serta mempunyai permukaan luas jika dalam zat peng suspensi (Barrer, 1978).



Gambar 1. Struktur Bentonite

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan termometer, erlenmeyer, pipet volume, cawan porselen, gelas ukur, hot plate, pipet tetes, kertas saring, gelas beaker, corong kaca, pipet ukur, pemanas, statif klem, screening, labu leher dua, neraca analitik, piknometer, pengaduk, furnace, aluminium foil, penyumbat, selang, pH meter. Bahan yang digunakan asam klorida (HCl), aquadest, bentonit, bioetanol 70%

Prosedur

Proses Preparasi Bentonit

Bentonit dihaluskan dengan cara pengayakan menggunakan screening hingga diperoleh ukuran partikel 100 mesh. Bentonit ditimbang sesuai dengan variabel yang telah ditentukan (30 gram, 50 gram, 70 gram, 90 gram, dan 110 gram) kemudian ditambah aquadest dengan perbandingan 1:1 (b/v atau gr/ml) untuk menghilangkan bahan-bahan pengotor yang terdapat pada bentonit. Selanjutnya bentonit disaring untuk memisahkan air dan padatan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 150°C dengan waktu 1 jam.

Proses Aktivasi Bentonit

Tahapan pembuatan bentonit aktivasi yaitu bentonit direndam ke dalam 300 mL aquadest dengan HCl 1 M selama kurang lebih 3 jam. Selanjutnya dilakukan pengadukan agar bentonit tercampur secara homogen. Campuran tersebut kemudian disaring dan dibilas dari bahan pengotornya dengan aquadest kembali. Kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu sekitar 150 °C selama 1 jam. Setelah itu bentonit didinginkan pada temperature suhu ruangan.

Proses Adsorpsi Bioetanol

Proses adsorpsi dilakukan dengan memasukkan bioetanol kadar 70% sebanyak 200 ml bersama bentonit yang telah teraktivasi ke dalam erlenmeyer kemudian dilakukan pengadukan selama 5 menit agar tercampur secara merata. Selanjutnya didiamkan masing-masing selama 30, 50, 70, 90 dan 110 menit. Bioetanol dan bentonit dipisahkan, selanjutnya bioetanol difiltrasi untuk mendapatkan cairan bioetanol murni. Proses adsorpsi dilakukan pada temperatur konstan 80°C. Hasil dianalisa persentase kemurnian bioetanolnya dengan menggunakan peralatan gas chromatography (GC).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Dehidrasi Bioetanol Secara Adsorpsi

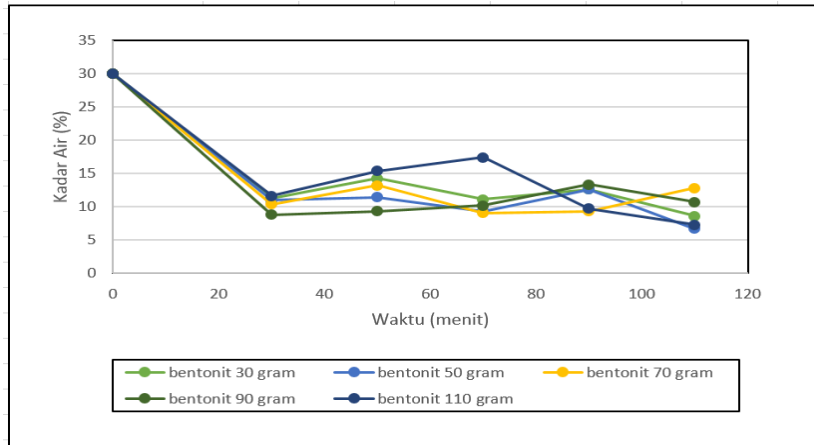
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berat bentonit dan waktu pada proses dehidrasi bioetanol dengan metode adsorpsi secara batch. Variabel yang diterapkan yaitu berat adsorbent bentonit 30, 50, 70, 90, 110 gram dan waktu proses 30, 50, 70, 90 dan 110 menit. Bioetanol yang digunakan sebagai bahan baku adalah bioetanol dengan kadar 70% dan proses dilakukan pada temperatur 80°C. Pada penelitian ini bentonit diaktivasi terlebih dahulu dengan larutan HCl 1 M. Tujuan dari aktivasi menggunakan asam adalah melepaskan ion Al, Fe dan Mg dan pengotor-pengotor lainnya dari kisi-kisi struktur sehingga secara fisiknya bentonit tersebut aktif dan diharapkan pori akan menjadi lebih terbuka dan bertambah. Pori-pori yang lebih besar pada permukaan bentonit teraktivasi memungkinkan material ini melakukan kinerja adsorpsi dengan lebih baik dibandingkan dengan bentonit yang belum teraktivasi.

