

PEMBUATAN DAN PURIFIKASI BIOETANOL DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT VARIABEL WAKTU FERMENTASI DAN JUMLAH RAGI

M. Faizal*, M. Isa Ansyori Fajri⁽¹⁾, Maria Putri Pardede⁽²⁾

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jln. Raya Palembang – Prabumulih Km.32 Inderalaya Ogan Ilir (OI) 30662
Email: Faizal_ga58@yahoo.co.id

Abstrak

Tandan Kosong Kelapa Sawit adalah limbah padat yang berasal dari Kelapa Sawit. Kelapa Sawit merupakan produk unggulan yang banyak menghasilkan minyak. Tetapi limbah yang dihasilkannya tidak sedikit. Sekitar 20-23% berat limbah yang akan dihasilkan dari Kelapa Sawit. Untuk itu, dilakukan pembuatan bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk mengurangi dampak limbah dan menambah nilai dari limbah tersebut. Penelitian ini menggunakan variasi Waktu Fermentasi 1, 2, 3, dan 4 hari serta berat ragi untuk fermentasi 1, 2, dan 3 gram. Hasil penelitian menunjukkan semakin lama waktu fermentasi maka semakin besar pula kadar etanol yang dihasilkan. Ditunjukkan dari waktu 4 hari dengan berat ragi 3 gram menghasilkan kadar bioetanol sebesar 5,11%. Penggunaan zeolit juga dilakukan untuk purifikasi dari bioetanol dengan tujuan menaikkan kadar bioetanol yang dihasilkan. Ditunjukkan dari waktu 4 hari dengan berat ragi 3 gram menghasilkan kadar bioetanol sebesar 5,43%. Dan kenaikan kadar bioetanol paling besar pada sampel dengan waktu 3 hari dengan berat ragi 3 gram sebesar 0,57%.

Kata kunci: Bioetanol, Tandan Kosong Kelapa Sawit, Zeolit

Abstract

Oil Palm Empty Fruit Bunch is solid waste originating from Palm Oil. Palm oil is an excellent product that produce a lot of oil. But not a bit of waste it produces. About 20-23% by weight of waste that will be produced from oil palm. For that reason, the manufacture of bioethanol from oil palm empty bunches to reduce the impact of waste and increase the value of the waste. This study uses a variation of Time Fermentation 1, 2, 3, and 4 days and heavy yeast for fermentation 1, 2, and 3 grams. The results showed the longer the fermentation time, the greater the levels of ethanol produced. Shown from 4 days weighing 3 grams of yeast to produce ethanol content of 5.11%. The use of zeolites are also conducted for purification of bioethanol with the aim of raising the level of bioethanol produced. Shown from 4 days weighing 3 grams of yeast to produce ethanol content of 5.43%. And increased levels of bioethanol is greatest in samples with a time of 3 days with 3 grams of yeast weight of 0.57%.

Key words: Bioethanol, Oil Palm Empty Fruit Bunch, Zeolites

1. Pendahuluan

Tandan kosong kelapa sawit merupakan hasil samping dari perkebunan kelapa sawit yang selama ini hanya digunakan sebagai pupuk dan media tumbuh tanaman.

Tandan Kosong Kelapa Sawit merupakan limbah berlignin selulosa yang kurang dimanfaatkan secara optimal dengan kandungan selulosa mencapai 45%.

Dalam setiap pengolahan 1 ton Tandan Buah Segar akan dihasilkan Tandan Kosong Kelapa Sawit sebanyak 23% atau 230 kg

Tandan Kosong Kelapa Sawit (Khaswarina dalam Syukri, 2014).

Dengan jumlah limbah kelapa sawit yang cukup banyak ini, pemanfaatannya untuk dijadikan sebagai sumber bahan baku dari pembuatan biomassa perlu dilakukan. Salah satu jenis biomassa yang dimanfaatkan dari tandan kosong kelapa sawit ini adalah bioetanol.

