



# KARAKTERISASI BIOETANOL TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN METODE PEMURNIAN ADSORPSI (ADSORPSI MENGGUNAKAN ADSORBEN BERUPA ZEOLIT)

Radhitya Anugrah<sup>1</sup>, Efri Mardawati<sup>1</sup>, Selly Harnesa Putri<sup>1</sup>, Tri Yuliani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, radhitya15001@mail.unpad.ac.id, efri.mardawati@unpad.ac.id, selly.h.putri@unpad.ac.id

<sup>2</sup> Program Studi Teknologi Industri Pangan, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, yulia\_biotech@yahoo.co.id

## ABSTRAK

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah pertanian yang potensial dan melimpah, berdasarkan buku statistik komoditas kelapa sawit terbitan Ditjen Perkebunan Tahun 2015, luas area kelapa sawit mencapai 10,9 juta Ha dengan produksi 29,3 juta ton CPO (Crude Palm Oil), dalam setiap pengolahan CPO limbah TKKS yang dihasilkan mencapai 22-23%. TKKS memiliki kandungan selulosa sebesar 48,56% yang berpotensi sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Bioetanol adalah suatu senyawa yang menjadi energi alternatif sebagai bahan bakar yang terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan membandingkan karakteristik bioetanol dari TKKS hasil fermentasi dengan hasil pemurnian adsorpsi zeolit. Variasi dalam penelitian ini ada pada proses pemurnian yaitu tanpa pemurnian (Z0), pemurnian dengan adsorpsi zeolit 20% (Z2), dan pemurnian dengan adsorpsi zeolit 40% (Z4). TKKS yang digunakan dalam penelitian memiliki kandungan selulosa yang tinggi yaitu sebesar 48,56%. Kandungan glukosa hasil hidrolisis mengalami penurunan setelah proses fermentasi dan memiliki nilai konversi 45,58%. Karakteristik fisik setelah adsorpsi menjadi lebih baik, dimana adsorpsi Z4 memiliki hasil terbaik dengan bau yang lemah dan warna kuning agak jernih. Berat jenis relatif terbaik adalah adsorpsi Z4 dengan besar 1,0055. Nilai pH mengalami penurunan setelah adsorpsi dengan zeolit. Kadar etanol setelah diberi pemurnian adsorpsi dengan zeolit mengalami peningkatan, dimana peningkatan yang paling tinggi adalah adsorpsi Z4 dengan hasil kadar etanol sebesar 1,71227 g/L dari kadar etanol awal 1,32697 g/L. Peningkatan karakteristik bioetanol dari TKKS dengan metode pemurnian adsorpsi zeolit mendapatkan hasil yang cukup baik.

**Kata Kunci:** Bioetanol, Karakteristik, TKKS, Adsorpsi, Zeolit.

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi masih banyak didapatkan dari bahan bakar fosil, karena adanya isu lingkungan dan juga fakta tentang bahan bakar fosil yang terbatas ini menimbulkan krisis energi dan mengganggu perekonomian dunia sehingga mendorong penggunaan dan pengembangan bahan bakar terbarukan yang ramah lingkungan, salah satu bahan bakar yang berpotensi adalah bioetanol.

Etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) adalah senyawa yang banyak dimanfaatkan oleh manusia yaitu sebagai pencampur, pelarut, antiseptik, bahan baku kimia, dan juga bahan bakar, saat ini etanol telah banyak dikembangkan untuk pembuatannya dari berbagai bahan baku

berupa tumbuh-tumbuhan yang disebut dengan bioetanol. Menurut Dragon *et al*, (2010) bioetanol ada beberapa macam berdasarkan bahan baku yaitu, bioetanol generasi pertama, bioetanol generasi kedua, dan bioetanol generasi ketiga. Bioetanol generasi pertama adalah yang bahan bakunya berasal dari bahan pertanian mengandung pati atau gula seperti jagung, singkong, gandum, dan tebu, bioetanol generasi kedua adalah yang bahan bakunya berasal dari bahan nabati mengandung holoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) tinggi, dan bioetanol generasi ketiga adalah yang bahan bakunya dari algae baik mikroalga ataupun makroalga (rumput laut). Bioetanol generasi pertama dikhawatirkan akan mengganggu kebutuhan pangan karena

bahan bakunya berupa bahan pertanian yang mengandung gula, untuk mengatasi kekhawatiran itu maka bioetanol generasi kedua muncul dengan memanfaatkan bahan nabati yang mengandung selulosa dan hemiselulosa tinggi. Selulosa tidak dapat dicerna oleh manusia, dan banyak limbah pertanian yang memiliki kandungan selulosa tinggi, sehingga produksi bioetanol dari limbah pertanian tidak akan mengganggu kebutuhan pangan.

Limbah pertanian yang potensial dan melimpah adalah TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit), berdasarkan buku statistik komoditas kelapa sawit terbitan Ditjen Perkebunan Tahun 2015, luas area kelapa sawit mencapai 10,9 juta Ha dengan produksi 29,3 juta ton CPO (Crude Palm Oil), dalam setiap pengolahan CPO limbah TKKS yang dihasilkan mencapai 22-23%. Limbah tersebut memiliki kandungan selulosa yang jumlahnya bervariasi bergantung pada beberapa faktor, misalnya jenis perlakuan yang digunakan (Abdullah & Sulaiman, 2013).

