PEMANFAATAN KULIT CEMPEDAK SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN BIOETANOL DENGAN PROSES FERMENTASI MENGGUNAKAN *SACCHAROMYCES CEREVISEAE*

Gusti Safriana Safitrie H, Erisa Maya Safitri, Meilana Dharma Putra*
Program Studi Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat
Jl. A. Yani Km. 36, Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70714

*E-mail corresponding author: aan_mpr@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 25-09-2015
Received in revised form: 15-10-2015
Accepted: 20-10-2015
Published: 22-10-2015

Keywords:
Acid hydrolysis treatment
Jackfruit
Bioethanol

ABSTRACT

Along with prevention efforts of fossil fuel crisis in the future and the implementation of government programs on energy policy, it is necessary to research on renewable energy such as bioethanol. The raw material for bioethanol production usually contain high enough carbohydrates and carbohydrate of jackfruit is 28.6 g/100 g jackfruit. This study aims to determine the effect of the process of acid hydrolysis treatment against the degradation of lignin in the skin fibers of jackfruit, determine the optimum weight of jackfruit skin to the process of acid hydrolysis treatment, know the optimum pH and right nutrient to produce the highest ethanol content. Jackfruit skin was cut, roasted and refined to powder and then analyzed the structure of the morphology using SEM and crystallity using XRD methods. The powder is added with solution of H_2SO_4 (2% v/v) and 90 mL of distilled water and hydrolyzed at 100°C for 1 hour with a variety of heavy of jackfruit skin (%w/v) as follows: 2.5%; 5%; 7.5% and 10%. Hydrolyzate with the highest glucose levels do variations in pH, which is 4; 4,5 and 5 sterilized using an autoclave for 15 minutes. The hydrolyzate is added starter that has been activated and Saccharomyces cerevisiae then fermented in orbital shaker at 120 rpm for 4 days. The fermentation process is repeated by adjusting pH 4.5 at hydrolyzate and add a variety of nutrients, namely 0.1 g urea; 0.1 g NPK; and 0.05 g urea+0.05 g NPK. The content of bioethanol tested with GC method. Based on XRD, the characteristic of peak of cellulose of jackfruit fiber skin is increased. Crystallinity Index before hydrolysis 20.39% and 24.59% after hydrolysis. From the analysis by the Luff-Schoorl method obtained the highest total sugar content with weight of jackfruit skin of 7.5% (w/ v) is 15.25% (v/v). While the results of the analysis by GC method to variations in pH and nutrient is obtained a highest content of bioethanol is 0.810% (v/v) at pH 4.5 and 0.731% (v/v) with the addition of 0.05 g urea+ 0.05 g NPK.

Abstrak-Seiring dengan upaya pencegahan krisis bahan bakar fosil dimasa mendatang dan pelaksanaan program pemerintah tentang kebijakan energi maka diperlukan penelitian mengenai energi terbarukan, salah satunya bioetanol. Bahan baku pembuatan bioetanol biasanya mengandung karbohidrat yang cukup tinggi dan cempedak mengandung karbohidrat sebesar 28,6 g/100 g buah cempedak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proses acid hydrolysis treatment terhadap pendegradasian lignin pada serat kulit cempedak, mengetahui berat kulit cempedak optimum pada proses acid hydrolysis treatment, mengetahui pH optimum dan nutrient yang tepat untuk menghasilkan kadar etanol tertinggi.
Kulit cempedak dipotong, dioven dan dihaluskan sampai berbentuk serbuk kemudian dianalisa struktur morfologinya menggunakan metode SEM dan kristanilitasnya menggunakan metode XRD. Serbuk tersebut ditambahkan dengan larutan H_2SO_4 (2% v/v) dan akuades 90 mL kemudian dihidrolisis pada suhu 100^{o}C selama 1 jam dengan variasi berat kulit cempedak (%w/v) yaitu: 2,5%; 5%; 7,5% dan 10%. Hidrolisat dengan kadar glukosa tertinggi dilakukan variasi pH, yaitu 4; 4,5 dan 5 selanjutnya disterilisasi menggunakan autoclave selama 15 menit. Hidrolisat ditambahkan starter yang sudah diaktivasi dan Saccharomyces cerevisiae kemudian difermentasi pada orbital shaker dengan kecepatan 120 rpm selama