Bertambahnya jumlah pori-pori pada bentonit akan meningkatkan luas permukaan bentonite yang mengakibatkan kapasitas penyerapannya menjadi bertambah besar. Penggunaan konsentrasi HCl 1 M pada bentonite merupakan kondisi optimum proses aktivasi bentonit. Apabila konsentrasi yang digunakan berlebih maka dikhawatirkan bentonit akan mengalami pelepasan (*dealuminasi*) unsur pengikatnya dalam jumlah berlebih sehingga gugus alkil akan berkurang dan struktur bentonit menjadi rusak. Aktivasi juga akan menguapkan air yang terperangkap dalam bentonit. Pori-pori bentonit semakin terbuka sehingga akan memudahkan bentonit mengadsorpsi air. Hal ini berpengaruh pada proses dehidrasi bioetanol.

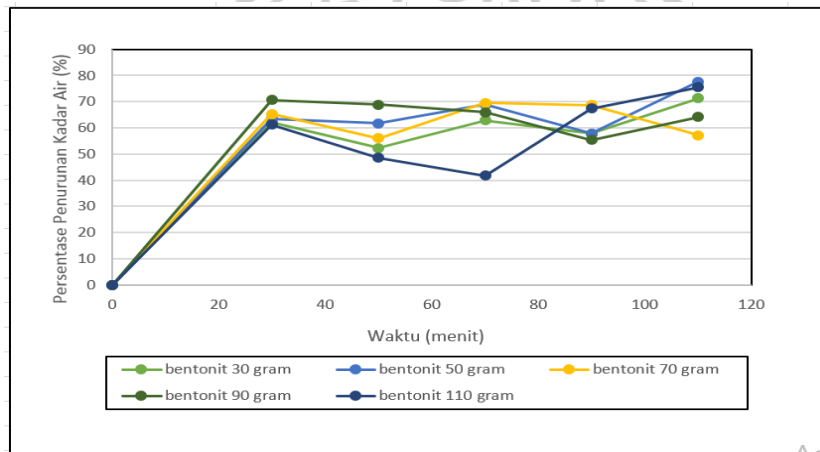
Pada penelitian ini proses adsorpsi dilakukan secara batch dengan pengaduk. Saat bentonit ditambahkan ke dalam erlenmeyer, serbuk bentonit melayang di dalam larutan bioetanol sehingga harus diaduk dengan bantuan pengaduk mekanik. Untuk memisahkan bentonit dan bioetanol dilakukan proses sedimentasi dan filtrasi. Pada proses sedimentasi diharapkan serbuk bentonit yang melayang bisa terendapkan dan tidak ikut tersaring ketika melakukan proses filtrasi sehingga bioetanol yang dihasilkan lebih murni.

Pengaruh Waktu Proses dan Berat Adsorben

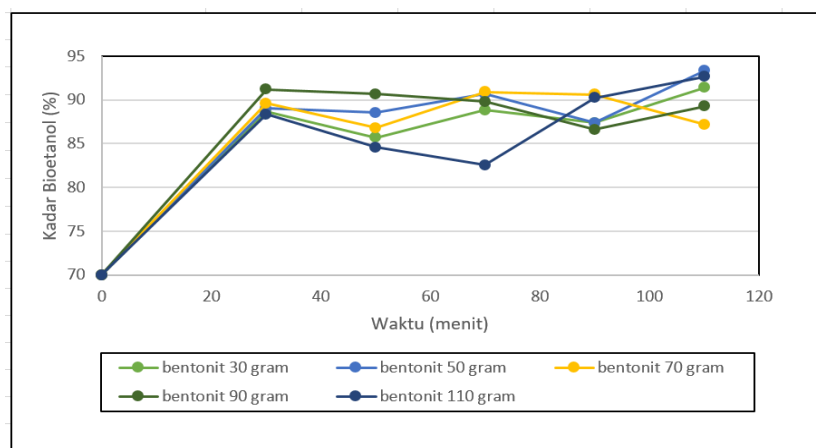
Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh waktu proses adsorpsi dan berat adsorben pada penurunan kadar air dalam bioetanol yang berarti semakin banyak air yang terserap pada bentonit. Pada proses adsorpsi yang berlangsung secara batch ini, semakin lama proses yang berlangsung mengakibatkan perpindahan molekul air ke permukaan bentonit lebih banyak.