Produksi bioetanol dari TKKS memiliki beberapa tahapan proses. Tahap pertama, TKKS diberi perlakuan awal (Pretreatment) untuk memisahkan lignin dari komponen holoselulosa sehingga mempermudah hidrolisis holoselulosa. Tahap kedua adalah hidrolisis holoselulosa TKKS menjadi gula reduksi seperti glukosa. Tahap ketiga adalah fermentasi menggunakan bantuan mikroorganisme untuk mengkonversi glukosa menjadi etanol. Tahap keempat adalah pemurnian yang bertujuan untuk meningkatkan tingkat kemurnian dari bioetanol. (Soerawidjaja, 2007; Marjoni, 2014). Ivanova, *et al.* (2009) melakukan penelitian yang menggunakan molecular sieves sebagai agen pengadsorpsi untuk memisahkan etanol, adsorben yang digunakan adalah zeolit alam, dan clinoptilolite.

Menurut Khaidir (2011) Zeolit adalah bahan molecular sieve yang ketersediaannya melimpah di Indonesia, harga zeolit alam terbilang murah, tidak memerlukan input energi tinggi dalam proses adsorpsinya, dan tidak akan

menimbulkan kontaminasi terhadap etanol yang dihasilkan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah utama dari industri pengolahan kelapa sawit. Tandan kelapa sawit merupakan bagian dari pohon kelapa sawit yang berfungsi sebagai tempat untuk buah kelapa sawit. Setiap tandan mengandung 62-70% buah dan sisanya adalah tandan kosong yang belum termanfaatkan secara optimal. Menurut Fauzi *et al.* (2005) dalam satu kali produksi minyak sawit akan dihasilkan 23-25% TKKS, 13-15% serat, 6,5% cangkang, 5,5-6% biji, dan 16-20% Crude Palm Oil (CPO). Menurut penelitian Mardawati *et al.* (2019), TKKS memiliki kandungan selulosa sebanyak 33,83% – 34,85%; hemiselulosa 17,07% - 18,05%; dan lignin 26,71% - 27,54%.

#### 2.1.1. Lignin

Lignin merupakan senyawa yang keras karena tersusun atas jaringan polimer 3 dimensi fenolik atau fenilpropanoid bercabang, dan berfungsi sebagai perekat serat selulosa dan hemiselulosa yang membuat dinding sel tanaman mengeras sangat kuat (Sun dan Cheng, 2002). Struktur lignin sangat kompleks dan tidak berpola sama yang membuat selulosa sulit ditembus oleh enzim ataupun mikroorganisme sehingga keberadaan lignin menjadi penghalang dalam produksi bioetanol.

#### 2.1.2. Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan polimer polisakarida heterogen yang dapat larut dalam alkali yang memiliki berat molekul rendah. Jumlah hemiselulosa adalah sekitar 15-30% dari berat kering bahan lignoselulosa (Taherzadeh, 1999). Hemiselulosa disusun oleh unit D-glukosa, D-galaktosa, D-xylosa, D-manosa, dan L-arabinosa yang terbentuk bersamaan dalam kombinasi dan ikatan glikosidik yang berbeda-beda (McDonald *et al.*, 2002). Menurut Suparjo (2010) hemiselulosa mengikat lembaran serat selulosa untuk membentuk

mikrofibril yang meningkatkan kestabilan dinding sel, dan berikatan silang dengan lignin untuk membentuk jaringan kompleks dan membuat struktur yang kuat.

### 2.1.3. Selulosa

Selulosa adalah bahan kimia organik dan merupakan homopolisakarida rantai panjang dengan monomer glukosa yang saling berikatan dengan ikatan  $\beta$ -1,4 glikosida (Nagarajan *et al.*, 2017). Mikrofibril selulosa mengandung sekitar 50-90% bagian kristal dan sisanya bagian amorf. Ikatan  $\beta$ -1,4 glikosida pada selulosa dapat diputus menggunakan metode hidrolisis dengan asam atau enzim. Menurut Tang *et al.* (2017) Selulosa dapat diuraikan oleh aktivitas mikroorganisme yang mampu menghidrolisis selulosa sebagai sumber energi seperti bakteri dan fungi. Hidrolisis selulosa dapat menghasilkan monosakarida berupa glukosa bila hidrolisisnya sempurna, dan jika hidrolisisnya tidak sempurna akan menghasilkan disakarida berupa selobiosa (Lee *et al.*, 2014). Glukosa yang dihasilkan dari hidrolisis dapat difermentasi yang akan menghasilkan bioetanol.

