
PEMANFAATAN LIMBAH PRODUK KAYU SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN BIOETANOL

Dwi Kurniawan dan Novirina Hendrasarie

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Email: novirina@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Bioetanol merupakan salah satu energi alternatif berbasis biomassa. Sumber biomassa yang dapat dimanfaatkan adalah lignoselulosa dari sisa produk kayu. Konsumsi kertas dan kardus, yang merupakan produk kayu, di seluruh dunia pada tahun 2015 mencapai 410,7 juta ton. Pada penelitian ini, bioetanol diproduksi dari bahan yang berasal dari limbah produk kayu seperti kertas HVS, kardus, dan serbuk kayu. Delignifikasi dilakukan pada 50 gram bahan yang telah disiapkan, kemudian ditambahkan 500 mL H_2SO_4 10% selama 2 jam pada suhu 100 °C. Proses hidrolisis dengan enzim selulase 5 gram, 500 mL air pada pH 4 dan suhu 50 °C selama 4 jam. Proses fermentasi pada pembuatan bioetanol ini menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dengan variasi waktu fermentasi 8, 10 dan, 12 hari. Selain itu, juga terdapat proses destilasi-adsorpsi sebanyak 2 tahap yang menggunakan variasi jenis adsorben, yaitu zeolit 4A dan silika gel dengan lama waktu 60 menit. Hasil terbaik diperoleh pada bahan serbuk kayu, waktu fermentasi 10 hari, dan adsorben zeolit 4A, dengan kadar etanol sebesar 44,78 %.

Kata kunci: Bioetanol, Destilasi - Adsorpsi, Fermentasi

ABSTRACT

*Bioethanol is one of biomass based alternative energy. Biomass sources that can be used is lignocellulose from wood product waste. Consumption of paper and cardboard, which is one of wood product, of the world in 2015 reach 410,7 million tons. In this research, bioethanol is produced from raw material that is originated from wood product waste such as HVS paper, cardboard, and sawdust. Delignification is done to 50 grams of raw materials, than add 500 mL of H_2SO_4 10% for 2 hours and 100 °C. Hydrolysis with 5 grams of cellulase enzyme is done with 500 mL of water on pH 4 and 50 °C temperature for 4 hours. Fermentation in this bioethanol production use *Saccharomyces cerevisiae* with fermentation time variation of 8, 10, and 12 days. Furthermore, there are 2 stages distillation – adsorption process with adsorbent variation, zeolite 4A and silica gel for 60 minutes. Highest result is reached by sawdust raw material, 10 days of fermentation time, and zeolite 4A as adsorbent, with ethanol content 44,78 %.*

Keywords: Bioethanol, Distillation - Adsorption, Fermentation

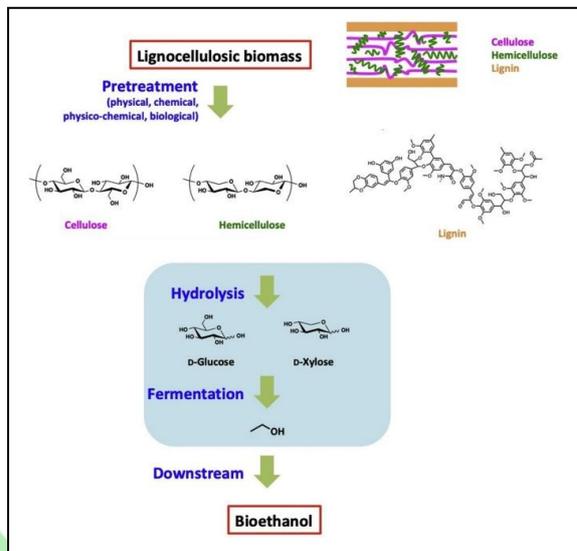
PENDAHULUAN

Permintaan global akan energi fosil diperkirakan akan terus bertumbuh. Sehingga pemanfaatan sumber energi alternatif dan terbarukan dapat membantu memenuhi persediaan energi dunia. Salah satu sumber energi alternatif yang populer adalah bioetanol. Bioetanol merupakan energi alternatif yang mengubah biomassa menjadi bahan bakar cair. Permintaan global akan bioetanol sebesar 110 miliar liter pada 2018 dan diprediksi mencapai 140 miliar liter pada 2022 (Sharma et al., 2020).