Tandan kosong kelapa sawit adalah limbah yang mengandung lignoselulosa yang saat ini pemanfaatannya belum optimal. Tandan kosong kelapa sawit

mempunyai komposisi kimia seperti pada tabel 1

Tabel 1. Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit

Kandungan	Komposisi (wt%)
Lignin	16,49
Sellulosa	45,95
Hemisellulosa	22,84

(Sumber: Mosier et al, 2005)

Tandan Kosong Kelapa Sawit yang memiliki kandungan selulosa yang tinggi dapat dimanfaatkan menjadi bioetanol karena bahan berselulosa ini bila dihidrolisis akan menghasilkan gula dan dilanjutkan dengan fermentasi akan menghasilkan bioetanol.

Bioetanol adalah bahan bakar alternatif yang diolah sumber biologi yaitu tumbuhan, dimana memiliki keunggulan angkaoktan yang cukup tinggi yaitu 129 dan mampu menurunkan emisi CO₂ hingga 19-25% lebih rendah bila dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Penambahan bioetanol sebesar 3% pada bensin dapat menurunkan emisi CO₂ sebesar 1,3%. Penggunaannya dapat dicampur dengan bensin ataupun 100% bioetanol apabila kendaraan bermotor tersebut didesain khusus (Fatmawati dan Agustriyanto, 2015).

Bioetanol memiliki beberapa keunggulan diantara produk alternatif lainnya, diantaranya memiliki kandungan oksigen yang lebih tinggi (35%) sehingga terbakar lebih sempurna, bernilai oktan lebih tinggi (118) dan lebih ramah lingkungan karena mengandung emisi gas CO yang lebih rendah sekitar 19-25% (Indarto, Y. dalam Hendrawan, 2005).

Produksi bioetanol dari tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula atau glukosa dengan beberapa metode diantaranya dengan hidrolisis asam dan secara enzimatik (Dyah, 2011).

Proses pengolahan lignoselulosa menjadi etanol terdiri dari empat tahap utama, yaitu *pretreatment* (perlakuan awal), hidrolisis, fermentasi, dan pemisahan produk/purifikasi (Mosier, dkk. 2005).

Tujuan dari tahap *pretreatment* adalah untuk menghilangkan lignin dan hemiselulosa, mengurangi kristal selulosa, dan meningkatkan porositas material.

Pretreatment harus memenuhi persyaratan sebagai berikut, meningkatkan pembentukan gula atau kemampuan untuk selanjutnya membentuk gula dengan hidrolisis enzimatis, mencegah degradasi atau hilangnya karbohidrat, mencegah pembentukan produk samping yang menghambat proses hidrolisis dan fermentasi, dan biaya efektif (SunCheng, 2002).

Menurut Walker (2010), metode *pretreatment* ada tiga jenis, antara lain:

1. Metode fisika, seperti *milling*, radiasi gelombang mikro, *ultrasound*, proses panas (pirolisis dan *steam explosion*), proses panas dan kimia (asam lemah dengan temperatur tinggi), dan *extrusion*.
2. Metode kimia, seperti *pretreatment* menggunakan alkali, ammonia fibre expansion (AFEX), organosolv (ACOS), *liming*, sulfur oksida, oksidasi basah, CO₂ *explosion*, SO₂ *explosion*, delignifikasi menggunakan peroksida, *supercritical fluid* dan *pretreatment* ion.
3. Metode biologi, seperti menggunakan mikroba (*Phanerochaete chrysosporium* *Trametes versicolor*) dan enzimatis (*Peroxidase* and *laccase*).

Proses *pretreatment* atau perlakuan awal disini sangat penting untuk mempermudah pemecahan atau pengubahan pati dan selulosa menjadi glukosa. Agar selulosa yang terdapat pada tanaman lebih mudah diproses oleh bahan yang mengurai polisakarida menjadi monomer gula maka struktur lignoselulosa harus dibuka melalui tahap *pretreatment*.

Hidrolisis adalah proses perubahan atau pemecahan molekul selulosa, hemiselulosa ataupun karbohidrat menjadi gula sederhana (glukosa). Hidrolisis dengan asam encer tidak memerlukan *recovery* asam dan asam tidak akan menghilang selama proses. Asam yang digunakan biasanya memiliki konsentrasi sekitar 2-5% dan dengan suhu reaksi sekitar 160°C pada tekanan 10 atm (Mussato dan Roberto, 2003).