## 2.2. PRETREATMENT

Pretreatment adalah proses yang ada dalam produksi bioetanol dari bahan berlignoselulosa, yang bertujuan untuk menghilangkan kandungan lignin (delignifikasi) dan mengurangi kristalinitas selulosa dan memperbesar porositas bahan (Kresnowati *et al.*, 2015). Menurut Balat *et al.* (2008) Pretreatment dilakukan untuk menghilangkan atau mengurangi beberapa senyawa yang dapat menghambat laju hidrolisis dan meningkatkan produksi bioetanol dari glukosa yang berasal dari hidrolisis selulosa dan hemiselulosa. Salah satu senyawa yang menjadi penghambat hidrolisis adalah lignin karena dapat mencegah masuknya enzim dalam memecah polisakarida menjadi monosakarida dalam proses hidrolisis untuk menghasilkan monomer berupa glukosa, oleh karena itu delignifikasi perlu dilakukan. Delignifikasi akan menyebabkan selulosa dan

hemiselulosa lebih mudah dicapai oleh enzim pengurai atau enzim hidrolisis (Sun dan Cheng, 2002).

### 2.3. SAKARIFIKASI DAN FERMENTASI SIMULTAN (SSF)

Menurut Bains (1998) fermentasi adalah proses metabolisme yang terjadi dalam substrat karbon (C) dengan menggunakan bantuan mikroorganisme secara anaerob. Hidrolisis merupakan proses untuk mengkonversi selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer glukosa dalam produksi bioetanol, hidrolisis dapat dilakukan dengan menggunakan asam atau enzim. Hidrolisis dengan menggunakan enzim disebut dengan sakarifikasi. Menurut Mosier *et al.* (2005) hidrolisis enzimatik dapat dilakukan dengan cara terpisah yaitu *Separated Hydrolysis and Fermentation* (SHF), ataupun secara bersamaan yaitu *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF). Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan (SSF) atau Hidrolisis dan Fermentasi Serentak adalah kombinasi dari proses hidrolisis selulosa dengan menggunakan enzim hidrolisis dan mikroorganisme untuk fermentasi glukosa menjadi etanol secara serentak (Novia *et al.*, 2014).

### 2.4. ADSORPSI

Adsorpsi merupakan proses dimana molekul-molekul fluida menyentuh dan melekat pada permukaan suatu padatan (Nasruddin, 2015). Menurut Suryawan (2004) adsorpsi terjadi saat molekul-molekul gas atau cair dikontakan dengan suatu permukaan padatan dan sebagian dari molekul-molekul tadi mengembun pada permukaan padatan tersebut. Dalam proses pemisahan atau pemurnian, adsorpsi merupakan suatu proses dimana komponen dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Adsorpsi memiliki selektifitas yang tinggi sehingga proses ini sangat sesuai untuk memisahkan bahan dengan konsentrasi yang lebih kecil dari campuran yang mengandung bahan lain yang berkonsentrasi tinggi.

### 3. METODOLOGI

#### 3.1. ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

##### 3.1.1. Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah oven, waterbath, alat refluks, spatula, *incubator shaker*, neraca analitik, *microplate*, desikator, spektrofotometer UV-VIS, tabung kuvet, pH meter, vortex, piknometer, *magnetic stirrer*, autoklaf, dan ayakan tyler. Alat lain yang dibutuhkan adalah gelas beaker, cawan pertri, cawan aluminium, cawan porselen, Erlenmeyer, jarum ose, labu ukur, pipet volume, bulb, mikropipet, tabung reaksi, rak tabung reaksi, bunsen, dan corong kaca.

##### 3.1.2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk penelitian ini antara lain serbuk TKKS yang diperoleh dari PT. Condong di Kabupaten Garut, kultur *Saccharomyces cerevisiae* yang diperoleh dari fermipan kemasan, akuades, larutan NH<sub>4</sub>OH 5M, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72%, enzim selulase, buffer sitrat pH 5, dan zeolit.

#### 3.2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dan analisis secara deskriptif untuk menemukan pengaruh pemurnian bioetanol TKKS menggunakan metode adsorpsi dengan adsorben berupa zeolit. Teknik yang digunakan dalam penelitian yaitu Pretreatment dengan menggunakan amonia (NH<sub>4</sub>OH). Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan (SSF) menggunakan enzim selulase untuk sakarifikasinya, lalu kultur *S. cerevisiae* dan buffer sitrat pH 5 untuk proses fermentasinya. Pemurniannya menggunakan adsorpsi menggunakan adsorben berupa zeolit. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa perlakuan pada proses pemurniannya yaitu tanpa pemurnian (Z0), dengan pemurnian adsorpsi zeolit 20% (Z2), dan pemurnian adsorpsi zeolit 40% (Z4).

#### 3.3. TAHAPAN PENELITIAN

##### 3.3.1. Persiapan Bahan Baku

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebelum dapat dijadikan substrat untuk pembuatan

bioetanol, serbuk TKKS diayak hingga memiliki ukuran 40 mesh. Ukuran tersebut merujuk kepada penelitian Khienpanya *et al.* (2010), dimana batang kelapa sawit yang berukuran 40 mesh dapat menghasilkan konsentrasi etanol yang lebih tinggi dari pada batang sawit dengan ukuran 40-60 mesh dan 60 mesh.