Ketika bioetanol diproduksi dari bahan pangan seperti tebu, jagung, kentang, dan umbi-umbian maka disebut bioetanol generasi pertama. Meskipun 96% bioetanol yang diproduksi sepanjang 2020 adalah bioetanol generasi pertama, hal tersebut tidak bisa menjadi sumber bahan bakar yang bisa diandalkan secara jangka panjang (Sharma et al., 2020). Di sisi lain, terdapat biomassa yang tersedia cukup banyak yaitu bahan yang mengandung lignoselulosa dengan produksi sekitar 170 miliar metrik ton per tahun secara global. Lignoselulosa dapat ditemukan pada limbah hasil pertanian, limbah perhutanan (serbuk kayu dan limbah mebel), maupun limbah industri seperti bubur kertas (Su et al., 2020). Bioetanol berbasis lignoselulosa inilah yang disebut sebagai bioetanol generasi kedua (Rezania et al., 2020). Di sisi lain konsumsi kertas dan kardus dunia mencapai 410,7 juta ton (Azeez, 2018). Limbah kertas dan kardus mengandung biomassa lignoselulosa, sehingga layak dipertimbangkan untuk menjadi bioetanol.

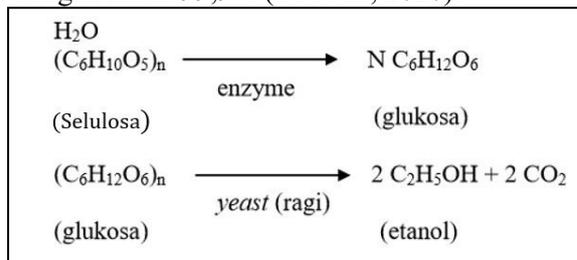
Lignoselulosa merupakan bagian tak terpisahkan dari dinding sel tumbuhan. Lignoselulosa adalah senyawa alami dan kompleks yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa dan hemiselulosa yang merupakan penyusun mayoritas dari lignoselulosa, sering diasosiasikan dengan lignin dan membentuk jejaring lignoselulosa yang kompleks. Jaringan ini sangat kuat dan tahan terhadap depolimerisasi. Sehingga, membuat etanol dari bahan lignoselulosa membutuhkan proses konversi kompleks yang membuat hal tersebut menjadi hambatan secara komersial (Rezania et al., 2020). Lignoselulosa dapat ditemukan pada

hasil pertanian, perkebunan, kehutanan sehingga berpotensi sebagai salah satu alternatif sumber energi.



Gambar-1 : Skema proses pembuatan bioetanol dari bahan lignoselulosa (Su et al., 2020)

Lignoselulosa termasuk bahan yang sulit didegradasi, sehingga diperlukan pretreatment untuk menghancurkan sehingga selulosa dapat dipisahkan dari lignin. Pretreatment untuk lignoselulosa memiliki banyak jenis dari secara fisik, kimia, biologi, maupun kombinasi antar cara-cara tersebut. Setelah pretreatment, dilakukan hidrolisis yang dibantu enzim terhadap selulosa dan hemiselulosa, yang akan menghasilkan D-glukosa, heksosa, dan pentosa sebagai karbohidrat yang dapat difermentasi. Monomer karbohidrat dengan C-5 dan C-6 ini kemudian dapat difermentasi menjadi alkohol dengan bantuan bakteri/ragi seperti *Saccharomyces cerevisiae*. Kemudian langkah terakhir adalah destilasi dan dehidrasi dari larutan etanol sehingga menghasilkan etanol dengan kadar 99,9% (Su et al., 2020).



Gambar-2 : Reaksi sederhana selulosa menjadi bioetanol (Anugrah, 2021)

Pada penelitian ini, akan dilakukan pembuatan bioetanol dengan bahan limbah produk kayu yaitu kertas HVS, kardus, dan serbuk kayu. Selain itu peneliti juga dilakukan untuk menguji perbedaan jenis delignifikasi, waktu fermentasi, dan jenis adsorpsi yang digunakan pada proses pemurnian (destilasi-adsorpsi).

METODE PENELITIAN

Pembuatan bioetanol pada penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahapan, yaitu persiapan bahan, delignifikasi, hidrolisis, fermentasi, dan destilasi-adsorpsi.

Tahap persiapan bahan : Bahan baku yang dipilih (kertas HVS, kardus, dan serbuk kayu) dipotong-potong hingga ukuran kecil. Setiap bahan diblender dan ditumbuk hingga menyerupai tepung halus. Bahan halus yang telah diblender kemudian dimasukkan oven suhu 80 °C selama 1 jam. Proses ini dilakukan untuk mempermudah proses delignifikasi dengan menghancurkan struktur serta memperluas area reaksi antara bahan dan larutan kimia untuk delignifikasi.

