

Submitted : 30 Januari 2018

Revised : 15 Februari 2018

Accepted : 28 Februari 2018

PEMBUATAN BIOETANOL DARI JERAMI NANGKA DENGAN METODE FERMENTASI MENGGUNAKAN *SACCHAROMYCES CEREVISEAE*

Kiki Agriliani Meyrinta¹, Riska Dwi Putri^{1*}, Rif'an Fatoni¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Jl. Sambaliung No. 9, Kampus Gunung Kelua, Samarinda
*Email: riskadp23@gmail.com

Abstrak

Bioetanol dapat diproduksi dengan menggunakan *bahan* baku tanaman yang mengandung pati atau *karbohidrat*. Salah satu sumber karbohidrat yang tinggi adalah pada jerami nangka yaitu sebesar 9,30 (%bk). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proses acid hydrolysis treatment terhadap variasi kadar dari HCl dan pH, mengetahui kadar HCl optimum pada proses acid hydrolysis treatment dan mengetahui waktu fermentasi optimum untuk menghasilkan konsentrasi bioetanol tertinggi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengeringan dengan oven, hidrolisis dengan HCl, dan fermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae*. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai densitas, pH, dan viskositas pada sampel rata-rata masih mendekati nilai SNI. Berdasarkan hasil penelitian, bioetanol dengan konsentrasi tertinggi adalah sampel pada HCl 0,6 M dan waktu fermentasi 10 hari. Pada penelitian ini, kadar HCl optimum pada 0,6 M dengan pH 3,5.

Kata kunci: Bioetanol, Fermentasi, Hidrolisis dengan asam HCl.

Abstract

*Bioethanol can be produced using plant materials containing starch or carbohydrates. One source of high carbohydrate is the jackfruit straw that is equal to 9.30 (% bk). This research aimed to determine the effect of acid hydrolysis treatment process on variations in levels of HCl and pH, to determine the optimum HCl level in acid hydrolysis treatment process and to know the optimum fermentation time to produce the highest bioethanol concentration. The method used in this research is drying with oven, hydrolysis with HCl, and fermentation with *Saccharomyces cerevisiae*. The results showed that the density, pH, and viscosity values in the average samples were still close to the value of SNI. Based on the result of research, bioethanol with highest concentration was samples at HCl 0.6 M and fermentation time 10 days. In this study, HCl levels were at a maximum of 0.6 M with a pH of 3.3.*

Keywords: Bioethanol, Fermentation, HCl Acid hydrolysis treatment.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan bahan bakar minyak (BBM) saat ini semakin meningkat karena BBM sudah merupakan kebutuhan vital bagi manusia. Sebagian besar atau bahkan hampir semua teknologi yang digunakan menggunakan bahan bakar minyak sebagai sumber energi. Tetapi BBM yang kita gunakan saat ini semakin langkaHal tersebut mengakibatkan harga minyak bumi semakin meningkat.

Salah satu sumber energi yang bisa dimanfaatkan sebagai energi alternatif adalah bioetanol. Selain bisa menjadi pengganti BBM

bioetanol juga mampu sebagai *Octane Booster*, artinya alkohol mampu menaikkan nilai oktan dengan dampak positif terhadap efisiensi bahan bakar dan menyelamatkan mesin. Fungsi lain adalah *oxigenating agent*, yakni mengandung oksigen sehingga menyempurnakan pembakaran dengan efek positif meminimalkan pencemaran udara. Bahkan berfungsi sebagai *Fuel extender*, yakni menghemat bahan bakar fosil. Campuran bioetanol 3% saja, mampu menurunkan emisi karbonmonoksida menjadi hanya 1,35% .

Menurut keputusan menteri ESDM Nomor 32 Tahun 2008: "Bioetanol (E100) adalah produk

etanol yang dihasilkan dari bahan baku hayati dan biomasa lainnya yang diproses secara bioteknologi dan wajib memenuhi standar mutu (spesifikasi) sesuai dengan ketentuan peraturan perundang undangan jika ingin digunakan sebagai bahan bakar alternatif”.

