



PENGARUH KONSENTRASI NATRIUM HIDROKSIDA SAAT PRETREATMENT DAN WAKTU FERMENTASI TERHADAP KADAR BIOETANOL DARI DAUN NANAS

Novia, N. *, Khairunnas, Gigih Tejo Purboyo

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang - Prabumulih Km. 32 Indralaya, OI, Sumatera Selatan 30662

*Corresponding Author: noviasumardi@yahoo.com

Abstrak

Peningkatan konsumsi BBM (Bahan Bakar Minyak) di Indonesia menyebabkan defisit negara. Untuk mengurangi impor BBM, pemerintah mengeluarkan kebijakan pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (BBN) salah satunya adalah bioetanol. Bioetanol generasi kedua dibuat dari bahan lignoselulosa, seperti daun nanas. Daun nanas merupakan limbah dari hasil perkebunan nanas yang jumlahnya melimpah. Pada persiapan bahan baku, daun nanas dijemur, dicacah dan dihaluskan. Pretreatment dilakukan dengan delignifikasi serbuk daun nanas menggunakan NaOH (variasi konsentrasi 0,2 N ; 0,4 N ; 0,6 N ; dan 0,8 N). Selanjutnya, tahap hidrolisis menggunakan larutan Asam sulfat 2% (v/v). langkah terakhir yaitu fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dengan variasi waktu fermentasi 1, 2, 3, 4 dan 5 hari. Bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi dimurnikan dengan destilasi. Tujuan penelitian ini adalah meneliti pengaruh konsentrasi NaOH saat pretreatment terhadap kadar lignin dan glukosa serta pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol dari daun nanas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi NaOH, maka semakin kecil kadar lignin dan semakin besar kadar glukosa yang dihasilkan. Kadar bioethanol tertinggi diperoleh sebesar 3,213 % (v/v) pada saat perlakuan delignifikasi 0,8 N NaOH dan waktu fermentasi 3 hari.

Kata kunci : bioethanol, daun nanas, delignifikasi, fermentasi, hidrolisis

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi dan ekonomi Indonesia yang pesat mengakibatkan meningkatnya konsumsi energi. Kondisi ini menuntut penyediaan energi untuk kelangsungan hidup. Salah satu energi yang paling banyak dikonsumsi adalah Bahan Bakar Minyak (BBM). Menurut data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral pada tahun 2012 konsumsi BBM Indonesia sebesar 1,25 juta barrel per hari, sementara produksinya sebesar 875 ribu barrel. Kondisi ini mengakibatkan defisit BBM dan dilakukan impor untuk memenuhinya. Berdasarkan hal tersebut untuk mengurangi impor BBM, pemerintah membuat Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral nomor 20 tahun 2014 mengenai perubahan kedua atas Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral nomor 32 tahun 2008 tentang penyediaan, pemanfaatan, dan tata niaga Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) sebagai bahan bakar lain. Peraturan menteri ini berisi tentang peningkatan pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (BBN) sebagai energi alternatif BBM seperti bioetanol.

Bioetanol dapat dibuat dari bahan yang mengandung gula dan pati, seperti : molase, tebu dan lain-lain (generasi pertama). Pemanfaatan bahan baku tersebut kurang efektif karena berfungsi juga sebagai bahan pangan. Oleh karena itu diperlukan alternatif bahan baku untuk mengatasi kondisi tersebut, dimana dalam pembuatannya tidak mengganggu stabilitas bahan pangan. Bioetanol generasi kedua dibuat dari bahan-bahan yang mengandung selulosa dan tidak termasuk bahan pangan, seperti daun nanas, jerami padi, dan lain – lain. Daun nanas merupakan salah satu limbah perkebunan buah nanas. Setiap tahun perkebunan buah nanas menghasilkan limbah daun nanas sebanyak 9 ton per hektare (Kementerian Perindustrian, 2004 dalam Rahman, 2014). Daun nanas berpotensi untuk dijadikan bahan baku bioetanol generasi kedua karena ketersediaan bahan baku dan tidak termasuk bahan pangan.

Penelitian mendalam perlu dilakukan untuk menghasilkan produk yang mampu memenuhi kebutuhan bioetanol di masa depan. Oleh karena itu, penelitian ini memanfaatkan daun nanas sebagai bahan baku bioetanol generasi kedua.