Tahap delignifikasi : Untuk pretreatment basa, padatan NaOH dihaluskan dan ditimbang sebanyak 50 gram lalu dimasukkan dalam tiap beaker glass dan larutan aquades 500 mL (10% b/v) beserta bahan baku sebanyak 50 gram. Untuk pretreatment asam digunakan H₂SO₄ 10% sebanyak 500 mL dan ditambahkan bahan baku sebanyak 50 gram. Setiap beaker glass ditutup dengan kertas aluminium foil dilubangi kecil lalu dipanaskan menggunakan hot plate stirrer pada suhu 100 °C selama 2 jam. Kemudian campuran tadi disaring menggunakan kain, sehingga padatan dan cairan terpisah serta dibilas dengan air. Kemudian sampel bahan dikeringkan dalam oven dengan suhu 80 °C selama 60 menit dan didinginkan dengan suhu ruangan. Fraksi padat yang sudah siap akan dilanjutkan pada proses hidrolisis.

Tahap hidrolisis : Bahan baku yang telah dimasukkan dalam beaker glass dengan air sebanyak 500 mL lalu ditambahkan NaOH hingga pH mencapai 4. Tambahkan enzim selulase sebanyak 5 gram (10% berat bahan). Beaker glass yang telah siap kemudian

dipanaskan pada suhu 50°C selama 4 jam lalu dinginkan dengan suhu ruangan.

Tahap fermentasi : Alat yang akan digunakan disterilisasi secara fisis terlebih dahulu dengan cara pemanasan pada oven pada suhu 75°C selama 30 detik, sehingga kontaminan yang terdapat pada alat hilang dan tidak mengganggu proses fermentasi. Kemudian dari hasil hidrolisat sebanyak 500 mL, 50 mL dari hidrolisat diambil (10% v/v dari volume substrat) sebagai larutan starter. Kemudian larutan starter 50 mL ditambahkan dengan ragi, gula, pupuk NPK sebanyak 5 gram (10% b/v larutan starter). Kemudian didiamkan selama 24 jam dengan kondisi anaerob. Setelah itu larutan hidrolisat awal dicampurkan lagi dengan larutan starter yang sudah disiapkan. Setiap bahan dan didiamkan pada kondisi anaerob selama variabel waktu fermentasi yang telah di tentukan yaitu 8, 10, 12 hari dengan suhu ruangan. Hasil fermentasi disaring dan diteruskan pada proses destilasi.

Tahap destilasi-adsorpsi : Zeolit 4A dan silika gel diaktivasi dengan oven pada suhu 240 – 300 °C selama 2,5 jam. Setelah hasil fermentasi selama 8, 10, 12 hari, dilakukan proses destilasi pada tiap hasil fermentasi. Hasil fermentasi kemudian dimasukkan destilator dengan suhu 78°C selama 60 menit sehingga larutan alkohol dapat terpisah dengan air. Larutan alkohol yang menguap kemudian masuk dalam selang pendingin serta dilewatkan ruang adsorben, dengan jumlah adsorben 100 gram. Uapan alkohol akan kembali menjadi cairan atau yang disebut hasil etanol murni. Proses ini dilakukan sebanyak 2 tahap, dimana pada tahap ke 2 dilakukan destilasi dari hasil destilasi-adsorpsi tahap pertama.

Pada penelitian ini dilakukan uji kadar lignin dengan metode klason SNI 0492:2008. Uji kadar lignin dilakukan pada bahan awal dan setelah bahan melalui tahap delignifikasi. Untuk pengujian kadar etanol dilakukan sesuai SNI 3565:2009, yaitu dengan mencocokkan *specific gravity* setiap sampel dengan tabel kadar etanol (AOAC, 2012). Pengujian kadar etanol dilakukan pada sampel setelah destilasi-adsorpsi tahap pertama dan kedua.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji lignin untuk menentukan jenis delignifikasi yang digunakan dalam pembuatan bioetanol

Pada penelitian ini bahan-bahan yang digunakan, yaitu HVS, kardus, dan serbuk kayu didelignifikasi dengan 2 cara, delignifikasi asam H₂SO₄ 10% dan delignifikasi basa NaOH 10%. Uji lignin dilakukan dengan Metode Klason SNI 0492:2008 untuk mengetahui kadar lignin sebelum dan sesudah proses delignifikasi. Hasil uji lignin dapat dilihat pada tabel-1.