Etanol merupakan biofuel, dan mempunyai prospek baik sebagai pengganti bahan bakar cair dan gas dengan bahan baku yang dapat diperbaharui, ramah lingkungan serta sangat menguntungkan secara ekonomi mikro terhadap komunitas pedesaan terutama petani. Salah satu substrat yang digunakan dalam pembuatan etanol antara lain bahan yang mengandung pati atau amilum yang diketahui merupakan polisakarida. Salah satu tanaman yang mengandung karbohidrat yang biasa dikonsumsi masyarakat adalah nangka. Buah nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) merupakan produk hortikultura yang dapat dikonsumsi sebagai buah segar maupun dalam bentuk produk olahan.

Dari konsumsi buah nangka akan didapatkan jerami/dami nangka yang cukup banyak sebagai limbah. Jerami/dami nangka merupakan bagian buah nangka yang sering di buang atau merupakan limbah. Jerami/dami nangka menempati porsi cukup besar yaitu 40-50% dari total limbah yang dihasilkan. Jerami/dami nangka mengandung karbohidrat berupa gula, kandungan gizi seperti dalam buah nangka dan selulosa. Jerami/dami nangka dengan kandungan karbohidrat berupa bahan bergula dan selulosa dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuat etanol.

Kulit nangka mengandung karbohidrat yang terdiri dari glukosa, fruktosa, sukrosa, pati, serat dan pectin dengan jumlah mencapai 15,87% dan protein 1,30%. Menurut Jansen dan Coronel (1992) setiap 100 gram berat kering daging buah nangka mengandung protein 3,5-7,0%, lemak 0,5-2,0%, karbohidrat 84,0-87,0%, serat 5,0-6,0%, dan unsur abu 2,0-4,0%. Pada Tabel 2.1 dapat dilihat perbandingan zat gizi antara nangka masak dan nangka muda.

Tabel 1. Komposisi zat gizi nangka per 100 gram

Zat gizi	Nangka Masak	Nangka Muda
Energi (kkal)	106	51
Protein (g)	1,2	2,0
Lemak (g)	0,3	0,4
Karbohidrat (g)	27,6	11,3
Kalsium (mg)	20	45
Fosfor (mg)	19	29
Zat besi (mg)	0,9	0,5
Vit A (SI)	330	25
Vit B1 (mg)	0,07	0,07
Vit C (mg)	7	9
Air (g)	70,0	85,4

Sumber: Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (1992)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proses acid hydrolysis treatment terhadap variasi kadar dari HCl dan pH, mengetahui kadar HCl optimum pada proses acid hydrolysis treatment dan mengetahui waktu fermentasi optimum untuk menghasilkan konsentrasi bioetanol tertinggi.

Saccharomyces cerevisiae merupakan mikroorganisme unggul yang digunakan dalam proses fermentasi etanol. Dalam melakukan proses fermentasi, *S. cerevisiae* dipengaruhi oleh faktor tumbuh yang meliputi pH pertumbuhan antara 2,0-8,6. Laju fermentasi gula oleh *S. cerevisiae* relatif intensif pada pH 3,5-6,0. *Saccharomyces cerevisiae* dapat memfermentasi glukosa, sukrosa, galaktosa serta rafinosa. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan top yeast tumbuh cepat dan sangat aktif memfermentasi pada suhu 20 °C. *S. cerevisiae* dapat toleran terhadap alkohol yang cukup tinggi (12-18% v/v), tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan fermentasi pada suhu 4-32°C (Wiratmaja dkk, 2011).

Ada dua cara yang digunakan untuk hidrolisis glukosa yaitu dalam suasana asam dan secara enzimatis. *Acid hydrolysis treatment* atau yang disebut proses hidrolisis asam merupakan hidrolisis glukosa dalam suasana asam menggunakan katalis asam, asam berfungsi sebagai katalisator dengan mengaktifkan air. Asam akan memecah molekul karbohidrat secara acak dan menghasilkan gula yang merupakan gula pereduksi. Mekanisme kerja katalis asam dalam proses hidrolisis molekul pati bersifat acak (Judoamidjojo dkk, 1992).