4 hari. Proses fermentasi diulang kembali dengan mengatur pH 4,5 pada hidrolisat dan menambahkan variasi nutrient yaitu 0,1 g urea; 0,1 g NPK; dan 0,05 g urea+0,05 g NPK. Kadar bioetanol diujikan dengan metode GC. Berdasarkan XRD, karakteristik peak selulosa pada serat kulit cempedak mengalami peningkatan. *Crystallinity Index* sebelum hidrolisis 20,39%, setelah hidrolisis 24,59%. Dari hasil analisa dengan metode Luff-Schoorl diperoleh kadar gula total tertinggi dengan berat kulit cempedak 7,5% (w/v) sebesar 15,25% (v/v). Sedangkan hasil analisa dengan metode GC untuk variasi pH dan nutrient diperoleh kadar bioetanol tertinggi sebesar 0,810%(v/v) pada pH 4,5 dan 0,731% (v/v) dengan penambahan 0,05 g urea+0,05 g NPK.
Kata kunci: *Acid hydrolysis treatment*, cempedak, bioetanol.

PENDAHULUAN

Bioetanol merupakan bioenergi alternatif yang dapat membantu mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar minyak. Bioetanol menghasilkan emisi gas buang yang ramah lingkungan dan mampu meningkatkan nilai oktan. Salah satu bahan baku pembuatan bioetanol yaitu kulit cempedak. Cempedak (*Artocarpus Chempeden*) merupakan salah satu jenis tanaman yang banyak ditanam di daerah tropis. Cempedak atau biasa disebut tiwadak oleh masyarakat banjar merupakan salah satu buah khas di Kalimantan Selatan. Buah cempedak banyak dimanfaatkan sebagai bahan makanan, tetapi kulitnya masih belum banyak dimanfaatkan

Pembuatan bioetanol menggunakan proses fermentasi telah banyak dilakukan. Aktivitas penguraian gula (karbohidrat) menjadi senyawa etanol dengan melepaskan CO_2 disebut fermentasi etanol, fermentasi ini dilakukan dalam kondisi anaerob atau tanpa adanya oksigen dan umumnya menggunakan mikroba *Saccharomyces cereviseae* (Putra dkk, 2011). Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Jura dan Sari (2013) pembuatan bioetanol dari kulit ari nangka menggunakan ragi tape dengan proses penyaringan filtrat kulit ari nangka yang sudah diblender sebagai campuran *starter* untuk proses fermentasi dengan variasi waktu 4, 6, dan 8 hari menghasilkan kadar etanol terbesar, yaitu 19,5% pada waktu fermentasi selama 6 hari. Pada dasarnya kulit nangka dan kulit cempedak memiliki karakteristik yang hampir sama. Jika kulit nangka dapat menghasilkan bioetanol maka kulit cempedak kemungkinan juga dapat menghasilkan bioetanol. Maka dari itu, penelitian ini dapat dilakukan untuk mengetahui hal tersebut.

Berdasarkan uraian diatas, pada penelitian ini akan mempelajari pengaruh proses hidrolisis terhadap kristalinitas serat kulit cempedak, pengaruh berat kulit cempedak (%w/v) terhadap kadar glukosa yang dihasilkan untuk dikonversi menjadi bioetanol serta menggunakan variasi pH dan *nutrient* untuk mengetahui kadar etanol terbesar yang dihasilkan menggunakan proses fermentasi dengan bantuan mikroba *Saccharomyces cereviseae*. Mengingat di Kalimantan Selatan ini juga menghasilkan cempedak, salah satunya didaerah Terantang Kab. Barito Kuala yang menghasilkan ± 360 kg setiap panen. Oleh karena itu penelitian ini memungkinkan untuk diterapkan di Kalimantan Selatan.

Buah cempedak dan nangka memiliki sifat fisik dan kimiawi yang mirip. Sifat fisik maupun kimiawi kulit nangka diduga hampir sama dengan buahnya, kandungan serat kasar pada kulit nangka sekitar 1,94% sementara daging buahnya adalah 1,58% (Karim dan Sutjahjo, 2013). 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%. Menurut Achyadi dan Afiana (2004), kadar serat cempedak yang didapatkan dari hasil kimia pada penelitian pendahuluan adalah 2,31%. Pada Tabel 2.1 dapat dilihat perbandingan zat gizi antara nangka masak, nangka muda dan cempedak.