Fermentasi mikroorganisme dilakukan untuk mengubah monomer gula menjadi etanol. Organisme yang digunakan dapat berupa bakteri, *yeast* dan fungi. Fermentasi alkohol merupakan proses terjadi karena

adanya aktifitas suatu jenis mikroba yang disebut khamir. Kuantitas dan kualitas alkohol ditentukan oleh besar kecilnya aktifitas hidup mikroba. Sehingga kondisi atau lingkungan hidup mikroba termasuk nutrisinya harus dijaga dengan baik sesuai kebutuhan mikroba.

Beberapa faktor memengaruhi proses fermentasi, antara lain pemilihan mikroorganisme, bahan baku, metode *pretreatment*, metode hidrolisa, dan faktor lingkungan atau kondisi operasi seperti pH, temperatur, substrat, dan konsentrasi etanol. Kandungan hidrolisat dan gula menjadi inhibitor yang membatasi fermentasi mikroorganisme sehingga menurunkan yield etanol (Axelsson, 2011).

Evaporasi bertujuan memekatkan larutan yang terdiri dari zat terlarut yang tidak mudah menguap dan pelarut yang mudah menguap. Evaporasi dilakukan dengan menguapkan sebagian dari pelarut sehingga didapatkan larutan cair pekat yang konsentrasinya tinggi. Evaporator memiliki dua prinsip dasar, yaitu menukar panas dan memisahkan uap cairan yang terlarut dalam cairan.

Pada prinsipnya evaporasi ini dilakukan dengan memanaskan larutan bioetanol yang masih bercampur dengan air. Evaporasi dijalankan dengan suhu sekitar 50°C-60°C selama 15 menit. Selama proses evaporasi, pelarut akan menguap karena titik didihnya sedangkan larutan bioetanol akan memiliki konsentrasi yang lebih tinggi atau dapat dikatakan lebih banyak kandungan bioetanolnya.

Zeolit sering disebut sebagai *molecular sieve/molecular mesh* (saringan molekuler) karena zeolit memiliki pori-pori berukuran molekuler sehingga mampu memisahkan molekul dengan ukuran tertentu. Zeolit mempunyai sifat antara lain mudah melepas air akibat pemanasan, tetapi juga mudah mengikat kembali molekul air dalam udara lembap. Oleh sebab sifatnya tersebut maka zeolit banyak digunakan sebagai bahan pengering.

Zeolit mempunyai beberapa sifat antara lain : mudah melepas air akibat pemanasan, tetapi juga mudah mengikat kembali molekul air dalam udara lembap. Oleh sebab sifatnya tersebut maka zeolit banyak digunakan sebagai bahan pengering. Disamping itu zeolit juga mudah melepas

kation dan diganti dengan kation lainnya, misal zeolit melepas natrium dan digantikan dengan mengikat kalsium atau magnesium. Sifat ini pula menyebabkan zeolit dimanfaatkan untuk melunakkan air. Zeolit dengan ukuran rongga tertentu digunakan pula sebagai katalis untuk mengubah alkohol menjadi hidrokarbon sehingga alkohol dapat digunakan sebagai bensin. Zeolit di alam banyak ditemukan di India, Siprus, Jerman dan Amerika Serikat. Bagian Primary dari Zeolit adalah TO_4 dimana T adalah Si atau Al.

Mineral alam zeolit biasanya masih tercampur dengan mineral lainnya seperti kalsit, gipsum, feldspar dan kuarsa dan ditemukan di daerah sekitar gunung berapi atau mengendap pada daerah sumber air panas (hot spring). Zeolit juga ditemukan sebagai batuan endapan pada bagian tanah jenis basalt dan komposisi kimianya tergantung pada kondisi hidrotermal lingkungan lokal, seperti suhu, tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah lokasi kejadiannya. Hal itu menjadikan zeolit dengan warna dan tekstur yang sama mungkin berbeda komposisi kimianya bila diambil dari lokasi yang berbeda, disebabkan karena kombinasi dari mineral yang berupa partikel halus dengan impurities lainnya. Deposit mineral alam zeolit yang cukup besar ditemukan di beberapa negara seperti Amerika Serikat, Uni Soviet, Jepang, Australia, Kuba dan beberapa negara Eropa bagian timur seperti Ceko dan Hungaria.