Daun Nanas

Daun nanas merupakan daun yang dihasilkan dari perkebunan tanaman nanas. Tanaman ini menghasilkan buah dalam jangka waktu musiman dan diganti tanaman baru setelah dua atau tiga kali panen. Populasi tanaman berkisar antara 4.000 – 5.000 tanaman per ha. Biasanya bibit ditanam dengan jarak tanam antara 75 – 90 cm (Fath, 2009 dalam Rahman, 2014). Tabel 1 menunjukkan komposisi kering daun nanas :

Tabel 1. Komposisi Kering Daun Nanas

Komposisi Kimia	Serat Nanas (%)
Lignin	4,4 – 4,7
Pentosan	17,0 – 17,8
Selulosa	69,5 – 71,5
Lemak dan <i>Wax</i>	3,0 – 3,3
Pektin	1,0 – 1,2
Abu	0,71 – 0,87
Zat – zat lain (protein, asam organik, dll)	4,5 – 5,3

Sumber : *Onggo dan Jovita, 2003 dalam Jayanudin, 2009*

Lignoselulosa

Lignoselulosa merupakan massa yang berasal dari tanaman yang memiliki komponen utama berupa lignin, selulosa, dan hemiselulosa (Fujita dkk, 1991 dalam Wiratmaja, 2011). Struktur lignoselulosa dideskripsikan dengan selulosa melekat pada ikatan silang matriks bagian hemiselulosa dan keduanya dilapisi oleh lignin (Hovart, 2006 dalam Yuanisa, 2015).

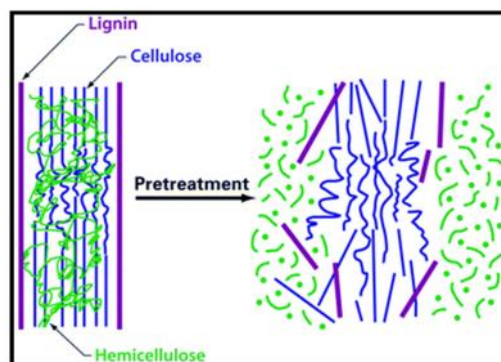
Selulosa

Selulosa adalah komponen utama penyusun bahan lignoselulosa yang berupa mikrofibril homopolisakarida dan tersusun atas unit β -D-glukopiranosida yang dihubungkan oleh ikatan glikosidik. Selulosa memiliki rumus empiris $(C_6H_{10}O_5)_n$, dimana n adalah nilai derajat polimerisasi selulosa (antara 15-1400).

Lignin

Lignin merupakan bahan organik polimer yang banyak terkandung pada tumbuhan. Lignin tersusun atas jaringan polimer fenolik. Jaringan tersebut berfungsi sebagai perekat serat selulosa dan hemiselulosa sehingga menjadi kuat (Sun and Cheng, 2002).

Lignin tersusun atas fenilpropana yang berbeda, yaitu *p-kumaril*, *koniferil*, dan *sinapil alkohol*. Unit-unit fenil propana saling terikat oleh ikatan eter (C-O-C) maupun ikatan karbon. Adanya ikatan aril-alkil dan ikatan eter pada lignin mengakibatkan lignin dapat melindungi selulosa dan senyawa karbohidrat lain pada dinding serat. Lignin tidak dapat diisolasi dari tanaman tanpa mendegradasi strukturnya.



Gambar 1. Pretreatment Lignoselulosa (Kumar et.al, 2009)

Proses Perlakuan Awal (Pretreatment)

Pada pembuatan bioetanol berbahan baku lignoselulosa, kandungan lignin menjadi penghambat utama dalam konversi bioetanol. Selulosa dilapisi oleh lignin sehingga sulit untuk dihidrolisis menjadi glukosa. Oleh karena itu, diperlukan perlakuan awal (*pretreatment*) terhadap bahan baku

lignoselulosa. *Pretreatment* bertujuan untuk memisahkan ikatan antara lignin dan selulosa (delignifikasi), menghilangkan kandungan hemiselulosa dan lignin, merusak struktur kristal selulosa dan meningkatkan porositas bahan.

Delignifikasi Menggunakan NaOH

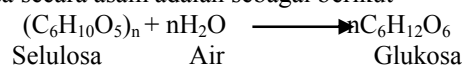
Natrium hidroksida (NaOH) atau sodium hidroksida adalah sejenis basa logam kaustik yang berasal dari oksida basa Natrium oksida yang mengandung air. Natrium hidroksida telah dipelajari secara intensif selama beberapa tahun dan menunjukkan gangguan terhadap struktur lignin biomassa (Zhao et al., 2008 dalam Latika et al., 2012). Sebagian besar senyawa yang digunakan untuk *alkaline pretreatment* (delignifikasi alkalin) adalah NaOH dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Ion OH^- dari NaOH akan memutuskan ikatan-ikatan dari struktur dasar lignin sedangkan ion Na^+ akan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat. Garam fenolat ini bersifat mudah larut. Lignin yang terlarut ditandai dengan warna hitam pada larutan yang disebut lindi hitam (*black liquor*). Berdasarkan hal tersebut, larutan NaOH mampu memisahkan lignin dari selulosa. (Enari, 1983, Marsden dan Grey, 1986, Gunam dan Antara 1999 dalam Fitriani 2013).