Katalisator asam yang biasa digunakan adalah asam klorida, asam nitrat dan asam sulfat. Dalam skala industri, asam yang digunakan adalah H₂SO₄ dan HCl. Pada kecepatan reaksi, berpengaruh melainkan konsentrasi ion H⁺ (Lubis, 2012).

Fermentasi alkohol atau alkoholisasi adalah proses perubahan gula menjadi alkohol dan CO₂ oleh mikroba, terutama oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Karbohidrat akan dipecah dahulu menjadi gula sederhana yaitu dengan hidrolisis pati menjadi unit-unit glukosa (Idral dkk, 2012). Perubahan gula pereduksi menjadi etanol dilakukan oleh enzyme invertase, yaitu enzim kompleks yang terkandung dalam ragi. Reaksinya adalah sebagai berikut:



Glukosa Etanol Karbondioksida
(Energi=118 Kj/mol)

Nutrient yang diperlukan *Saccharomyces cerevisiae* bisa berasal dari kedua jenis pupuk yang sering digunakan, yaitu pupuk urea dan NPK. Pupuk urea memiliki kandungan unsur hara nitrogen cukup tinggi yaitu 46%. Sedangkan, NPK merupakan pupuk majemuk yang memiliki lebih dari satu unsur tunggal pupuk (Lingga, 1992).

Sifat fisik Berikut ini merupakan tabel sifat fisik dari etanol berdasarkan SNI 06-3565-1994.

Tabel 2 Sifat Fisik Etanol

Parameter	Etanol
Rumus kimia	C ₂ H ₅ OH
Berat Molekul	46
Densitas (gr/mL)	0,7851
Titik didih (°C)	78,4
Titik Nyala (°C)	13
Titik Beku (°C)	-112,4
Indeks Bias	1,3633
Panas Evaporasi (cal/gr)	204
Viskositas pada 20° (Poise)	0,0122

(Sumber : Badan Standarisasi Nasional)

Percobaan berjudul kinetika reaksi hidrolisa dari kulit nangka dengan katalisator HCl menggunakan tangki berpengaduk dengan hasil semakin lama waktu proses maka semakin banyak kandungan glukosa yang terbentuk namun jika melampaui batasnya, glukosa akan tetap lalu turun. Suhu yang lebih tinggi dari titik didih air menyebabkan hasil hidrolisa rusak. Hasil yang baik didapat pada suhu 90 °C dan waktu 70 menit (Indra B.K dan Retno D, 2010).

Pada percobaan untuk mengetahui pengaruh berat kulit cempedak, pH dan *nutrient* terhadap kadar glukosa dan etanol yang terbentuk didapatkan hasil optimum adalah berat kulit cempedak 7,5 % (w/v), dengan pH 4,5 dan *nutrient* 0,05 g urea + 0,05 g NPK dengan hasil kadar glukosa yang terbentuk 15,25 % dan hasil fermentasi sebesar 0,731 % (v/v) (Meilana D.P dkk, 2015).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan adalah jerami buah nangka (*Artocarpus heterophyllus*). Bahan diangkut pada pagi hari kemudian dikupas lalu dibersihkan dan dicuci serta direndam dengan air garam (*degumming*) selama 5 menit untuk menghilangkan getah yang masih terdapat pada jerami nangka. Metode yang digunakan adalah pengeringan dengan oven, hidrolisis dengan HCl, dan fermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae*.

Metode pengeringan bahan dengan oven dilakukan untuk menghilangkan kadar air dalam bahan dan mencegah resiko bahan tidak kering dibanding pengeringan dengan matahari. Bahan yang telah bersih dikeringkan dengan oven hingga kering lalu dihaluskan hingga menjadi tepung.

Metode hidrolisis dengan HCl dilakukan untuk memecah karbohidrat/pati yang berupa sakarida rantai panjang menjadi glukosa/sakarida rantai pendek. Metode hidrolisis dilakukan dengan cara pengadukan dengan air selama 1,5 jam dan suhu konstan 90°C. Variasi konsentrasi HCl yang digunakan adalah 0,2 M; 0,4 M; 0,6 M; 0,8 M dan 1 M.