Tabel-1: Kadar Lignin Bahan yang Terdelignifikasi

No.	Bahan	Delignifikasi		
		Tanpa Delignifikasi	Basa	Asam
1.	Kertas HVS	8,02 %	7,15 %	0,76 %
2.	Kardus	33,74 %	20 %	15,01 %
3.	Serbuk Kayu	24,8 %	20,75 %	15,94 %

Persen penguraian lignin terbesar terjadi pada bahan kertas HVS dengan delignifikasi asam, yaitu lignin terurai sebesar 90,52%. Persen penurunan tersebut hampir mendekati delignifikasi asam H₂SO₄ yang dibahas di dalam (Rezania et al., 2020), yaitu sebesar 92%. Sedangkan penguraian lignin terendah terjadi pada bahan HVS dengan delignifikasi basa, yaitu lignin terurai hanya sebesar 10,84%. Pada semua bahan, delignifikasi asam memiliki tingkat penguraian lignin yang lebih tinggi daripada delignifikasi basa. Hal tersebut bisa terjadi karena karakteristik bahan dasar dari ketiga bahan, HVS, kardus, dan serbuk kayu adalah lignoselulosa kayu. Selain itu, asam mampu memutus sambungan polisakarida-lignin yang pada akhirnya membantu pembentukan gula monomer. Hemiselulosa yang ada juga mengalami perubahan menjadi gula terlarut dengan terjadinya perubahan struktur bahan lignoselulosa. Uji lignin dari proses delignifikasi ini penting dilakukan karena tolak ukur keberhasilan delignifikasi adalah tingginya penguraian lignin (Rezania et al., 2020).

Semakin tinggi penguraian lignin yang terjadi, maka selulosa dan hemiselulosa yang sebelumnya diikat oleh lignin akan menjadi lebih mudah untuk diuraikan menjadi glukosa pada proses hidrolisis. Sehingga pada penelitian ini, delignifikasi yang digunakan untuk pembuatan etanol adalah delignifikasi asam dengan H₂SO₄ 10%.

Jenis lignoselulosa limbah produk kayu terbaik dalam menghasilkan bioethanol

Pembuatan bioetanol pada penelitian ini menggunakan bahan berupa kardus, HVS, dan serbuk kayu dengan jumlah bahan baku sebanyak 50 gram serta delignifikasi H₂SO₄ 10%. Selain itu pula digunakan variasi waktu fermentasi dan adsorben yang digunakan. Destilasi - adsorpsi dilakukan sebanyak 2 tahap untuk meningkatkan kadar etanol lebih jauh. Setelah penelitian, peneliti dapat menyimpulkan bahwa bahan yang lebih optimal dalam pembuatan bioetanol ini adalah bahan serbuk kayu.

Tabel-2 : Persen etanol dengan adsorben zeolit 4A - adsorpsi tahap 1

ADSORBEN ZEOLIT 4A			
Bahan	8 hari	10 hari	12 hari
Kardus	20.21	26.5	25.05
HVS	21.25	27.85	25.21
Serbuk kayu	22.45	29.87	27.05

Tabel-3 : Persen etanol dengan adsorben silika gel - adsorpsi tahap 1

ADSORBEN SILIKA GEL			
Bahan	8 hari	10 hari	12 hari
Kardus	15.49	20.38	18.62
HVS	16.35	21.51	19.15
Serbuk kayu	17.39	22.53	20.82

Berdasarkan pengamatan selama penelitian, perbedaan karakteristik fisik antara ketiga bahan menjadi kunci pada perbedaan kadar etanol dengan bahan-bahan tersebut. Bahan kardus dan HVS memiliki sifat yang lebih menyerap air, sehingga lebih sulit diaduk merata pada proses delignifikasi dan hidrolisis. Selain itu, bahan kardus dan HVS menyerap banyak larutan dari proses hidrolisis, sehingga pencampuran larutan starter pada proses fermentasi lebih sulit dilakukan. Di sisi lain, bahan serbuk kayu memiliki ukuran yang lebih kecil, halus, serta tidak menyerap larutan, sehingga pengadukan pada delignifikasi dan hidrolisis lebih mudah. Pencampuran larutan starter pada proses fermentasi untuk bahan kayu juga lebih mudah merata, sehingga proses fermentasi yang terjadi lebih optimal. Jadi ketika volume larutan yang sama diberikan pada proses delignifikasi atau hidrolisis, larutan yang mengandung bahan HVS dan kardus akan menjadi lebih kental dan sulit diaduk lebih merata dibandingkan larutan dengan bahan serbuk kayu.

Hasil etanol tertinggi didapat pada bahan serbuk kayu, waktu fermentasi 10 hari, dan adsorpsi tahap 2 dengan zeolit 4A yakni dengan kadar 44,78 %. Secara rata-rata, etanol yang dihasilkan oleh bahan HVS lebih baik 4,31% daripada etanol dari bahan kardus. Sedangkan rata-rata etanol bahan serbuk kayu lebih baik 11,07 % dibanding etanol bahan kardus.