Delignifikasi bahan lignoselulosa menggunakan NaOH diteliti oleh Kristina dkk (2012) melakukan proses delignifikasi terhadap tandan kosong kelapa sawit menggunakan NaOH 1% ; 1,5 % ; 2 % ; 2,5 % dan 3% pada suhu 121°C. Kadar glukosa paling besar dicapai dengan delignifikasi 3 %. Ikbal (2010) dalam Fitriani (2013) melakukan delignifikasi jerami padi dengan kondisi optimum konsentrasi NaOH 10 % dan suhu 100 °C. Penelitian Jayanudin dkk. (2010) proses delignifikasi 20 gram serat daun nanas dilakukan dengan variasi konsentrasi NaOH 0,1 ; 0,2 ; dan 0,3 N pada suhu 100 °C selama 1 jam.

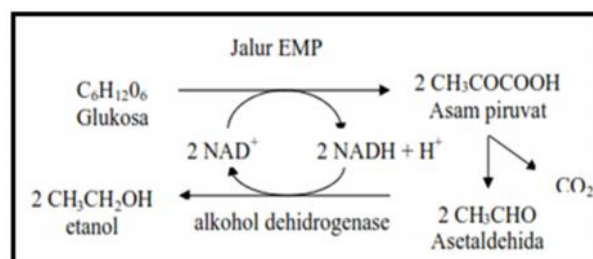
Hidrolisis

Hidrolisis merupakan reaksi yang terjadi antara air dengan zat lain dan menghasilkan satu zat baru atau lebih. Reaksi ini juga merupakan dekomposisi larutan oleh air. Proses hidrolisis akan melibatkan peruraian senyawa lain atau pengionan molekul air (Pudjattmaka, 2002 dalam Retno, 2011).

Menurut Badger (2002), proses hidrolisis bahan lignoselulosa dibagi menjadi 2, yaitu hidrolisis secara kimiawi dan hidrolisis secara enzimatik. Hidrolisis kimiawi salah satunya adalah hidrolisis asam. Pada hidrolisis asam, bahan lignoselulosa dipaparkan dengan asam dengan kondisi suhu, tekanan dan waktu tertentu. Proses hidrolisis akan mengubah polimer selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer gula. Asam sulfat (H_2SO_4), Asam klorida (HCl) dan Asam perklorat (HClO_4) adalah beberapa contoh asam yang sering digunakan pada proses hidrolisis. Dari ketiga asam tersebut, asam sulfat yang paling banyak digunakan sebagai bahan hidrolisis asam. (Taherzadeh *et al.*, 2008). Reaksi total hidrolisis selulosa secara asam adalah sebagai berikut



Penelitian hidrolisis sebelumnya telah dilakukan Sukowati (2014) menghidrolisis sampel kulit pisang menggunakan Asam sulfat untuk memproduksi bioetanol. Asam sulfat divariasikan pada konsentrasi 0 ; 0,25 ; 0,05 ; 0,075 dan 1 M dan proses hidrolisis berlangsung pada suhu 121 °C. Kadar gula tertinggi di hasilkan pada konsentrasi asam sulfat 0,05 M.



Gambar 2. Tahap Pembentukan Etanol dari Glukosa (Fardiaz,S., 1992 dalam Hasanah, 2008)

Fermentasi

Fermentasi merupakan proses konversi senyawa kompleks (bahan-bahan karbohidrat) menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh bantuan mikroba. Fermentasi berdasarkan kebutuhan O_2 , dapat



dibedakan menjadi dua, yaitu fermentasi secara *aerob* (menggunakan O_2) dan fermentasi secara *anaerob* (tanpa menggunakan O_2)

Pada proses fermentasi anaerob mula-mula glukosa dipecah menjadi asam piruvat yang melalui lintasan *Embden Meyerhoff Parnas* (EMP). Setelah itu terjadi dekarboksilasi menjadi asam piruvat menjadi asetaldehid. Asetaldehid tereduksi menjadi etanol yaitu menerima elektron hasil oksidasi asam gliseraldehid 3-phosphat. Melalui proses fermentasi anaerob ini 90% glukosa akan dirubah menjadi etanol dan CO_2 (Ansori, R., 1989 dalam Hasanah, 2008).

Reaksi pada diatas asetaldehid bertindak sebagai penerima hidrogen dalam fermentasi, di mana hasil reduksinya oleh $NADH_2$ menghasilkan etanol, dan NAD^+ yang teoksidasi kemudian dapat digunakan lagi untuk menangkap hidrogen (Fardiaz, S., 1992 dalam Hasanah, 2008).

Saccharomyces cerevisiae

Saccharomyces cerevisiae mampu memfermentasi glukosa, galaktosa, sukrosa dan rafinosa (Kunkee dan Mardon, 1970 dalam Wiratmaja 2011). *Saccharomyces cerevisiae* merupakan jenis khamir dalam ragi yang dapat mengubah gula menjadi produk lain berupa alkohol (etanol). Mikroba tersebut menghasilkan enzim *invertase* dan *zimase*. Fungsi enzim *invertase* adalah memecah polisakarida dan sukrosa yang belum mengalami proses hidrolisis menjadi glukosa (monosakarida). Melalui proses fermentasi fungsi enzim *zimase* adalah mengkonversi glukosa (monosakarida) menjadi produk alkohol (etanol) (Judoamidjojo, 1990 dalam Zely, 2014).