Metode fermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* dilakukan untuk mengubah glukosa menjadi bioetanol dan karbon dioksida. Glukosa hasil hidrolisis dicampur dengan urea dan NPK lalu ditambahkan *Saccharomyces cerevisiae* dan

didiamkan selama 3 variasi waktu yaitu 5 hari, 10 hari dan 15 hari. Produk kemudian dipisahkan dari padatan dengan cara disaring. Kemudian dilakukan distilasi untuk memisahkan air dan *impurities*. Distilat yang terbentuk kemudian dianalisa.

2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah Jerami nangka /*Artocarpus heterophyllus* merupakan bagian buah nangka yang sering di buang atau merupakan limbah (jerami nangka diperoleh dari pasar Segiri dan pasar Pagi Samarinda dan bahan dikupas serta diiris tipis ukuran ± 1 cm); garam dapur (digunakan untuk proses *degumming*/menghilangkan getah nangka); aquadest (digunakan untuk metode hidrolisis); HCl (Konsentrasi HCl yang digunakan untuk hidrolisis adalah 0,2 M, 0,4 M, 0,6 M, 0,8 M, dan 1 M. HCl dibeli dari Toko Kimia UD. Sumber Ilmiah Persada); Urea (urea digunakan untuk metode fermentasi glukosa untuk menambah kadar N); NPK (NPK merupakan pupuk yang digunakan untuk campuran metode fermentasi glukosa untuk menambah kadar N); aluminium foil; kertas saring; wadah bertutup untuk fermentasi dan kertas pH universal. Alat yang digunakan adalah oven, hot plate, gelas kimia, corong pisah, motor pengaduk, batang pengaduk, seperangkat alat distilasi, termometer, gelas ukur, piknometer, viskometer, neraca analitik, bulb, pipet ukur, sikat tabung, ember, baskom, blender dan spatula.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Metode pengeringan dengan oven

Pertama tama bahan baku dikupas, dibersihkan dan dipotong kecil lalu di *degumming* jerami nangka dengan cara di rendam dengan air garam selama 5 menit kemudian dimasukkan bahan ke dalam oven dan diatur suhu pengeringan 105°C.

2.2.2 Metode hidrolisis dengan HCl

Dihaluskan bahan kering hingga menjadi bubuk, dimasukkan bahan ke dalam labu leher 3, ditambahkan akuades sebanyak 100 ml, ditambahkan HCl dengan variasi 0,2 M, 0,4 M, 0,6 M, 0,8 M, dan 1 M, diatur kecepatan pengadukan 200 rpm, dan diatur suhu hot plate 90°C.

2.2.3 Metode fermentasi

Dicampur glukosa hasil dari hidrolisis dengan Urea dan NPK di wadah tertutup, ditambahkan *Saccharomyces cerevisiae* dan ditunggu fermentasi dengan variasi waktu selama 5 hari, 10 hari dan 15 hari.

2.2.4 Metode filtrasi

Disaring hasil fermentasi untuk dipisahkan antara fasa cair dengan fasa padatnya.

2.2.5 Metode distilasi

Disiapkan alat distilasi, dimasukkan cairan hasil filtrasi ke dalam labu leher 3, dinyalakan heat

mantel dan kondensor, ditunggu hingga suhu konstan dan diambil distilat yang terbentuk.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Etanol yang berasal dari makhluk hidup disebut bioetanol, dengan kata lain berbahan nabati. Bahan-bahan yang mengandung pati, bergula dan berselulosa dapat menjadi bahan baku pembuatan etanol (Hidayat, 2009).