Pada saat ini dikenal sekitar 40 jenis zeolit alam, meskipun yang mempunyai nilai komersial ada sekitar 12 jenis, diantaranya klinoptilolit, mordenit, filipsit, kabasit dan erionit. Zeolitsintetik dihasilkan dari beberapa perusahaan seperti Union Carbide, ICI dan Mobil Oil dan lebih dari 100 jenis telah dikenal strukturnya antara lain zeolit A, X, Y, grup ZSM/ $AlPO_4$ (Zeolite Sieving Materials/Aluminium Phosphate) dan bahkan akhir-akhir ini dikenal grup Zeotip, yaitu material seperti zeolit tetapi bukan senyawa alumino-silikat. Berdasarkan sifat sorpsinya terhadap gas dan hidrasi molekul air, zeolit digunakan untuk pengeringan pada berbagai produk industri. Molekul uap air dapat diserap sebanyak 8-10 g dengan 100 g klinoptilolit dibandingkan 3 g dan 1,2 g oleh Al_2O_3 dan gel silika dengan berat yang sama pada kondisi 1,33 atm dan 25°C.

Zeolit klinoptilolit yang diaktivasi pada suhu 300-350°C selama 2-3 jam .Sebagai "*drying agent*" dari senyawa organik, zeolit digunakan antara lain :

1. pada proses pemurnian metil khlorida dalam industri karet
2. pemurnian fraksi alkohol, metanol, benzen, xylene, LPG dan LNG pada industri petro- kimia
3. untuk hidrokarbon propellents-fillers aerosol untuk pengganti freons
4. penyerap klorin, bromin dan fluorin
5. menurunkan humiditas ruangan.

Dalam bidang katalis, sorben Al₂O₃ biasanya digunakan tetapi akhir-akhir ini juga digunakan zeolit A dalam industri petrokimia pada proses isomerisasi, hidrosulforisasi, hidrocracking, hidrogenasi, reforming, dehidrasi, dehidrogenasi dan dealkilasi, cracking parafin, disportion toluen/benzendanxylen. Zeolit mordeni teklinoptiloli tsering digunakan, sedangkan zeolit sintetik terutama digunakan jenis ZSM 5 dan zeolit A.

Zeolit termasuk bahan *molecular sieve*, pemilihan zeolit sebagai bahan penyerap pada proses dehidrasi bioetanol didasarkan pada beberapa pertimbangan, antara lain ketersediaan zeolit alam Indonesia yang melimpah, harga zeolit alam yang murah, tidak memerlukan input energi yang tinggi, dan tidak akan menyebabkan kontaminasi terhadap etanol yang dihasilkan setelah proses dehidrasi (Khaidir, 2011). Proses pemurnian dengan zeolit ini menggunakan prinsip penyerapan permukaan. Zeolit adalah mineral yang memiliki pori-pori berukuran sangat kecil (Dewi, 2012).

Di Amerika Serikat, zeolit alam juga digunakan untuk campuran pada semen dan Tchernev telah mendemonstrasikan penggunaan zeolit yang sama untuk "solar heating/cooling" pada panel energi cahaya matahari berdasarkan adsorpsi/desorpsi molekul air di waktu siang dan malam.

Zeolit dengan ukuran rongga tertentu digunakan sebagai katalis untuk mengubah alkohol menjadi hidrokarbon sehingga alkohol dapat digunakan sebagai bensin. Sebagai "*drying agent*" dari senyawa organik, zeolit digunakan antara lain :

1. pada proses pemurnian metil khlorida dalam industri karet

2. pemurnian fraksi alkohol, metanol, benzen, xylene, LPG dan LNG pada industri petro- kimia
3. untuk hidrokarbon propellents-fillers aerosol untuk pengganti freons
4. penyerap klorin, bromin dan fluorin
5. Pengganti freons

Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai bioetanol yang dapat dijadikan referensi dalam penelitian bioetanol dari tandan kosong kelapa sawit dengan berbagai macam proses, seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Penelitian Sebelumnya tentang Bioetanol Menggunakan Zeolit