Fermentasi glukosa yang menghasilkan bioetanol dapat dilakukan oleh mikroba *Saccharomyces cerevisiae* dalam kondisi tertutup Sari (2009).

Destilasi Bioetanol

Destilasi merupakan pemisahan campuran cairan (saling melarut) berdasarkan perbedaan tekanan uap atau titik didih dari setiap komponen dalam campuran. Distilasi dilakukan menggunakan sumber tenaga berupa panas untuk memisahkan komponen-komponen dalam campuran. Etanol yang memiliki kadar kurang dari 10% (v/v) dapat dimurnikan dari campurannya dengan proses distilasi, campuran dipanaskan pada suhu $78^\circ C$ (Hargono, 2013).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Variabel

Variabel tetap pada penelitian ini yaitu berat sampel dan temperatur proses. Variabel bebas pada penelitian yaitu konsentrasi Natrium hidroksida saat proses delignifikasi (0,2 N; 0,4 N ; 0,6 N; 0,8 N) dan waktu fermentasi (1, 2, 3, 4 dan 5 hari).

Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan adalah daun nanas, larutan Natrium hidroksida, aquades, larutan Asam sulfat 2% dan fermipan.

Alat Penelitian

Pisau *cutter*, blender, beker *glass* 1000 mL, gelas ukur 10 ml, dan 25 ml., erlenmeyer 1000 ml, labu ukur 100 mL, 200 mL, dan 500 mL, labu leher tiga, *hot plate*, termometer, kondensor tabung lurus dan labu didih.

Prosedur Penelitian

Persiapan dan Analisis Bahan Baku

Biomassa berupa daun nanas yang diperoleh dari perkebunan nanas Desa Sukajadi Kecamatan Sungai Rotan Kabupaten Muara Enim dilakukan pencucian dengan air sampai bersih. Daun nanas dijemur di bawah sinar matahari hingga warna daun kekuningan. Hal ini dilakukan agar air yang terkandung didalam daun berkurang.

Daun nanas dicacah menggunakan *cutter* dengan jarak pemotongan $\pm 0,5$ cm. Kemudian dijadikan serbuk dengan menggunakan *blender*. Hal ini dilakukan agar luas permukaan reaksi proses menjadi besar. Serbuk daun nanas ditimbang sebanyak 3 gram dan dilakukan analisis lignin dengan metode *Kappa*. Selain itu dilakukan juga metode *Chesson* untuk analisis kandungan selulosa bahan baku daun nanas.



Delignifikasi Bahan Baku

50 gram daun nanas yang telah dihaluskan dimasukkan dalam erlenmeyer yang berukuran 1000 ml dan ditambahkan 500 ml larutan NaOH dengan konsentrasi 0,2 N. Perbandingan rasio (*w/v*) daun nanas : NaOH = 1 : 10. Kemudian campuran ini dipanaskan selama 1 jam pada suhu 100°C. Setelah proses selesai, hasil yang diperoleh disaring dan dicuci dengan *aquadest* hingga pH netral. Hal ini dilakukan agar tidak ada larutan NaOH yang tersisa sehingga mengganggu proses hidrolisis. Sebanyak 3 gram daun nanas ditimbang dan dianalisis kadar *lignin* sampel akhir dengan menggunakan metode *Kappa*. Selain itu dilakukan juga metode *Chesson* untuk analisis kandungan selulosa bahan baku daun nanas setelah delignifikasi. Diulangi pada penambahan 500 ml larutan NaOH dengan variasi konsentrasi 0,4 N; 0,6 N; dan 0,8 N.

Pembuatan Glukosa dengan Proses Hidrolisis

30 gram serbuk daun nanas yang telah melalui tahap pretreatment dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berukuran 1000 ml dan dicampurkan dengan 300 mL larutan H₂SO₄ 2% dengan perbandingan solid dan liquid 1 : 10. Selanjutnya masing – masing erlenmeyer dimasukkan kedalam *autoclave* selama 90 menit dan temperatur 121°C. Setelah itu masing-masing larutan hasil hidrolisis disaring kembali dan dilakukan pengaturan pH dengan menambahkan larutan NaOH hingga pH larutan hasil hidrolisis menjadi 4. Analisis glukosa hasil hidrolisis menggunakan metode *Luff-Schoorl*.