##### 3.3.2. Produksi Bioetanol

Penelitian ini dilakukan dengan memproduksi bioetanol dengan konsentrasi substrat sebanyak 10%, lalu melakukan pretreatment menggunakan amonia (NH<sub>4</sub>OH) dengan merendam substrat selama 24 jam, dilanjutkan dengan metode SSF yang melakukan hidrolisis enzimatik dengan menambahkan enzim selulase, dan buffer sitrat pH 5 untuk mempertahankan pH suspensi akan di inkubasi pada *incubator shaker* selama 48 jam, setelah sakarifikasi karena metode yang dipilih adalah SSF maka hidrolisat tersebut langsung ditambahkan *S. cerevisiae* untuk memulai proses fermentasi tanpa dilakukan penyaringan hidrolisat terlebih dahulu. *S. cerevisiae* yang ditambahkan sebanyak 0,2 gram dan 0,02 gram nutrisi lalu difermentasi selama 72 jam pada *shaker* dengan suhu ruang pada ±30°C, selanjutnya hasil fermentasi disaring untuk didapatkan filtratnya dan disentrifugasi untuk memisahkannya dengan padatan, selanjutnya di adsorpsi dengan menggunakan adsorben zeolit, adsorpsi dilakukan dengan pengadukan dan perendaman selama 60 menit.

##### 3.3.3. Kriteria Pengujian

Kriteria pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini terbagi dalam beberapa kriteria pengujian sebagai berikut:

1. Bahan baku: Pengujian Lignoselulosa (Chesson-Datta, 1981).

2. Hidrolisis: Perhitungan gula pereduksi dengan metode DNS (Miller, 1959).

3. Fermentasi: Pengujian densitas, pengukuran pH, perhitungan gula pereduksi dengan metode DNS (Miller, 1959), pengujian kadar etanol dengan metode oksidasi dikromat (Hanidah dkk, 2018).

4. Adsorpsi: Pengujian densitas, pengukuran pH, pengujian warna dan bau, pengujian kadar etanol dengan metode oksidasi dikromat (Hanidah dkk, 2018).

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. KARAKTERISASI BAHAN BAKU

Bahan Baku tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang digunakan didapatkan dari PT. Condong Garut. TKKS yang akan digunakan

dilakukan pengujian kadar lignoselulosa terlebih dahulu untuk mendapatkan informasi tentang kandungan yang dimiliki oleh TKKS tersebut, dari pengujian tersebut dicari kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini untuk tandan kosong kelapa sawit adalah kandungan lignoselulosa yang diuji dengan metode chesson. Hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel 1

**Tabel 1. Hasil Pengujian Kadar Lignoselulosa TKKS**

Komponen	Persentase Kandungan
Selulosa	±48,56%
Hemiselulosa	±28,08%
Lignin	±23,39%

Hasil pengujian lignoselulosa dengan metode chesson yang dilakukan menunjukkan jika memang benar jumlah selulosa yang terkandung dalam tandan kosong kelapa sawit lebih besar dibandingkan dengan hemiselulosa dan lignin, hal ini sesuai dengan beberapa hasil dari penelitian lain, karena TKKS yang digunakan untuk penelitian mengandung kadar selulosa yang menjadi komponen terbesar dalam TKKS yaitu dengan persentase sebesar 48,56% oleh karena itu tandan kosong kelapa sawit ini sangat berpotensi sebagai bahan baku bioetanol.

##### 4.2. KANDUNGAN GLUKOSA SETELAH HIDROLISIS DAN FERMENTASI

Glukosa adalah senyawa monomer sederhana yang banyak dimanfaatkan oleh makhluk hidup, pada proses fermentasi glukosa yang terkandung tidak boleh terlalu sedikit dan juga terlalu banyak, karena jika kandungan glukosa terlalu sedikit tentunya bioetanol yang

dihasilkan akan sedikit karena tidak semua glukosa akan terproduksi menjadi bioetanol, dan jika kandungan glukosa terlalu banyak maka akan terjadi inhibisi yang menghambat proses fermentasi dimana kandungan glukosa yang terlalu tinggi menjadi inhibitor bagi mikroorganisme dalam memproduksi bioetanol karena setiap mikroorganisme tersebut memiliki batas ketahanan terhadap glukosa yang berbeda. Kandungan glukosa yang berlebih dapat berakibat menjadi inhibitor selama proses sakarifikasi berlangsung (Anish & Rao, 2009).

Hasil pengujian DNS untuk hasil proses hidrolisis dan hasil proses fermentasi, kedua proses tersebut tentu seharusnya mengalami pengurangan kadar glukosa setelah proses fermentasi karena glukosa hasil hidrolisis dikonversi mikroorganisme yang menghasilkan metabolit berupa bioetanol, hasil dari pengujian ditunjukkan pada tabel 2.