Tabel-4 : Persen etanol dengan adsorben silika gel - adsorpsi tahap 2

ADSORBEN SILIKA GEL			
Bahan	8 hari	10 hari	12 hari
Kardus	21.42	28.55	26.02
HVS	22.87	30.1	27.13
Serbuk kayu	24.3	31.51	29.17

Tabel-5 : Persen etanol dengan adsorben zeolit 4A - adsorpsi tahap 2

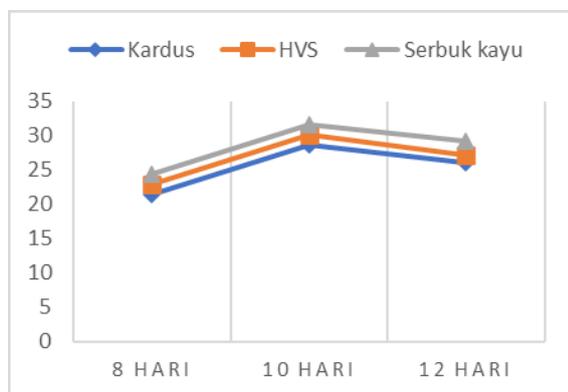
ADSORBEN ZEOLIT 4A			
Bahan	8 hari	10 hari	12 hari
Kardus	30.32	39.74	37.59
HVS	31.87	41.75	37.84
Serbuk kayu	33.64	44.78	40.58

Kandungan selulosa dan hemiselulosa pada serbuk kayu lebih besar yaitu masing-masing 40,99% dan 70,52%. Dibandingkan pada bahan kardus dan HVS yang memiliki kandungan selulosa dan hemiselulosa yang lebih rendah. Kardus dengan 20,89% selulosa dan 57,6% hemiselulosa, serta HVS dengan 85% selulosa dan 8% hemiselulosa. Selulosa dan hemiselulosa yang dikonversi menjadi gula monomer pada proses hidrolisis menentukan hasil akhir kadar etanol. Selain itu terdapat pula faktor penguraian lignin. Menurut (Rezania et al., 2020), struktur lignin mungkin berubah dan tidak terurai sepenuhnya, karena tidak semua jenis delignifikasi dapat mengurai lignin secara total. Namun, bahan yang melalui proses delignifikasi terlebih dahulu dapat memiliki kadar etanol lebih baik, jika dibandingkan bahan yang tidak terdelignifikasi. Meskipun, penguraian lignin pada HVS lebih tinggi yaitu 90,52% dibandingkan dengan penguraian lignin pada serbuk kayu sebesar 35,72%, namun kadar etanol yang dihasilkan serbuk kayu bisa lebih tinggi dibanding HVS. Faktor pengaruhnya mungkin seperti yang disebutkan pada (Rezania et al., 2020), yakni delignifikasi serbuk kayu hanya mampu mengubah struktur lignin namun tidak dapat menguraikan lignin sepenuhnya. Jika dibandingkan dengan etanol pada (Anugrah, 2021) kadar tertingginya adalah 23,78 % dari bahan HVS waktu fermentasi 10 hari, maka dengan waktu dan bahan yang sama pada penelitian ini adalah 41,75 %. Sehingga terjadi peningkatan sebesar 75,56 % dari kadar etanol pada penelitian sebelumnya (Anugrah, 2021).

Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol

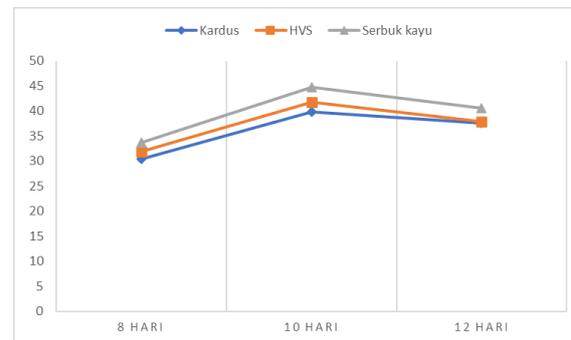
Pada tabel-1 dan tabel-2 didapat hasil etanol yang cukup bervariasi. Salah satu faktor pengaruhnya adalah lama waktu fermentasi. Menurut (Wusnah et al., 2016), laju pertumbuhan mikroorganisme memiliki beberapa fase, yakni fase awal, fase eksponensial, fase stasioner, dan fase kematian.