Pembuatan Bioetanol dengan Proses Fermentasi

Erlenmeyer yang berukuran 1000 ml disterilisasi dalam *autoclave* pada suhu 121°C selama 15 menit agar tidak ada mikroba lain karena kesterilan akan mempengaruhi fermentasi. Larutan hasil hidrolisis dimasukkan ke dalam *autoclave*. Ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) sebanyak 12.5 gram dan urea sebanyak 1.25 gram dicampur dengan larutan hasil hidrolisis didalam erlenmeyer. Ragi roti berfungsi sebagai agen fermentasi dan urea berfungsi sebagai nutrisi bagi ragi roti. Masing - masing erlenmeyer ditutup rapat dengan aluminium foil agar tidak ada kontaminan yang mengganggu fermentasi. Fermentasi dilakukan pada masing – masing erlenmeyer selama 24 jam. Diulangi dengan waktu fermentasi 48, 72, 96, dan 120 jam.

Pemurnian Bioetanol dengan Proses Destilasi

1 set peralatan destilasi disiapkan. Lalu dirangkai dan dihidupkan peralatan destilasi dengan baik. Hasil fermentasi yang telah disaring dimasukkan ke dalam labu didih, kemudian labu tersebut dipasang pada alat destilasi dan dilakukan pengaturan temperatur destilasi pada 79-80 °C. Proses destilasi dilakukan selama 1-1,5 jam sampai bioetanol tidak menetes lagi. Destilat (bioetanol) yang dihasilkan disimpan di dalam botol yang ditutup rapat. Hasil bioetanol dilakukan pengukuran densitas menggunakan piknometer dan analisis konsentrasi dengan *Gas Chromatograph*.

3. HASIL DISKUSI

Tabel 3. Analisis Densitas dan Kadar Bioetanol terhadap Sampel

Konsentrasi NaOH	Waktu Fermentasi	Densitas (gr/ml)	% Kadar Bioetanol <i>v/v</i>
0,2 N	1 hari	0,99973	0,1837
	2 hari	0,99819	1,1833
	3 hari	0,99715	1,8886
	4 hari	0,99773	1,4833
	5 hari	0,99835	1,0896
0,4 N	1 hari	0,99941	0,4161
	2 hari	0,99807	1,2536
	3 hari	0,99692	2,0527
	4 hari	0,99717	1,8744
	5 hari	0,99807	1,2536
0,6 N	1 hari	0,99846	1,0192
	2 hari	0,99710	1,9296
	3 hari	0,99645	2,3808
	4 hari	0,99672	2,1894
	5 hari	0,99790	1,3691



Konsentrasi NaOH	Waktu Fermentasi	Densitas (gr/ml)	% Kadar Bioetanol v/v)
0,8 N	1 hari	0,99795	1,3281
	2 hari	0,99659	2,2851
	3 hari	0,99526	3,2129
	4 hari	0,99606	2,6543
	5 hari	0,99657	2,2988

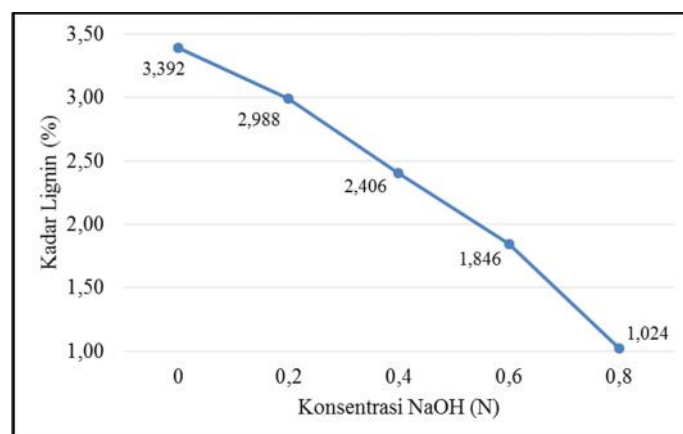
Pengaruh Konsentrasi NaOH dalam Delignifikasi

Proses delignifikasi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan variabel tetap berupa jenis larutan NaOH, suhu 100 °C, dan waktu 1 jam. Variabel bebas yang digunakan berupa konsentrasi larutan NaOH yaitu 0,2 N; 0,4 N; 0,6 N dan 0,8 N. Metode Kappa berdasarkan SNI 0494:2008 dilakukan untuk menganalisis kadar sisa lignin pada sampel.

Tabel 4. Analisis Komposisi Selulosa dan Lignin Daun Nanas Sebelum dan Sesudah Pretreatment

Kondisi Sampel	Kadar selulosa (% w/w)	Kadar Lignin (% w/w)	Pengurangan Lignin (%)
Sebelum delignifikasi	28,00	3,392	0
Delignifikasi NaOH 0,2 N	49,04	2,988	11,910
Delignifikasi NaOH 0,4 N	33,62	2,406	29,068
Delignifikasi NaOH 0,6 N	59,43	1,846	45,578
Delignifikasi NaOH 0,8 N	62,71	1,024	69,811