**Tabel 2. Jumlah Glukosa Hasil Hidrolisis dan Hasil Fermentasi**

Hasil Hidrolisis (g/L)	Hasil Fermentasi (g/L)	Konversi
±9,94667	±5,41281	±45,58 %

Hasil yang ditunjukkan oleh tabel 2 tersebut menunjukkan adanya penurunan jumlah glukosa setelah proses fermentasi berlangsung, adanya penurunan ini berarti sebagian kadar glukosa yang dihasilkan proses hidrolisis telah digunakan oleh *Saccharomyces cerevisiae* untuk memproduksi bioetanol, karena pada saat fermentasi berlangsung *S. cerevisiae* dapat menghasilkan enzim zimase yang berfungsi memecah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa, serta enzim invertase yang berfungsi mengonversi glukosa menjadi bioetanol (Hanidah, 2010). Jumlah glukosa hasil proses hidrolisis adalah sebanyak 99,4667 g/L dan mengalami penurunan setelah proses fermentasi menjadi sebanyak 54,1281 g/L. berdasarkan penurunan kadar glukosa tersebut didapatkan jumlah glukosa yang dapat dikonversi oleh *S. cerevisiae* untuk menjadi bioetanol adalah sebanyak 45,3385 atau

dengan persentasi konversi 45,58% telah berhasil dikonversi oleh *S. cerevisiae* pada proses fermentasi.

#### 4.3. KARAKTERISASI FISIK BIOETANOL

##### 4.3.1. Karakteristik Bau dan Warna

Karakteristik fisik bioetanol yang diuji pada penelitian ini meliputi bau, warna, densitas, dan ada juga nilai pH dari setiap sampel dengan membandingkan hasil pengujian dari sampel hasil fermentasi dan sampel yang dimurnikan. Dari karakter fisik yang tampak adalah warna dari sampel yang terlihat dan dipindahkan ke dalam tabung reaksi dan diamati pada latar warna putih untuk melihat warnanya, dan bau yang dapat dicium menggunakan menggunakan indra penciuman. Hasil pengujian bau dan warna ditunjukkan pada tabel berikut

**Tabel 3. Perbandingan Karakteristik Fisik**

Perlakuan	Bau	Warna	Gambar
Z0	Kuat (bau tape)	Kuning keruh	
Z2	Normal (bau tape)	Kuning agak keruh	
Z4	Lemah (bau tape)	Kuning agak jernih	
Sandar	Lemah (aroma khas)	Bening jernih	

Karakteristik bau dari hasil tersebut jika dibandingkan dengan standar bau etanol komersil masih belum memenuhi karakteristik standar-nya tetapi dari hasil yang didapatkan tersebut menunjukkan jika proses adsorpsi dapat meningkatkan karakteristik bau mendekati standar sesuai etanol komersil yang ada. Karakteristik warna yang didapatkan dari hasil tersebut seluruhnya masih memiliki warna yang lebih dominan ke kuning tetapi setiap hasilnya memiliki tingkat kejernihan yang berbeda-beda, yang paling keruh adalah sampel hasil fermentasi tanpa pemurnian (Z0) dan yang paling jernih adalah sampel hasil adsorpsi Z4, dari karakteristik warna masih tidak sesuai dengan standar warna etanol yang ada yaitu tidak berwarna atau lebih banyak disebut bening yang jernih, tetapi dari hasil tersebut menunjukkan bahwa proses adsorpsi dapat meningkatkan tingkat kejernihan dari sampel yang asalnya keruh menjadi lebih jernih, untuk warna kuning yang dimiliki semua sampel tersebut adalah karena dalam sampel yang diuji masih banyak campuran-campuran senyawa selain etanol dan juga kadar etanol

yang ada dalam sampel terlalu sedikit sehingga warna yang dimiliki sampel tersebut tentunya bukanlah warna dari etanol melainkan warna dari filtrat hasil fermentasi TKKS.

#### 4.3.2. Berat Jenis Relatif dan Nilai pH

Pengujian nilai pH diukur dengan menggunakan pH meter yang sebelumnya dilakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk memastikan tingkat keakuratannya, pengujian terhadap setiap sampel dilakukan sebanyak dua kali dengan siklus yang berbeda untuk melihat keakuratan dari pengukuran nilai pH tersebut. Pengujian densitas (berat jenis) yang dilakukan merujuk kepada SNI 3565:2009 untuk pengukuran berat-nya menggunakan neraca analitik dan piknometer yang berat kosongnya dicatat terlebih dahulu dan mengukur berat jenis dari akuades, dan piknometer dikeringkan hingga benar-benar kering dan baru dapat digunakan untuk mengukur berat jenis dari sampel yang selanjutnya dihitung dalam persamaan berat jenis relatif. Hasil pengujian nilai pH dan densitas ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 4. Perbandingan Berat Jenis Relatif**

Perlakuan	Berat Jenis Relatif	Standar (SNI 7390:2008)
Z0	$\pm 1,0057$	0,798
Z2	$\pm 1,0057$	
Z4	$\pm 1,0055$	

Pengujian densitas sampel memiliki besar yang tidak terlalu berbeda jauh dari keseluruhan sampel. Berat jenis yang tidak berubah tersebut menunjukkan jika proses adsorpsi tidak terlalu memberikan efek yang nyata terhadap besar berat jenis sampel, proses adsorpsi ini memang dapat menurunkan berat jenis tetapi dalam beberapa kondisi dapat juga meningkatkan dengan adanya kotoran halus yang ikut terbawa oleh sampel. Hasil pengujian densitas, berat jenis tersebut masih sangat jauh jika

dibandingkan dengan standar densitas etanol yaitu sebesar 0,789 sesuai dengan SNI-7390:2008, berat jenis dari sampel tersebut adalah merupakan campuran beberapa senyawa sebagai hasil dari proses fermentasi yang tentunya bukan hanya etanol saja senyawa yang ada dalam sampel tersebut.