Bioetanol terbentuk dari fermentasi gula dengan bantuan khamir, Khamir yang baik digunakan untuk fermentasi bioetanol adalah khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Khamir *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan enzim *zimase* dan *invertase*, Enzim *zimase* berfungsi sebagai pemecah disakarida menjadi monosakarida (glukosa dan fruktosa), Enzim *invertase* selanjutnya mengubah monosakarida menjadi bioetanol dan karbon dioksida. Dengan dua enzim tersebut mikroba *Saccharomyces cerevisiae* memiliki

kemampuan untuk mengkonversi gula dari kelompok monosakarida maupun dari kelompok disakarida. (Judoamidjojo dkk, 1992).

Hidrolisis secara asam merupakan proses likuifaksi, yakni berupa pemutusan rantai-rantai molekul pati yang lemah sehingga perolehan glukosanya belum maksimal. Untuk menurunkan energi aktivasi (menurunkan suhu reaksi) dan mempercepat jalannya reaksi hidrolisis pati dibutuhkan suatu katalis. Secara mikro, mekanisme kerja katalis dapat dijelaskan sebagai terjadinya tumbukan antar elektron yang mengakibatkan adanya perubahan konfigurasi elektron sehingga didapat unsur baru yang pada akhirnya menghasilkan zat (senyawa) baru. Penambahan katalis asam dapat menciptakan kondisi asam dan pH yang sesuai. Efektivitas dari kerja katalis juga sangat dipengaruhi oleh suhu dan konsentrasi pati. Salah satu katalis asam yang dapat digunakan adalah HCl (Hartono dan Wahyudi, 1999).

Tabel 3. Tabel Hasil Penelitian

Konsentrasi HCl	Waktu Fermentasi	pH	Densitas Bioetanol	Viskositas Bioetanol	Kadar Bioetanol	pH Bioetanol
1 M	5 Hari	2,5	0,92204	0,00968	42,6481	6,5
	10 Hari		0,93706	0,00980	35,4221	6
	15 Hari		0,97063	0,00902	15,4895	6
0,8 M	5 Hari	3	0,89755	0,01045	53,6157	6,5
	10 Hari		0,89912	0,01008	52,9301	6,5
	15 Hari		0,95484	0,00914	25,7424	6
0,6 M	5 Hari	3,5	0,88245	0,01120	60,1410	7
	10 Hari		0,87164	0,01143	64,9330	7,5
	15 Hari		0,9511	0,01038	27,9310	6
0,4 M	5 Hari	4	0,91332	0,01068	46,6306	6,5
	10 Hari		0,87921	0,01062	61,5234	7
	15 Hari		0,96404	0,01034	19,9407	6
0,2 M	5 Hari	4,5	0,91919	0,01109	43,9587	6,5
	10 Hari		0,91176	0,01080	47,3333	7
	15 Hari		0,96218	0,00989	21,1548	6,5

Pada penelitian ini, digunakan metode degumming menggunakan air garam untuk mengilangkan getah pada kulit nangka. Digunakan juga metode pengeringan kulit nangka menggunakan oven untuk mengurangi kadar air sebelum dilakukan hidrolisis. Proses hidrolisis yakni proses konversi pati menjadi glukosa, proses fermentasi untuk mengkonversi glukosa (gula) menjadi etanol dan CO₂, proses destilasi untuk

memisahkan etanol berdasarkan titik didihnya. Pada penelitian ini digunakan metode distilasi bertingkat untuk memisahkan bioetanol dengan pengotornya dan diambil distilat sebanyak 10 ml. Adapun hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

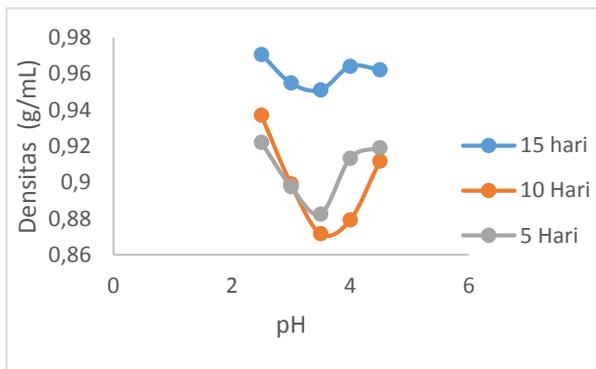
Berdasarkan tabel 3, kadar bioetanol tertinggi adalah sebesar 64,933% pada sampel dengan konsentrasi HCl 0,6 M dengan pH sebelum fermentasi 3,5 dan waktu fermentasi 10 hari. Nilai