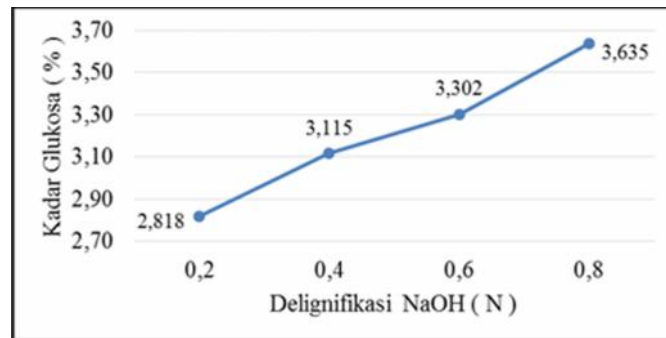
Pada tabel 4 menunjukkan kadar lignin serbuk daun nanas sebelum dan sesudah delignifikasi. Pada tabel dapat dilihat bahwa kadar lignin semakin rendah dengan meningkatnya konsentrasi NaOH. Hal ini ditunjukkan juga pada gambar 3. Kadar lignin paling rendah terjadi pada sampel dengan delignifikasi NaOH 0,8 N yaitu 1,024 % dengan pengurangan sebesar 69,811 %. Hal ini terjadi karena semakin besar konsentrasi NaOH, semakin banyak molekul NaOH yang merusak struktur lignin sehingga pengurangan kadar lignin semakin besar. delignifikasi NaOH 0,8 N yaitu sebesar 62,71 %. Menurut Sahare et al. (2012) dalam Mardina dkk. (2013), selulosa akan lebih reaktif untuk proses selanjutnya apabila kandungan lignin pada proses delignifikasi berkurang sekitar 10% – 15% dari kadar awalnya. Pengurangan kadar lignin yang semakin besar menyebabkan semakin banyak selulosa yang reaktif untuk proses hidrolisis. Pada tabel 4 dapat dilihat bahwa selulosa yang paling banyak ada pada sampel. Perbedaan sebelum dan sesudah delignifikasi juga dapat dilihat dari bentuk fisik serbuk daun nanas. Sebelum delignifikasi, serbuk daun nanas berwarna coklat sementara sesudah delignifikasi berwarna coklat cerah.



Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap Kadar Lignin

Pengaruh Konsentrasi NaOH Saat Delignifikasi Terhadap Proses Hidrolisis

Proses hidrolisis pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan variabel tetap berupa jenis larutan H₂SO₄, suhu 121 °C, dan waktu 1,5 jam. Pada tahapan ini tidak terdapat variabel bebas. Metode *Luff-Schoorl* dilakukan untuk menganalisis kadar glukosa pada sampel.

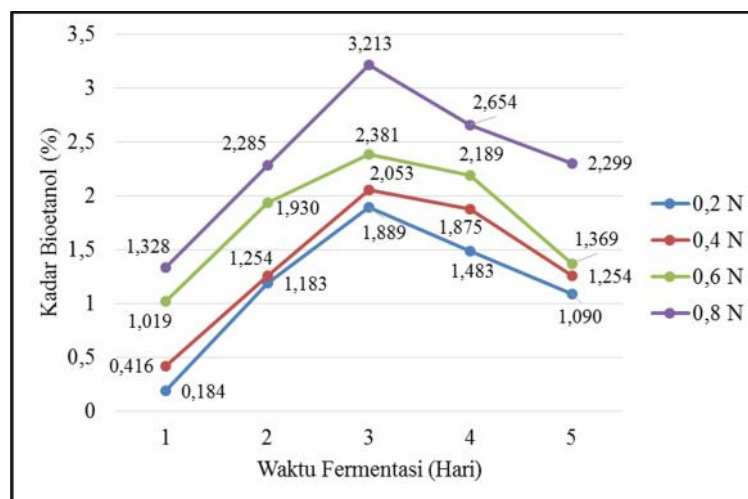


Gambar 4. Hasil Analisis Kadar Glukosa terhadap Konsentrasi Delignifikasi NaOH

Gambar 4 menunjukkan konsentrasi delignifikasi NaOH terhadap hasil analisis kadar glukosa. Semakin besar konsentrasi NaOH ketika proses delignifikasi semakin besar pula kadar glukosa yang dihasilkan. Kadar glukosa paling besar terjadi pada sampel dengan delignifikasi NaOH 0,8 N, yaitu 3,635 %. Hal ini terjadi karena pada sampel dengan delignifikasi NaOH 0,8 N terjadinya pengurangan lignin paling besar mengakibatkan kadar lignin yang tersisa pada sampel paling sedikit. Kadar lignin yang semakin sedikit mengakibatkan semakin mudah ion H^+ dari molekul asam sulfat menguraikan selulosa menjadi radikal bebas berupa asam konjugasi. Hal ini menyebabkan semakin banyak asam konjugasi yang terbentuk dan selanjutnya bereaksi dengan molekul OH^- dari air membentuk glukosa.

Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol

Proses fermentasi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan variabel tetap berupa inokulum *Saccharomyces Cerevisiae* (ragi roti), massa nutrisi inokulum, dan pH 4. Variabel bebas yang digunakan berupa waktu fermentasi selama 1, 2, 3, 4, dan 5 hari. Metode densitas dilakukan untuk menganalisis kadar bioetanol dan metode *Gas Chromatography* dilakukan untuk menganalisis secara akurat 5 sampel optimal menghasilkan bioetanol.

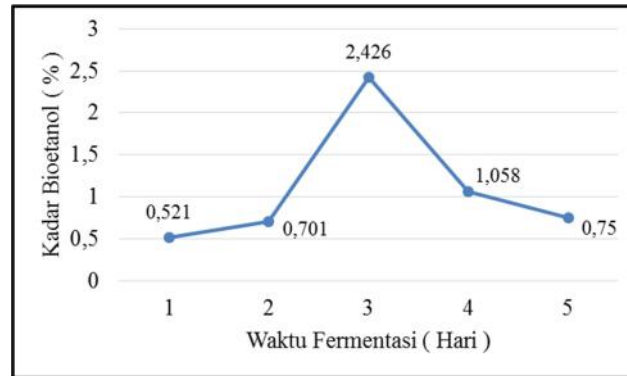


Gambar 5. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol (Analisis *Density*)

Gambar 5 menunjukkan waktu fermentasi terhadap hasil analisis kadar bioetanol. Pada Gambar 5, semakin lama waktu fermentasi dari hari pertama sampai ketiga, kadar bioetanol yang dihasilkan semakin besar, namun hari keempat sampai kelima, terjadi penurunan kadar bioetanol. Hal ini menunjukkan waktu optimal fermentasi adalah 3 hari dengan konsentrasi delignifikasi NaOH 0,8 N. Selain itu, pada sampel dengan delignifikasi NaOH 0,8 N menghasilkan glukosa dengan kadar tertinggi sehingga mengakibatkan juga bioetanol yang dihasilkan paling tinggi. Kadar bioetanol yang dihasilkan pada sampel dengan delignifikasi 0,8 N adalah 3,213 %. Berdasarkan hal tersebut, 5 sampel delignifikasi 0,8 N dilakukan pengujian *gas chromatography* untuk dilakukan pengujian kadar



bioetanol secara akurat. Hasil analisis *gas chromatography* dapat dilihat pada gambar 6. Pada gambar 6 dapat dilihat kadar bioetanol paling tinggi adalah 2,426 % pada kondisi waktu fermentasi selama 3 hari.



Gambar 6. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol 5 sampel optimal
(analisis *gas chromatography*)

Waktu fermentasi juga mempengaruhi jumlah gas CO₂ yang dihasilkan. Semakin lama proses fermentasi maka gas CO₂ yang dihasilkan semakin banyak. Peningkatan produksi gas ini menyebabkan penurunan nilai pH. Kondisi ini menyebabkan pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* terganggu sehingga semakin sedikit bioetanol yang dihasilkan. Menurut Roukas (1994) dalam Azizah dkk. (2012), kisaran pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* adalah pada pH 3,5 -6,5.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH maka kadar lignin bahan baku semakin, dimana konsentrasi 0,8 N NaOH menghasilkan sisa kadar lignin terendah, yaitu 1,024 %. Penambahan konsentrasi NaOH pada saat delignifikasi menyebabkan konsentrasi glukosa semakin tinggi, dimana konsentrasi 0,8 N NaOH menghasilkan glukosa dengan kadar tertinggi, yaitu 3,635 %. Waktu fermentasi berpengaruh terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan dimana waktu optimal fermentasi selama 3 hari menghasilkan kadar etanol optimal, yaitu 3,213 % pada kondisi sampel delignifikasi NaOH 0,8 N.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyani, E., E. Kusumo, Supartono. 2013. Produksi Bioetanol dari Jerami Padi (*Oryza sativa* L). *Indo.J.Chem.Sci.* 2. 168-172.
- Azizah, dkk. 2002. Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Kadar Alkohol, pH dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey dengan Substitusi Kulit Nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* .1. 72-77.
- Badger, P.C. 2002. Ethanol from cellulose: A general review. *J.Janick and A. Whipkey (eds) Trenin new crop and new uses.* 17-21.
- PERMEN ESDM. No. 20 Tahun 2014. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Tentang Perubahan Peraturan Menteri ESDM Nomor 32 Tahun 2008 Tentang Penyediaan, Pemanfaatan, dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Produksi Migas Indonesia, Available: [http://statistik.migas.esdm.go.id/index.php?r=rekap Produksi Migas Indonesia/index/](http://statistik.migas.esdm.go.id/index.php?r=rekap%20Produksi%20Migas%20Indonesia/index/), diakses 15-04-2015.
- Fazal, Amrin, *Lactobacillus casei* : Expression of genes during the Stationary Phase, Available: http://devbio.biology.gatech.edu/?page_id=11247, diakses 20-04-2015.
- Fitriani, S. Bahri, Nurhaeni, 2013. Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea Mays*) dari Hasil Proses Delignifikasi. *Online Jurnal of Natural Science.* 3. 66-74.
- Hargono, N.B.Samodra, N.Z., Firdausi. 2013. Rancang Bangun Alat Destilasi Pemurnian Bioetanol Grade Teknis Berskala UKM : Kajian Kinerja Alat Tentang Derajad Pemurniannya. *ISSN 0852-1697.* 34. 159-163.