Fase awal merupakan fase saat mikroorganisme berada dalam tahap adaptasi, sehingga belum terbentuk kadar etanol pada fase ini. Fase ini dipengaruhi oleh jumlah ragi awal dan nutrisi awal yang diberikan, di mana faktor tersebut dapat membantu mikroorganisme beradaptasi dengan kondisi sekitarnya. Kemudian terjadi fase eksponensial, di mana laju peningkatan etanol sangat tinggi karena agen fermentasi sudah mulai melakukan konversi monosakarida (glukosa) menjadi etil alkohol. Selain itu, fase ini juga dipengaruhi oleh jumlah glukosa yang mampu dihasilkan pada proses hidrolisis, tahap yang dilakukan sebelum fermentasi. Fase stasioner yaitu kondisi saat kadar etanol telah mencapai kadar maksimal yang mampu dicapai oleh agen fermentasi. Setelah fase stasioner, terjadi fase kematian. Fase kematian dapat diketahui dengan terjadinya penurunan kadar etanol. Hal ini bisa terjadi akibat nutrisi/substrat glukosa telah habis, sehingga tidak lagi terjadi pembentukan etanol. Mikroorganisme pada fase kematian akan menghasilkan asam-asam, seperti asam laktat, asam piruvat, dan asam asetat yang dapat meracuni mikroorganisme di dalam proses fermentasi.



Grafik-1: Korelasi waktu fermentasi dan kadar etanol untuk adsorben silika gel

Pada penelitian ini, waktu fermentasi divariasikan 8, 10, dan 12 hari. Waktu fermentasi 8 hari memiliki kadar etanol terendah dibanding variasi waktu lainnya.



Grafik-2: korelasi waktu fermentasi dan kadar etanol untuk adsorben zeolit 4A

Hal ini disebabkan waktu 8 hari belum mencapai fase stasioner, keadaan puncak ketika sudah tidak terjadi produksi etanol. Seperti pada (Anugrah, 2021), fase eksponensial mulai terlihat pada hari ke 5, sehingga fase awal adaptasi mikroorganisme terjadi sebelum hari ke 5. Sehingga dapat dikatakan bahwa, waktu fermentasi 8 hari masih berada dalam fase eksponensial.

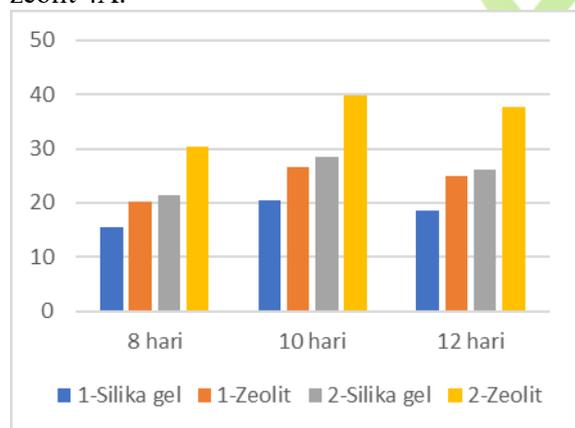
Pada waktu fermentasi 10 hari, proses fermentasi mengalami fase stasioner di mana mikroorganisme sudah mencapai puncak kadar etanol. Peningkatan kadar etanol rata-rata dari waktu fermentasi 8 hari menuju waktu fermentasi 10 hari adalah sebesar 31,63 %. Waktu fermentasi 10 hari dapat dikatakan sebagai fase stasioner karena waktu fermentasi 12 hari kadar etanol mulai menurun. Meskipun rata-rata penurunan kadar etanol dari waktu fermentasi 10 hari menuju waktu fermentasi 12 hari tidak terlalu signifikan, yaitu 9,12 %. Namun ini menunjukkan bahwa pada waktu fermentasi 12 hari mulai terjadi fase kematian mikroorganisme, di mana mikroorganisme sudah tidak dapat memproduksi etanol lagi. Agen fermentasi pada waktu 12 hari sudah kehabisan nutrisi/substrat glukosa, sehingga mikroorganisme mati dan menimbulkan asam yang berpotensi mengganggu proses fermentasi (Wusnah et al., 2016). Hal ini juga seperti yang terjadi pada (Siregar et al., 2019) mengalami hal serupa yaitu kadar etanol turun setelah mencapai fase stasioner (puncak kadar etanol). Kompetisi antara sesama bakteri *S. Cerevisiae* karena nutrisi dalam larutan fermentasi telah habis dan menyebabkan *S. Cerevisiae* memasuki fase kematian. Akibat kematian *S.*

Cerevisiae terdapat reaksi kedua, yang menghasilkan asam piruvat. Sehingga kadar etanol, dalam larutan fermentasi menjadi turun setelah mencapai puncak kadar etanol karena adanya reaksi kedua tersebut.