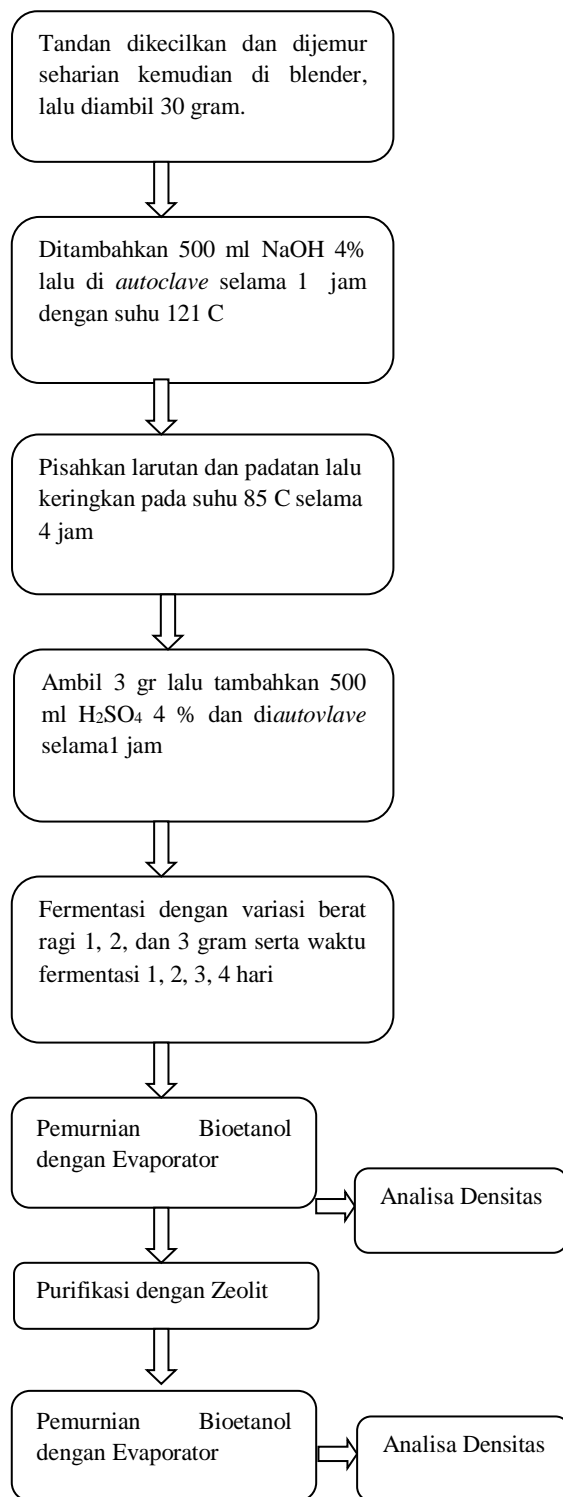
Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Dewi	Pemurnian	✓ Adsorbent zeolit 4A
Novitasa	Bioetanol	✓ Berat zeolit 100 gram
ri, Djati	Menggunakan	✓ Kadar etanol 98,42%
Kusuma	Proses	✓ Waktu proses dengan Adsorbent Zeolit 50 menit
ningrum	Adsorbsi dan Distilasi	

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bioproses Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya Palembang dari bulan Januari sampai April 2016. Pada penelitian ini variasi jumlah ragi, lama waktu fermentasi dan penggunaan zeolit 100 mesh. Jumlah ragi yang digunakan adalah 1 gram, 2 gram dan 3 gram dan waktu fermentasi 1 hari, 2 hari, 3 hari dan 4 hari.

Alat yang digunakan antara lain,, Autoclave, Neraca Analitik, Spatula, Blender, Oven, Evaporator, Pknometer 10 ml, dan Selang. Bahan yang digunakan yaitu Larutan NaOH 4%, Larutan H₂SO₄ 4%, Saccromyces Cerevisae (ragi roti) dan Aquadest.

Adapun prosedur penelitian yaitu sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram penelitian

Proses Pengolahan Tanah

- 1) Tandan dipotong kecil dan dikeringkan di bawah sinar matahari.