pH bioetanol tertinggi juga pada sampel yang sama. Menurut Badan Standarisasi Nasional, nilai pH bioetanol berkisar antara 6,5-9. Pada beberapa sampel terdapat nilai pH 6, hal ini dapat disebabkan karena kadar bioetanol yang rendah pada sampel tersebut sehingga nilai pH tidak sesuai nilai standar.

PH optimum pada penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nuriana dan Wuryantoro (2014) dimana pH optimum terjadi pada pH 3,5 untuk menghasilkan kadar gula yang tinggi.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian oleh Ratman, dkk (2016) yang menyatakan bahwa Waktu fermentasi sangat berpengaruh terhadap bioetanol yang dihasilkan. Kadar bioetanol mengalami kenaikan dan mencapai kondisi optimum pada hari ke-6 yaitu 4,50%, kemudian hari ke-7 dan 8 mengalami penurunan kadar etanol.

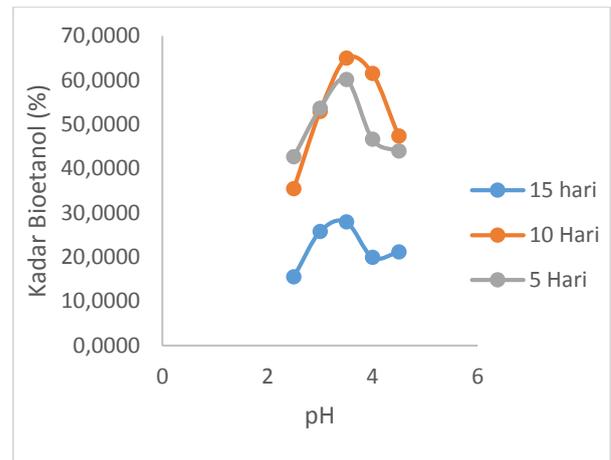
Densitas adalah massa dari suatu zat dalam setiap satuan volume. Bioetanol memiliki densitas sebesar 0,7851 (SNI). Adapun grafik perbandingan densitas terhadap pH sebelum fermentasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Densitas Bioetanol terhadap pH sebelum fermentasi

Berdasarkan Gambar 1. dapat dilihat bahwa densitas bioetanol tertinggi diperoleh pada pH 2,5 dengan waktu fermentasi 5 hari yaitu 0,97 g/ml dan densitas bioetanol terendah diperoleh pada pH 3,5 dengan waktu fermentasi 10 hari yaitu 0,87 g/ml. Densitas bioetanol yang paling mendekati SNI adalah pada pH 3,5 dan waktu fermentasi 10 hari yaitu 0,87 g/ml. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh pH yang optimal yaitu pada pH 3,5 dengan waktu fermentasi 10 hari.

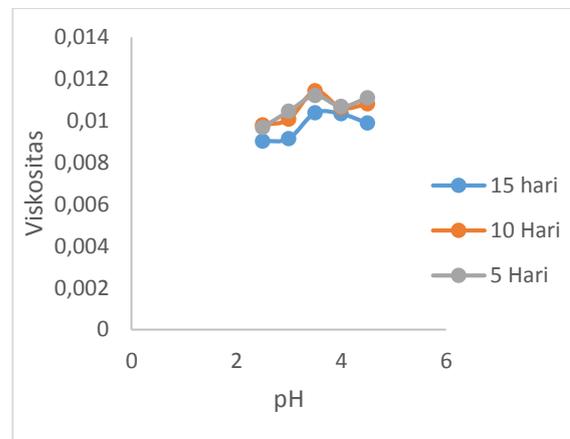
Densitas berhubungan langsung dengan kadar bioetanol yang terdapat dalam produk. Jika densitas produk semakin mendekati nilai standar SNI, maka semakin besar kadar bioetanol pada produk tersebut. Adapun perbandingan kadar bioetanol terhadap pH dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Perbandingan kadar Bioetanol terhadap pH sebelum fermentasi