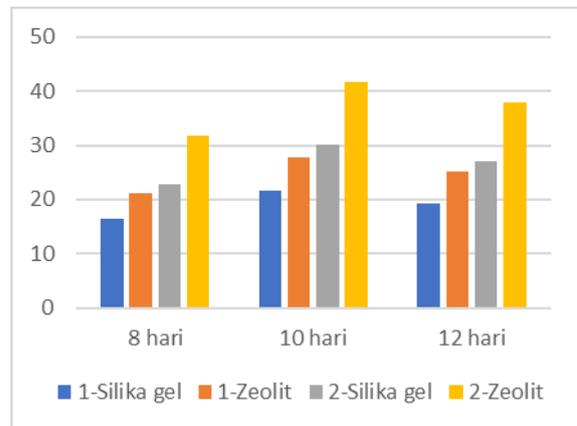
Pengaruh penggunaan adsorben proses adsorpsi terhadap kadar bioetanol

Distilasi-adsorpsi adalah metode pemisahan air - etanol yang menggabungkan proses distilasi dan adsorpsi secara bersamaan. Pada proses ini, terdapat kolom adsorben yang dirangkai dengan alat distilasi. Proses destilasi-adsorpsi dilakukan sebanyak 2 tahap untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggunaan adsorben. Pada proses distilasi-adsorpsi ini terdapat 2 variasi jenis adsorben, yaitu zeolit 4A dan silika gel.

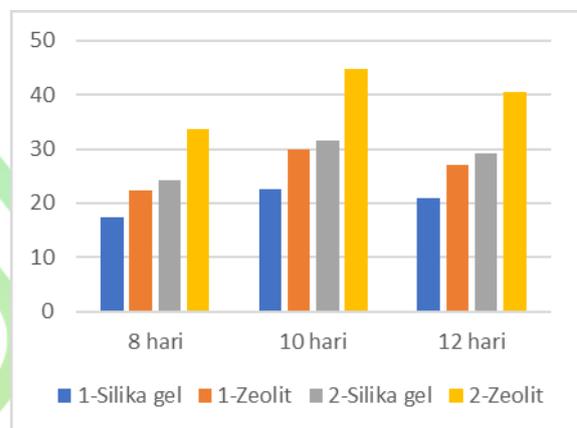
Zeolit 4A memiliki pori dengan ukuran diameter 4 angstrom, sehingga dapat menyerap molekul air yang berukuran 3 angstrom, sedangkan molekul etanol sendiri adalah 4,4 angstrom (Novitasari, 2012). Sedangkan, silika gel menurut (Megawati et al., 2017), memiliki pori dengan diameter 0,4 nm namun hanya dapat menyerap kelembaban air hingga 40% dari beratnya saja. Sehingga kondisi jenuh penyerapan air pada adsorben silika gel lebih cepat dicapai dibandingkan pada adsorben zeolit 4A.



Grafik-3: Perbandingan kadar etanol bahan kardus dengan 2 jenis adsorben



Grafik-4: Perbandingan kadar etanol bahan kertas HVS dengan 2 jenis adsorben



Grafik-5: Perbandingan kadar etanol bahan serbuk kayu dengan 2 jenis adsorben

Pada penelitian ini, didapatkan bahwa zeolit 4A sebagai adsorben memiliki performa yang lebih baik daripada silika gel. Seperti yang terlihat pada grafik-3, grafik-4 dan grafik-55, keseluruhan data kadar etanol dengan adsorben zeolit 4A memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan pada adsorben silika gel. Secara rata-rata kadar etanol destilasi-adsorpsi tahap 1 dengan adsorben zeolit 4A 30,88% lebih tinggi daripada etanol dengan adsorben silika gel. Sedangkan untuk destilasi-adsorpsi tahap 2, kadar etanol adsorben zeolit 4A 40,25% lebih baik dibandingkan adsorben silika gel. Bila ditinjau dari rata-rata tingkat penyerapan airnya, kapasitas penyerapan air dari zeolit 4A lebih baik 44,35% dibanding kapasitas penyerapan air dari silika gel.