Nilai pH memiliki peranan yang sangat penting dan sudah menjadi salah satu kontrol dalam dunia perindustrian seperti dalam produk farmasi, kosmetik, makanan, minuman, dan

lainnya (Schaude *et al.*, 2017), maka tentu saja dalam pembuatan bioetanol nilai pH atau tingkat asam basa perlu diperhatikan karena

**Tabel 5. Perbandingan Nilai pH**

Perlakuan	Nilai pH	Standar (SNI 7390:2008)
Z0	±4,39	6,5 – 9,0
Z2	±4,35	
Z4	±4,38	

Nilai pH pada saat fermentasi diatur dengan larutan buffer pH 5 agar stabil mengalami penurunan saat telah selesai proses fermentasi-nya menjadi 4,39. Hal ini ternyata disebabkan oleh kecenderungan perubahan nilai pH pada media fermentasi disebabkan sel khamir yang mengubah amonia menjadi NH<sub>4</sub><sup>+</sup> sebagai sumber nitrogen, maka semakin banyak biomassa dan bertambahnya waktu fermentasi akan menyebabkan pH semakin rendah (Hanidah dkk, 2018).

Hasil pengujian nilai pH hasil fermentasi tanpa pemurnian (Z0) mengalami penurunan setelah proses pemurnian adsorpsi oleh zeolit baik adsorpsi Z2 ataupun adsorpsi Z4. Hal ini berbanding terbalik dengan teori dimana seharusnya terjadi peningkatan nilai pH karena adsorben yang digunakan adalah zeolit yang merupakan bahan mineral bermuatan negatif dan memiliki pori-pori yang terisi ion-ion K, Na, Ca, Mg, dan molekul H<sub>2</sub>O (Oste *et al.*, 2002), dan menurut Gintings (1998) permukaan zeolit yang menangkap dan menyerap bahan organik atau anorganik akan membuat kondisi cairan menjadi alkalinitas dimana semakin lama waktu kontak maka pH cairan akan menuju sifat basa.

memiliki standar tersendiri. Hasil pengujian nilai pH ditunjukkan pada tabel 5.

Penurunan nilai pH yang terjadi kemungkinan disebabkan oleh adanya aktifasi secara kimia kepada zeolit yang digunakan dalam penelitian dengan senyawa asam sebelum digunakan untuk proses adsorpsi, sehingga sampel saat proses adsorpsi berlangsung terpengaruh oleh zeolit yang kondisinya lebih dominan asam. Hasil pengujian nilai pH tersebut jika dibandingkan dengan standar nilai pH etanol masih belum mendekatinya, dimana standar untuk nilai pH etanol menurut SNI-7390:2008 adalah 6,5 – 9.

#### 4.3.3. Pengujian dan Perbandingan Kadar Etanol

Pengujian jumlah kadar etanol dengan metode oksidasi kalium dikromat, dilakukan kepada beberapa sampel yaitu sampel hasil fermentasi atau tanpa pemurnian Z0, sampel hasil adsorpsi Z2, dan sampel hasil adsorpsi Z4. Pengujian kadar etanol ini dilakukan untuk melihat perbandingan antara sampel yang diberi perlakuan pemurnian adsorpsi dengan zeolit dengan sampel hasil fermentasi saja. Hasil pengujian kadar etanol dengan metode oksidasi dikromat ditunjukkan pada tabel 6.

**Tabel 6. Perbandingan Kadar Etanol**

Perlakuan	Kadar Etanol (g/L)
Z0	±1,32697
Z2	±1,44274
Z4	±1,71227

Hasil pengujian kadar etanol pada tabel 10 tersebut menunjukkan bahwa ada peningkatan kadar etanol dari hasil fermentasi tanpa pemurnian (Z0) setelah melalui proses adsorpsi. Peningkatan yang terjadi adalah membuktikan bahwa zeolit dapat menjadi adsorben yang memurnikan etanol dengan menaikkan kadar etanolnya, selain itu ada hubungan berat zeolit dengan peningkatan kadar etanol dari sampel dimana kadar etanol hasil fermentasi yang melalui proses adsorpsi Z4 lebih besar kadar etanolnya dibandingkan dengan hasil adsorpsi Z2, hasil ini sesuai dengan penelitian Novitasari (2012) yang memurnikan etanol menggunakan zeolit dengan berbagai berat dengan hasil yang paling terbaik adalah adsorpsi menggunakan zeolit dengan berat paling besar. Hal ini sesuai dengan teori dimana semakin banyak zeolit yang digunakan maka air yang terserap akan semakin banyak, volume etanol yang dihasilkan tersebut dipengaruhi juga oleh porositas zeolit, dan luas permukaan yang bila semakin besar maka daya serap zeolit terhadap air akan meningkat (Nadzif dkk, 2009).