- 2) Tandan yang sudah kering di blender lalu di kecilkan hingga 100 mesh
- 3) Tanah yang sudah kering ditimbang sebanyak 30 gram
- 4) Analisa kandungan lignin, dan selulosa tandan tersebut
- 5) Tandan dimasukkan kedalam erlenmeyer lalu tambahkan NaOH 4% sebanyak 500 ml lalu tutup erlenmeyer dengan gabus
- 6) Masukkan dalam autoclave 121 C selama 1 jam
- 7) Pisahkan larutan dan padatan sampel kemudian keringkan dengan suhu 85 C selama 4 jam
- 8) Analisa kadar lignin pada padatan
- 9) Ambil 30 gram padatan tandan kelapa sawit yang sudah didelignifikasi
- 10) Tandan dimasukkan ke dalam erlenmeyer lalu tambahkan H₂SO₄ 4 % sebanyak 500 ml lalu tutup dengan gabus
- 11) Masukkan dalam autoclave 121 C selama 1 jam
- 12) Ambil 10 ml larutannya lalu analisa kadar glukosa
- 13) Sampel kemudian di fermentasi dengan variasi waktu 1 sampai 4 hari dan berat ragi 1 sampai 3 gram
- 14) Sampel kemudian dimurnikan dengan alat evaporasi selama 15 menit dengan suhu 50-60°C
- 15) Analisa kadar bioetanol dengan metode Gas Chromatography dan metode piknometer
- 16) Bioetanol kemudian di purifikasi dengan zeolit yang sudah diaktivasi dengan cara dicampur lalu diaduk dan didiamkan selama 30 menit
- 17) Analisa kadar bioetanol dengan metode Gas Chromatography dan metode piknometer

Prosedur Analisa Piknometer

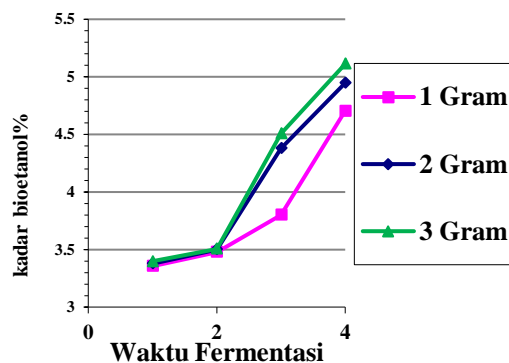
- 1) Disiapkan terlebih dahulu alat dan bahan yang akan digunakan.
- 2) Ukur berat piknometer kosong dengan neraca digital
- 3) Masukkan aquadest kedalam piknometer lalu timbang
- 4) Cari volume dari piknometer
- 5) Masukkan sampel kedalam piknometer lalu timbang dengan neraca
- 6) Ukur densitas dengan mengurangkan berat piknometer yang berisi aquadest

dengan yang kosong kemudian bagi dengan volume piknometer

- 7) Bandingkan nilai densitas yang didapat dengan tabel standar analisa kadar bioetanol berdasarkan buku Farmakope Indonesia Edisi III

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun data hasil pengujian adalah sebagai berikut:

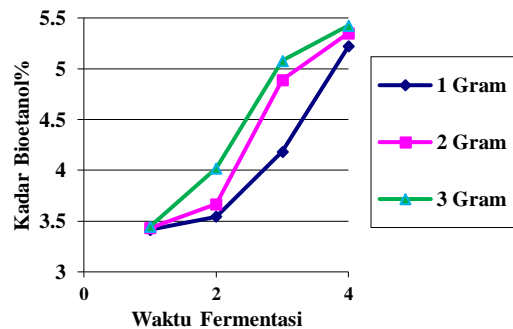


Gambar 2. Pengaruh Waktu Fermentasi dan Berat Ragi Terhadap Kadar Bioetanol Sebelum Purifikasi dengan Zeolit

Dari gambar 2 menunjukkan semakin lama waktu fermentasi, maka kadar etanol yang terbentuk mengalami kenaikan. Kenaikan kadar etanol ini berkaitan dengan hubungan antara lamanya fermentasi dengan kurva pertumbuhan mikroba. Kadar etanol paling tinggi didapat pada fermentasi pada hari keempat dengan berat ragi 3 gram yaitu bernilai 5,42546%. Dan kadar etanol paling rendah didapat pada fermentasi selama 1 hari dengan berat ragi 1 gram. Hal ini menunjukkan semakin lama waktu fermentasi dan semakin berat ragi maka semakin tinggi kadar etanol yang dihasilkan.