- Hasanah, Hafidatul. 2008. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol Tape Ketan Hitam (*Oryza sativa* L var forma glutinosa) dan Tape Singkong (*Manihot utilissima* Pohl), Skripsi, Universitas Islam Negeri (UIN) Malang.
- Jayanudin. 2009. Pemutihan Daun Nanas Menggunakan Hidrogen Peroksida. *Jurnal Rekayasa Proses*. 3. 10-14.
- Jayanudin, dkk. 2010. Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Pemutihan Serat Daun Nanas Menggunakan Hidrogen Peroksida. Seminar Rekayasa Kimia dan Proses. *ISSN:1411-4216*. A20.1-6.
- Kardono, Broto. 2010. Teknologi Pembuatan Etanol Berbasis Lignoselulosa Tumbuhan Tropis untuk Produksi Biogasoline. 26/SU/Insf-Ristek/IV/10. Bogor : Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
- Kristina, E. R. Sari, Novia. 2012. Alkaline Pretreatment dan Proses Simultan Sakarifikasi-Fermentasi untuk Produksi Etanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia*. 18. 34-43.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Konsumsi Penjualan BBM. Available: <http://statistik.migas.esdm.go.id/index.php?r=konsumsiBbm/index/>, diakses 15-04-2015.
- Kumar, P., Barrett, D.M., Delwiche, M.J., and Stroeve, P. 2009. Methods for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Efficient Hydrolysis and Biofuel Production. *Ind. Eng. Chem. Res.* 48. 3713-3729
- Latika et al. 2012. An Economic and Ecological Perspective of Ethanol Production from Renewable Agro Waste : A review. *AMB Express*. 2.65.
- Mardina, P.dkk. 2013. Pengaruh Proses Delignifikasi pada Proses Produksi Glukosa Glukosa dari Tongkol Jagung dengan Proses Hidrolisis Asam Encer. *Konversi*. 2. 17-23.
- Muryanto. 2012. Enkapsulasi *Rhizopus oryzae* dalam Kalsium-alginat untuk Produksi Bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak, Tesis, Universitas Indonesia.
- Perry, J. H. 1984. *Chemical Engineering Handbook*, 6th edition. New York : Mc Graw Hill, Inc.
- Rahman. 2014. Uji Aktifitas Infus Daun Nanas terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus*, Skripsi, Universitas Lampung.
- Retno, D.T., W. Nuri. 2011. Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang. *ISSN:1693-4393*. E11.1-7.
- Sari, K.S. 2009. Pembuatan Bioetanol dari Rumput Gajah dengan Distilasi Batch. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*. 8. 94-103.
- Sokanandi, A., G.Pari, D. Setiawan & Saepuloh. 2014. Komponen Kimia Sepuluh Jenis Kayu Kurang dikenal Kemungkinan Penggunaan sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 32. 209-220.
- Sukowati, A., Sutikno, S. Rizal. 2014. Produksi Bioetanol dari Kulit Pisang melalui Hidrolisis Asam Sulfat. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*. 19. 274-288.
- Sun, Y., J. Cheng. 2002. Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol Production : A review. *Bioresource Technology*. 83. 1-11.
- Taherzadeh, M.J., and K. Karimi. 2008. Pretreatment of Lignocellulosic Waste to Improve Ethanol and Biogas Production : A review. *International Journal of Molecular Sciences*. 9. 1621-1651.
- Wiratmaja, I.G. 2010. Analisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian Biogasoline. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM*. 4. 16-25.
- Wiratmaja, I.G., I. G. B. W. Kusuma, I. N. S. Winaya. 2011. Pembuatan Etanol Generasi Kedua dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut *Eucheuma Cottonii* sebagai Bahan Baku. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM*. 5. 75-84.
- Yuanisa, A., K. Ulum, A.K. Wardani. 2015. Pretreatment Lignoselulosa Batang Kelapa Sawit Sebagai Langkah Awal Pembuatan Bioetanol Generasi Kedua : Kajian pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3.1620-1626.
- Zely, Desfran Zely. 2014. Pengaruh Waktu Kadar *Saccharomyces cerevisiae* terhadap Produksi Bioetanol dari Serabut Kelapa pada Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan dengan Enzim Selulase. 2014, Skripsi, Universitas Bengkulu.