Proses adsorpsi secara keseluruhan mengalami peningkatan kadar etanol dari hasil fermentasi, dan peningkatan kadar etanol tersebut berkaitan dengan banyak atau berat zeolit yang digunakan pada proses adsorpsi, selain berat adsorben seperti pada penelitian ini ada juga faktor yang dapat berhubungan dengan kadar etanol dalam proses adsorpsi etanol yaitu waktu lama perendaman, luas permukaan, pengadukan, dan aktivasi adsorben.

Peningkatan kadar etanol yang paling tinggi hasil adsorpsi Z4 dengan kadar etanol awal sebanyak 1,71227 gram dalam satu Liter, dan untuk hasil adsorpsi Z2 hanya meningkat sedikit dari kadar etanol awal sebanyak 1,44274 gram dalam satu Liter.

## 5. SIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Proses pemurnian metode adsorpsi dengan zeolit memberikan karakteristik bioetanol yang lebih baik dibandingkan dengan hasil fermentasi saja. Pemurnian adsorpsi dengan zeolit tidak terlalu mempengaruhi berat jenis relatif dari bioetanol. Karakteristik fisik setelah melalui proses pemurnian adsorpsi zeolit menjadi lebih baik, dengan karakteristik terbaik dari adsorpsi Z4 yang memiliki bau lemah dan warna kuning agak jernih. Kandungan glukosa hasil proses hidrolisis yang terkonversi saat proses fermentasi adalah sebanyak  $\pm 4,53385$  g/L dengan konversi sebesar 45,58%. Peningkatan kadar etanol tertinggi adalah dengan pemurnian adsorpsi Z4 yang meningkatkan kadar etanol dari 1,32697 g/L menjadi 1,71227 g/L. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan proses pemurnian yang memiliki hasil paling baik adalah pemurnian adsorpsi Z4.

### Saran

Perlu untuk dilakukan kajian pemilihan luas permukaan, bentuk, banyak dari zeolit yang akan digunakan sebagai adsorben untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal. Perlu dilakukan kajian lanjutan dengan menggunakan jenis adsorben lain dalam pemurnian bioetanol untuk menemukan jenis adsorben yang paling baik dalam pemurnian bioetanol. Perlu dilakukan kajian lanjutan untuk mencari atau menggabungkan metode pemurnian adsorpsi dengan metode pemurnian lainnya demi mendapatkan hasil yang lebih baik dalam pemurnian bioetanol dari bahan berlignoselulosa.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

Dragon, G., B. Fernandes., A.A. Vicente., dan J.A. Teixeira. 2010. Third Generation Biofuels From Microalgae. In Current Research, Technology and Education Topicsin Applied Microbiology and Microbial Biotechnology, ed.A. Mendez-Vilas (Madrid: Formatex),1355–1366.

- Direktorat Jendral Perkebunan. 2015. Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa Sawit 2014 - 2016. Jakarta.
- Abdullah, N., Sulaiman, F. 2013. The Properties of the washed empty fruit bunches of oil palm. *Journal of Physical Science*, 24(2), 117-137.  
<https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.02.023>
- Marjoni, M. R. 2014. PEMURNIAN ETANOL HASIL FERMENTASI KULIT UMBI SINGKONG (Manihot Utilissima Pohl) DARI LIMBAH INDUSTRI KERUPUK SANJAI DI KOTA BUKITTINGGI BERDASARKAN SUHU DAN WAKTU DESTILASI. *Pharmacia*, Vol. 4, No. 2, 2014: 193-200. Akademi Farmasi Dwi Farma Bukittinggi. Bukittinggi.
- Ivanova, E. Damgaliev D., Kostova M. 2009. Adsorption Separation of Ethanol Water Liquid Mixtures by Natural Clinoptilolite. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*. 44 : 267-274.
- Khaidir. 2011. MODIFIKASI ZEOLIT ALAM SEBAGAI MATERIAL MOLECULAR SIEVE DAN APLIKASINYA PADA PROSES DEHIDRASI BIOETANOL. MT-Agriculture Technology. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Fauzi, Y., E.W. Yustina., S. Iman., dan R. Hartono. 2005. Kelapa Sawit : Budidaya, Pemanfaatan Hasil dan Limbah, Analisis Usaha dan Pemasaran. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Taherzadeh M.J. (1999). "Ethanol from Lignocellulose: Physiological Effects of Inhibitors and Fermentation Strategies". [thesis].Göteborg: Department of Chemical Reaction Engineering, Chalmers University Of Technology.
- Mc Donald, P., R. A. Edward, J. F. D. Greenhalg & C. A. Morgan. 2002. Animal Nutrition, 6 th Edition. Longman Scientific and Technical Co. Published in The United States with John Willey and Sons inc, New York.
- Suparjo. 2000. Analisis Secara Kimiawi. Fakultas Peternakan Universitas Jambi. Jambi.
- Nagarajan, Sanjay et al. 2017. Cellulose II as Bioethanol Feedstock and Its Advantages over Native Cellulose. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Tang, Chenglun et al. 2017. Sustainable Biobutanol Production Using Alkali-Catalyzed Organosolv Pretreated Cornstalks. *Industrial Crops and Products* 95: 383-92.
- Lee, H. V., S. B. A. Hamid., dan S. K. Zain. 2014. Conversion of Lignocellulosic Biomass to Nanocellulose: Structure and Chemical Process. *The Scientific World Journal* 2014.
- Kresnowati, MTAP., Efri Mardawati, dan Tjandra Setiadi. 2015. Production of Xylitol from Oil Palm Empty Fruits Bunch: A Case Study on Bio refinery Concept. *Modern Applied Science*.
- Balat, Mustafa, Havva Balat, dan Cahide Öz. 2008. Progress in Bioethanol Processing. *Progress in Energy and Combustion Science*.
- Sun, Y., dan Cheng, J. 2002. Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol Production: A Review. *BioResource Technology Journal*. 83 (1): 1-11.
- Bains, W. (1998). *Biotechnology from A to Z* Second Edition. New York: Oxford University Press Inc.
- Mosier, N., Wyman, C., Dale, B., Elander, R., Lee, Y., Holtzapple, M., et al. (2005). Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 96, 673–686.