Dari hasil fermentasi hari pertama dengan berat ragi 1 gram, 2 gram dan 3 gram menunjukkan kadar etanol dengan perbedaan yang tidak terlalu besar berkisar 0,02166% begitu pula untuk fermentasi pada hari kedua, yaitu 0,01444%. Akan tetapi, pada fermentasi hari ketiga, perbedaan kadar etanol dari sampel yang diberi ragi dengan berat ragi 1 gram, 2 gram dan 3 gram mengalami kenaikan terbesar, yaitu 0,35408%. Hal ini menunjukkan pada hari keempat ragi bekerja secara maksimal dan

pada hari ketiga, kerja ragi menurun karena kenaikan kadar etanol hanya berkisar 0,20358%.



Gambar 3. Pengaruh Waktu Fermentasi dan Berat Ragi Terhadap Kadar Bioetanol Setelah Purifikasi dengan Zeolit

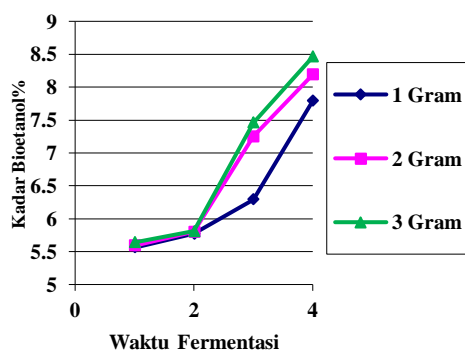
Gambar 3 menunjukkan hasil bioetanol setelah dipurifikasi dengan zeolit. Proses pemurnian dengan zeolit ini menggunakan prinsip penyerapan permukaan. Zeolit adalah mineral yang memiliki pori-pori berukuran sangat kecil. Sampai saat ini ada lebih dari 150 jenis zeolit sintetis. Di alam, zeolit terbentuk dari abu lahar dan materi letusan gunung berapi. Zeolit juga bisa terbentuk dari materi dasar laut yang terkumpul selama ribuan tahun (Suarji dalam Dewi, 2014). Proses pemurnian bioetanol dengan menggunakan zeolit ini melalui proses adsorpsi. Proses adsorpsi adalah suatu proses pemisahan dimana komponen dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorbent) (Dewi, 2014).

Dari hasil yang didapat, penyerapan zeolit untuk pemurnian bioetanol mempunyai rata-rata 0,30046%. Sedangkan kenaikan kadar tertinggi ada pada sampel bioetanol yang difermentasi selama 3 hari dengan berat ragi 3 gram. Dan kenaikan kadar terendah ada pada sampel bioetanol yang difermentasi selama 1 hari dengan berat ragi 3 gram. Tetapi dari hasil dapat dilihat bahwa penyerapan tidak berhubungan dengan lamanya waktu fermentasi bioetanol ataupun penggunaan ragi. Untuk sampel yang belum diberi zeolit, kadar etanol terbesar ada pada sampel 4 hari dengan berat ragi 3 gram, yaitu 5,111956%. Begitu pula dengan sampel yang telah diberi zeolit, kadar etanol terbesar ada pada sampel 4 hari

dan berat ragi 3 gram, yaitu sebesar 5,42546%. Akan tetapi, kenaikan kadar etanolnya hanya sebesar 0,3135%, dan masih berada dibawah kenaikan kadar etanol pada sampel yang difermentasi selama 3 hari dengan berat ragi 3 gram.

Perlakuan aktivasi dapat menyebabkan peningkatan luas permukaan spesifik karena pemanasan zeolit dapat menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit, sehingga luas permukaan pori-pori bertambah. Bertambahnya luas permukaan pori-pori ini adalah faktor yang mampu membuat zeolit dapat menyerap kandungan air dalam bioetanol dan menaikkan kadar etanol. Menurut Prayitno,dkk, semakin besar luas permukaan adsorben akan menyebabkan kontak antara zeolit dengan air akan semakin besar sehingga hasil penyerapan etanol semakin banyak (Prayitno dkk dalam Diah, 2010). Karna itu, ukuran zeolit diperkecil menjadi 100 mesh, yang berarti terdapat 100 lubang per 1 inci. Yang juga berarti luas permukaan dari zeolit yang besar dan akan lebih mampu menyerap air dari kandungan bioetanol. Akan tetapi, waktu perendaman zeolit dalam bioetanol sendiri hanya selama 10 menit. Karna faktor inilah, penyerapan yang dilakukan zeolit tidak maksimal dan kenaikan kadar bioetanol pun kecil.