Gambar 2. Grafik Hubungan Waktu Adsorpsi dan Berat Adsorben terhadap Kadar Air



Gambar 3. Grafik Hubungan Waktu Adsorpsi dan Berat Adsorben terhadap Penurunan Kadar Air



Gambar 4. Grafik Hubungan Waktu Adsorpsi dan Berat Adsorben terhadap Kadar Etanol

Gambar 2 memperlihatkan grafik hubungan berat adsorben dan waktu proses terhadap kadar air pada bioetanol. Grafik tersebut menunjukkan hasil terbaik yaitu kadar air terendah 6.71% yang didapat pada proses adsorpsi dengan berat bentonit 50 gram dan waktu 110 menit. Kadar air tertinggi 17.48% % didapat pada proses adsorpsi dengan berat bentonit 110 gram dan waktu 70 menit. Hubungan berat adsorben dan waktu proses terhadap penurunan kadar air pada bioetanol dapat dilihat pada Gambar 3 yang menunjukkan hasil terbaik 77.63% yang didapat pada proses adsorpsi dengan berat bentonit 50 gram dan waktu 110 menit. Penurunan kadar air terendah 41.73% % didapat pada proses adsorpsi dengan berat bentonit 110 gram dan waktu 70 menit. Penurunan kadar air berpengaruh terhadap kadar etanol. Kenaikan kadar etanol pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4. Grafik hubungan berat adsorben dan waktu proses terhadap kadar etanol menunjukkan hasil terbaik yaitu kadar etanol tertinggi 93.29% didapat pada proses adsorpsi dengan berat bentonit 50 gram dan waktu 110 menit. Nilai ini merupakan kenaikan kadar etanol sebesar 77.73%. Kadar etanol terendah 82.52 % didapat pada proses adsorpsi dengan berat bentonit 110 gram dan waktu 70 menit yang merupakan kenaikan kadar etanol sebesar 41.73%.

Proses adsorpsi bioetanol dengan adsorben bentonit secara batch merupakan peristiwa pengikatan air secara fisika sehingga semakin lama waktu yang digunakan untuk proses adsorpsi, kesempatan terikatnya air oleh bentonite juga akan semakin besar karena terjadi kontak penyerapan secara langsung antara adsorben dengan air yang terdapat didalam bioetanol yang masuk ke dalam rongga pori-pori bentonit. Hal ini juga sekaligus menandakan adanya perpindahan molekul yang terjadi pada permukaan bentonit sehingga proses perpindahan massa air ke adsorben juga meningkat dengan bertambahnya waktu. Karena partikel bentonit yang halus, adsorpsi berlangsung jauh lebih cepat daripada yang berbentuk granular karena luas permukaan serbuk lebih besar.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa penambahan berat bentonit memberikan pengaruh terhadap kadar etanol yang dihasilkan. Hal ini karena penambahan adsorben menambah luas permukaan yang dapat menyerap air pada campuran bioetanol. Proses adsorpsi ini berlangsung pada temperatur 80°C. Pemanasan mempengaruhi proses penyerapan air pada permukaan bentonit menjadi lebih baik. Bentonit mempunyai sifat apabila dipanaskan daya serapnya akan bertambah. Adanya kontak antara partikel bentonit dengan air akan mempercepat terjadinya adsorpsi antara kedua zat. Penelitian ini meskipun menunjukkan terjadi peningkatan kadar bioetanol dari 70% menjadi 93.29% , namun belum memenuhi standar bioetanol fuel grade dengan kadar etanol > 99%.

KESIMPULAN

Hasil penelitian memberikan kesimpulan bahwa waktu proses dan berat adsorben berpengaruh pada penurunan kadar air dan kenaikan kadar bioetanol. Hasil terbaik didapat pada waktu proses 110 menit dan berat bentonite 50 gram yaitu kadar air dalam bioetanol 6.71% dimana terjadi penurunan kadar air sebanyak 77.63% dan kadar bioetanol 93.29%.

DAFTAR PUSTAKA

- Barrer, FRS, R.M., 1978. *Zeolites and Clay Minerals as Sorbents and Molecules*. Academic Press, New York.
- Levine, I. N. 2002. *Physical Chemistry*, 6th Ed., McGraw Hill, New York, p. 570.
- McMillan, J.D. 1997. *Bioethanol Production: Status And Prospects*. *Renewable Energy*, 10, 295
- Niven, R.K. 2005. *Ethanol in Gasoline: Environmental Impacts and Sustainability*. Review Article. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9, 535.