Berdasarkan (Karimi et al., 2019), zeolit 4A memiliki luas permukaan pori sebesar 727 m² /g sedangkan maksimum kadar air yang dapat diserap oleh zeolit 4A adalah 0,247 g_w/g. Untuk silika gel luas permukaan pori sebesar 300 m²/g dan maksimum kadar air yang dapat diserap adalah 0,074 g_w/g. Berdasarkan pengamatan saat penelitian, kemungkinan penyebab dari kekurangan hasil bioetanol ini adalah kesulitan mengontrol tekanan pada saat destilasi-adsorpsi. Etanol yang menguap dan tidak diimbangi dengan kerapatan tekanan sistem menyebabkan adanya etanol keluar dari sistem destilasi-adsorpsi. Akibatnya, kadar etanol yang dihasilkan berkurang dari yang diharapkan. Proses destilasi-adsorpsi ini memerlukan desain dan peralatan yang lebih baik, dari ruang pendidih, ruang adsorpsi, dan kondensor yang kompatibel, sehingga etanol yang keluar dari sistem dapat dikurangi dan meningkatkan kadar etanol yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil uji lignin dengan metode klason SNI 14-1032-1989 menunjukkan bahwa delignifikasi asam H₂SO₄ 10%, lebih efektif untuk menguraikan lignin dibandingkan delignifikasi NaOH pada bahan kardus, HVS, dan serbuk kayu. Dengan persen penurunan lignin terjadi pada bahan HVS delignifikasi H₂SO₄ 10%, yaitu sebesar 90,52%.
2. Ditinjau dari efektivitas bahan-bahan yang dimanfaatkan dalam menghasilkan kadar etanol, bahan serbuk kayu mendapatkan hasil kadar etanol terbaik. Kadar tertinggi didapatkan pada waktu fermentasi 10 hari, adsorben zeolit dengan bahan serbuk kayu yaitu 44,78 %. Bahan HVS memiliki kadar etanol rata-rata lebih baik 4,31 % dari bahan kardus, sedangkan untuk bahan serbuk kayu 11,07 % lebih baik dari bahan kardus.
3. Ditinjau dari waktu fermentasi, maka waktu fermentasi terbaik dalam menghasilkan etanol adalah 10 hari. Secara rata-rata kadar etanol dengan waktu fermentasi 10 hari lebih baik 31,63 % dibandingkan waktu fermentasi 8 hari. Namun pada waktu

fermentasi 12 hari, kadar etanol turun rata-rata sebesar 9,12 % dibanding waktu fermentasi 10 hari.

4. Ditinjau dari adsorben yang digunakan pada proses destilasi-adsorpsi, maka adsorben terbaik adalah zeolit 4A. Kadar etanol rata-rata destilasi-adsorpsi tahap 1 dengan penggunaan adsorben zeolit 4A lebih tinggi sebesar 30,62% dibandingkan pada adsorben silika gel. Sedangkan pada destilasi-adsorpsi tahap 2 kadar etanol dengan adsorben zeolit 4A lebih tinggi 40,25% daripada adsorben silika gel.

DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah, M. R. P. (2021). Uji efektifitas sampah pangan dan non pangan dalam menghasilkan bioetanol generasi kedua. *Jurnal Envirous, Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur*, 1(2), 32–40.
- Azeez, M. A. (2018). Pulping of non-woody biomass. *Pulp and Paper Processing*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79749>
- Karimi, S., Tavakkoli Yarak, M., & Karri, R. (2019). A comprehensive review of the adsorption mechanisms and factors influencing the adsorption process from the perspective of bioethanol dehydration. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 107(November 2018), 535–553.
- Megawati, Jannah, R. A., & Rahayuningtiyas, I. (2017). The influence of white and blue silica gels as adsorbents in adsorptive-distillation of ethanol-water mixture. *AIP Conference Proceedings*, 1788(March).
- Novitasari, D. (2012). Pemurnian bioetanol menggunakan proses adsorpsi dan destilasi adsorpsi dengan adsorbent zeolit. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro*, 1(1), 534–539.
- Rezania, S., Oryani, B., Cho, J., Talaiekhosani, A., Sabbagh, F., Hashemi, B., Rupani, P. F., & Mohammadi, A. A. (2020). Different pretreatment technologies of lignocellulosic biomass for bioethanol production: An overview. *Energy*, 199.
- Sharma, B., Larroche, C., & Dussap, C. G. (2020). Comprehensive assessment of 2G bioethanol production. *Bioresource Technology*, 313(June), 123630.

- Siregar, J. S., Ahmad, A., & Amraini, S. Z. (2019). Effect of time fermentation and *saccharomyces cerevisiae* concentration for bioethanol production from empty fruit bunch. *Journal of Physics: Conference Series*, 1351(1), 0–5.
- Su, T., Zhao, D., Khodadadi, M., & Len, C. (2020). Lignocellulosic biomass for bioethanol: Recent advances, technology trends, and barriers to industrial development. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 24, 56–60.
- Wusnah, Bahri, S., & Hartono, D. (2016). Proses pembuatan bioetano dari kulit pisang kepok (*Musa acuminata B.C*) secara fermentasi. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 1(5), 57–65.