Berdasarkan gambar 2, dilihat bahwa kadar bioetanol tertinggi diperoleh pada pH 3,5 dengan waktu fermentasi 10 hari yaitu 64,933% dan kadar terendah diperoleh pada pH 2,5 dengan waktu fermentasi 15 hari yaitu 15,4895%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar bioetanol optimum diperoleh pada pH 3,5 dan waktu fermentasi 10 hari. Kadar bioetanol naik pada waktu fermentasi 5 dan 10 hari namun kadar bioetanol menurun pada waktu fermentasi 15 hari. Kadar bioetanol juga naik seiring bertambahnya pH dan mencapai optimal pada pH 3,5 (konsentrasi HCl 0,6 M) namun pada pH 4 dan 4,5 kadar bioetanol menurun. Hal ini dapat disebabkan menurunnya pertumbuhan dari mikroba *Saccharomyces cerevisiae* dalam menghasilkan bioetanol pada konsentrasi HCl 0,2 M, 0,4 M, 0,8 M dan 1 M.

Viskositas atau kekentalan fluida merupakan salah satu parameter pada analisis bioetanol. Menurut Badan Standarisasi nasional, viskositas bioetanol adalah sebesar 0,0122 poise pada suhu 20°C. Adapun grafik perbandingan viskositas terhadap pH sebelum fermentasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Viskositas Bioetanol terhadap pH sebelum fermentasi

Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa viskositas bioetanol tertinggi diperoleh pada pH 3,5 dengan waktu fermentasi 10 hari yaitu 0,0114 poise dan viskositas terendah diperoleh pada pH 2,5 dengan waktu fermentasi 15 hari yaitu 0,009 poise. Densitas bioetanol yang paling mendekati SNI adalah pada pH 3,5 dan waktu fermentasi 10 hari yaitu 0,0114 poise. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh pH yang optimal yaitu pada pH 3,5 dengan waktu fermentasi 10 hari. Hal ini sebanding dengan kadar bioetanol pada sampel produk. Semakin besar kadar bioetanol pada sampel produk, maka nilai viskositasnya semakin mendekati nilai standar SNI.

Berdasarkan Tabel 3, Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3, kadar bioetanol optimum dengan nilai Densitas, viskositas dan pH mendekati nilai standar SNI adalah pada pH 3,5 dengan waktu fermentasi 10 hari. pH sangat berpengaruh pada pertumbuhan mikroba *saccharomyces cerevisiae*, dimana mikroba mempunyai Ph optimal agar mikroba dapat tumbuh dengan baik dan menghasilkan bioetanol dengan konsentrasi yang tinggi. Menurut Meiliana,dkk (2015) kadar etanol meningkat dan mencapai konsentrasi tertinggi pada pH optimum lalu kemudian menurun seiring dengan bertambahnya pH.

Rentang pH pertumbuhan mikroba *Saccharomyces cerevisiae* yaitu antara pH 3,5-6,5. Jika pada kondisi basa mikroba tersebut tidak dapat tumbuh. Mikroba *saccharomyces cerevisiae* akan tumbuh optimal dalam kisaran suhu 30- 35°C dan puncak produksi alkohol dicapai pada suhu 33°C (Azizah, dkk., 2012).