Rendemen



Gambar 4. Rendemen Bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit

Rendemen menunjukkan berapa persen produktivitas dari bioetanol yang dibuat. Pada bioetanol dengan berat ragi 3 gram dan waktu fermentasi selama 4 hari menunjukkan nilai rendemen yang paling besar, yaitu sekitar 8,46%. Artinya, bioetanol yang terbentuk dari Tandan

Kosong Kelapa Sawit seberat 30 gr adalah 2,54 gram. Rendemen ini menunjukkan bahwa efektivitas bioetanol yang terbentuk hanya 5-8%.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik dalam penelitian ini:

1. Untuk rentang waktu fermentasi 4 hari dengan berat ragi 3 gram yang digunakan mendapatkan hasil bioetanol yang memiliki kadar paling tinggi.
2. Untuk sampel bioetanol yang difermentasi selama 3 hari mengalami kenaikan kadar tertinggi untuk rentang ragi 1 gram, 2 gram dan 3 gram yang berarti pertumbuhan mikroba maksimal di 3 hari.
3. Kadar bioetanol yang didapatkan setelah dilakukan adsorpsi menggunakan zeolit naik dengan rata-rata 0,3%
4. Kenaikan kadar etanol tertinggi setelah adsorpsi menggunakan zeolit ada pada sampel yang difermentasi selama 3 hari dan dengan berat ragi 3 gram.
5. Adsorpsi menggunakan zeolit terbukti mampu menaikkan kadar bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit
6. Rendemen Bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit hanya berkisar 5-8%

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, F. L. 2011. *Pembuatan Bioetanol dari Nira Sorgum menggunakan Bakteri Zymomonas mobilis dengan Variasi Volume Inokulum*. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Riau
- Axelsson, J. 2011. *Separate Hydrolysis and Fermentation of Pretreated Spruce*. Department of Physics, Chemistry and Biology Linkoping University : Sweden.
- Hanum, F., Nurhasmawaty, P., Mulia, R., Ratih, P., dan Mei, U. 2013. *Pengaruh Massa RagidanWaktuFermentasi terhadap Bioetanol dari Biji Durian*. Universitas Sumatera Utara. Jurnal Teknik Kimia. 2(4): 49-54.
- Kristina, Evi, R. S., dan Novia. 2012. *Alkaline Pretreatment dan Proses Simultan Sakarifikasi-Fermentasi Untuk Produksi Etanol dari*

- Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Universitas Sriwijaya. *Jurnal Teknik Kimia*. 3 (8): 34-43.
- Mosier, N., Charles, W., Bruce, D., Richard, E., Y.Y. Lee, Mark, H., Michael, L. 2005. *Features Of Promising Technologies For Pretreatment Of Lignocellulosic Biomass*. *Bioresource Technology*. 96, 673-686.
- Nasution, S.H., Hanum, C, dan Jasmani, G. *Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq.) Pada Berbagai Perbandingan Media Tanam Solid Decanter Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Pada Sistem Single Stage*. Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara
- Novitasari, Dewi, dan Kusumaningrum, Djati. *Pemurnian Bioetanol Menggunakan Proses Adsorpsi dan Destilasi Adsorpsi dengan Adsorbent Zeolit*. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Diponegoro
- Oswaldo Z.S., Panca P.S., dan M. Faizal. 2012. *Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol dari Alang-Alang*. Universitas Sriwijaya. *Jurnal Teknik Kimia*. 2 (18): 52-62.
- Perry, R.H., dan Green, D. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th Edition*. McGraw-Hill Book Company : New York.
- Pramushinta, Diah, dan Chairul. *Pemurnian Bioetanol Hasil Fermentasi Kulit Nanas Menggunakan Proses Distilasi-Adsorpsi Pada Variasi Jenis Perlakuan dan Ukuran Pori Adsorben*. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Riau.
- Retno, D.T., dan Nuri, W. *Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang*. Jurusan Teknik Kimia. UPN "Veteran" Yogyakarta
- Sun, Y., dan Cheng, J. 2002. *Hydrolysis Of Lignocellulosic Materials For Ethanol Production: A Review*. *Bioresource Technol.*, 83, 1-11.
- Walker, G. M. 2010. *Bioethanol : Science and Technology of Fuel Alcohol*. University of Abertay : Scotland