- Novia, A. Windarti., dan Rosmawati. 2014. Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi dengan Metode Ozonolisis – Simultaneous *Saccharomyces* and Fermentation (SSF). *J. Teknik Kimia*. 20 (3) : 38-48.
- Nasruddin. 2005. Dynamic Modeling and Simulation of a Two-Bed Silicagel Water Adsorption Chiller. [DISERTATION], Rwth Aachen. Germany.
- Suryawan, B. 2004. Karakteristik Zeolit Indonesia sebagai Adsorben Uap Air. [DISERTASI], Universitas Indonesia. Jakarta.
- Khienpanya, N., Laemsak, N., Sirisansaneeyakul, S., Vanichsriratana, W., Sultan, I. N., Tareen, A. K., et al. (2010). Influence of particle size of pretreatment oil palm trunk fibers from simultaneous saccharification and fermentation on ethanol production. *TSB*, (March).
- Datta, R. 1981. Acidogenic fermentation of lignocellulose-acid yield and conversion of components. *Biotechnology and Bioengineering* 23 (9): 2167-2170
- Miller, G. L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. *Analytical Chemistry* 31: 426-8
- Hanidah, I.-I., Safitri, R., & Subroto, T. 2018. *Produksi Bio-etanol dari Limbah Pertanian*. Bitread Publishing.
- Anish, R., & Rao, M. (2009). Bioethanol from Lignocellulosic Biomass. In A. Pandey, *Handbook of Plant-based Biofuels* (pp. 159-170). Boca Raton: CRC Press.
- Hanidah, I.-I. (2010). Hidrolisis Bagas Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Secara Asam - Enzim dan Fermentasi Hidrolisat oleh *Pichia stiptis*, *Saccharomyces Cerevisiae*, dan *Saccharomyces Cerevisiae*. Bandung: Universitas Padjadjaran.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional.2009.SNI-3565. Etanol Nabati. Serpong: BSN.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional.2008.SNI-7390. Bioetanol Terdenaturasi untuk Gasohol. Serpong: BSN.
- Schaude, C., Fröhlich, E., Meindl, C., Attard, J., Binder, B., Mohr, G.J. 2017. The Development of Indicator Cotton Swabs for the Detection of pH in Wounds. *Sensors*, 17. doi:10.3390/s17061365
- Oste. L. A, Lexmond. T. M, and Riemsdijk. V. 2002. Metal immobilization in soils using synthetic zeolites. *Journal of Environmental quality*. Proquest Research Library. 31 : 813-821.
- Gintings, Perdana. Ir. 1992. *Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri*. Edisi 1. Jakarta : Pustaka Sinar Harapan
- Novitasari D., Kumumaningrum D. 2012. PEMURNIAN BIOETANOL MENGGUNAKAN PROSES ADSORPSI DAN DISTILASI ADSORPSI DENGAN ADSORBENT ZEOLIT. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, Vol. 1, No. 1, Halaman 534-539. Universitas Diponegoro. Semarang
- Nadzif, M.Y., Wibowo, S., 2009. *Kajian Kinerja Media Kondensasi Untuk Pemurnian Ethanol*. Fakultas Teknik Industri. Universitas Pembangunan Veteran : Jawa timur.
- Mardawati, E., Putri, A. V., Yuliana, T., Rahimah, S., Nurjanah, S., & Hanidah, I. 2019. Effects of substrate concentration on bioethanol production from oil palm empty fruit bunches with simultaneous saccharification and fermentation (SSF). *International Conference on Green Agro-industry and Bioeconomy*. IOP Publishing.