Pada hari ke 5 dan hari ke 10, kadar bioetanol meningkat, namun pada hari ke 15 kadar bioetanol menurun. Hal ini disebabkan semakin lama waktu fermentasi, maka jumlah mikroba juga semakin menurun dan akan menuju ke fase kematian. Bioetanol yang telah dihasilkan semakin banyak dan nutrien yang ada semakin sedikit, kadar bioetanol sedikit karena bioetanol yang dihasilkan telah teroksidasi lebih lanjut menjadi asam karboksilat (Noviani, dkk., 2014).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan bahwa semakin lama waktu fermentasi maka kadar bioetanol semakin meningkat, namun jika melewati batas optimumnya maka kadar bioetanol akan menurun dan mendekati fase kematian dari khamir. PH dan waktu fermentasi optimum yang menghasilkan kadar bioetanol tertinggi adalah pH 3,5 dan waktu fermentasi 10 hari dengan kadar bioetanol 64,933%, densitas 0,87 g/ml dan viskositas 0,0114 poise. Kadar bioetanol naik pada waktu fermentasi 5 dan 10 hari namun kadar bioetanol menurun pada waktu fermentasi 15 hari. Kadar bioetanol juga naik seiring bertambahnya pH dan mencapai optimal pada pH 3,5 (konsentrasi HCl

0,6 M) namun pada pH 4 dan 4,5 kadar bioetanol menurun.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Achyadi, N. dan Afiana, H. 2004. Pengaruh Konsentrasi Bahan Pengisi dan Konsentrasi Sukrosa Terhadap Karakteristik Fruit Leather Cempedak (*Actocarpus champeden lour*). *Fakultas Teknik Universitas Pasundan. Bandung*.
- Azizah, N., Al-Baarri, A. N. & Mulyani, S. (2012). Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar alkohol, pH, dan produksi gas pada proses fermentasi bioetanol dari whey substitusi kulit nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 1(2), 72-77.
- Badan Standarisasi Nasional 1994. SNI 06-3565-1994: Alkohol Teknis.
- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI. 1992. Daftar Komposisi Bahan Makanan. Bhartara Karya Aksara, Jakarta.
- Hartono dan Wahyudi, 1999, Pembuatan Glukosa dari Pati Tapioka secara Hidrolisis Kimiawi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung.
- Hidayat, R. 2009. Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Masa Depan Yang Ramah Lingkungan.
- Indra dkk, 2012. *Penanganan Limbah Industri Pangan*, Yogyakarta, Kanisius.
- Indra, B.K dan Retno, D, 2010, Kinetika Reaksi Hidrolisa Pati dari Kulit Nangka dengan Katalisator Asam Klorida Menggunakan Tangki Berpengaduk, *Makalah Seminar Nasional Twknik Kimia Soebardjo 'Ketahanan Pangan dan Energi'*, D6, hh.1-9.
- Jansen, P. C. M. V., E.W.M. dan Coronel, R. E. *Artocarpus integer* (Thumb) Merr. Edible Fruits and Nuts. PROSEA Bogor Indonesia, 1992 Bogor.
- Judoamidjojo, M., Darwis, A. A. dan Sai'd, E. G. 1992. *Teknologi fermentasi*, Rajawali Pers.
- Lingga, P, 1992, *Petunjuk Penggunaan Pupuk, Niaga Swadaya*, Jakarta.
- Meilana, D.P dkk, 2015, Pemanfaatan Kulit Cempedak Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol dengan Proses Fermentasi Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*, *Jurnal Konvensi*, vol.4, no.2, hh.23-30.
- Noviani, H., Supartono & Siadi, K. (2014). Pengolahan limbah serbuk gergaji kayu sengon laut menjadi bioetanol menggunakan *saccharomyces cerevisiae*. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2), 147-151.
- Nuriana, Wahidin dan Wuryantoro, 2014, *Ethanol Synthesis from Jack Fruit (Artocarpus heterophyllus lam) Stone Waste As Renewable Energy Source*, Conference and Exhibition Indonesia

- Perry, R.H., dan Don W.G., 2008, *Perry's Chemical Engineering Handbook. 8th Ed.* McGraw-Hill Book Company, Amerika.
- Ratman, dkk, 2016 , Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol dari Kulit Jagung Manis (*Zea mays saccharata*), *Jurnal UNTAD*.
- Wiratmaja, I. G., Kusuma, I. G. B. W. dan Winaya, I. N. S, 2011, Pembuatan Etanol Generasi Kedua Dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut *Eucheuma Cottonii* Sebagai Bahan Baku, *jurnal ilmiah teknik mesin*, hh. 75-84.