Tabel 1. Komposisi zat gizi nangka dan cempedak per 100 gram

Zat gizi	Nangka masak	Nangka muda	Cempedak
Energi (kkal)	106	51	116
Protein (g)	1,2	2,0	3,0
Lemak (g)	0,3	0,4	0,4
Karbohidrat (g)	27,6	11,3	28,6
Kalsium (mg)	20	45	20
Fosfor (mg)	19	29	30
Zat besi (mg)	0,9	0,5	1,5
Vit A (SI)	330	25	200
Vit B1 (mg)	0,07	0,07	0,7
Vit C (mg)	7	9	15
Air (g)	70,0	85,4	67,0

Sumber: Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (1992)

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 dengan pH optimum antara 4,5-5,0. Laju fermentasi gula oleh *S.cerevisiae* relative 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 ^{o}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 ^{o}C (Wiratmaja dkk, 2011).

Ada dua cara yang digunakan untuk hidrolisis gukosa 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 H_2SO_4 dan HCl. Pada kecepatan reaksi, bukan jenis asamnya yang berpengaruh melainkan konsentrasi ion H^+ (Lubis, 2012). Pada hidrolisis asam, asam yang paling banyak dimanfaatkan dan diteliti adalah H_2SO_4 (Taherzadeh dan Karimi, 2007). Menurut penelitian yang dilakukan (Osvaldo dan Faizal, 2012) konsentrasi H_2SO_4 2% merupakan titik optimum penggunaan H_2SO_4 yang menghasilkan kadar etanol terbesar karena kenaikan kadar etanol tidak begitu signifikan jika menggunakan konsentrasi H_2SO_4 2,5%. Maka dari itu, penggunaan konsentrasi H_2SO_4 2% dianggap sebagai yang terbaik untuk selanjutnya menjadi variabel tetap dan digunakan untuk mengetahui variabel penelitian yang lainnya.

Fermentasi alkohol atau alkoholisasi adalah proses perubahan gula menjadi alkohol dan CO_2 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 invertrase, yaitu enzim kompleks yang terkandung dalam ragi. Reaksinya adalah sebagai berikut:

$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 2$ ATP

Glukosa Etanol karbondioksida (Energi=118 Kj/mol)

Selanjutnya apabila etanol telah melewati rentang waktu fermentasinya maka akan terjadi proses fermentasi lanjutan berupa fermentasi asam asetat dimana mula-mula terjadi pemecahan gula sederhana menjadi etanol, selanjutnya etanol menjadi asam asetat.

Nutrient yang diperlukan *Saccharomyces cerevisiae* bisa berasal dari kedua jenis pupuk yang sering digunakan, yaitu pupuk urea dan NPK. Urea merupakan jenis pupuk dengan butiran kecil hingga halus dan berwarna putih. Pupuk urea memiliki kandungan unsur hara nitrogen cukup tinggi yaitu 46%. Sedangkan, NPK merupakan yang disukai petani karena termasuk pupuk majemuk yang memiliki lebih dari satu unsur tunggal pupuk. Salah satu pupuk NPK yang berasal dari Norwegia, yaitu pupuk Mutiara memiliki kandungan 16% N, 16% P, dan 16% K (Lingga, 1992).

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). Proses pengolahan bahan berpati untuk menghasilkan bioetanol dilakukan dengan proses urutan, yaitu :

1. Proses hidrolisis, yakni proses konversi pati menjadi glukosa.
2. Proses fermentasi untuk mengkonversi glukosa (gula) menjadi etanol dan CO_2.
3. Proses destilasi untuk memisahkan etanol, destilasi merupakan pemisahan komponen berdasarkan titik didihnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proses *acid hydrolysis treatment* terhadap kristalinitas serat kulit cempedak, mengetahui berat kulit cempedak (%w/v) optimum pada proses *acid hydrolysis treatment* untuk mendapatkan kadar glukosa yang tinggi, mengetahui pH optimum pada proses fermentasi untuk mendapatkan kadar etanol yang tinggi serta mengetahui *nutrient* yang tepat pada proses fermentasi untuk mendapatkan kadar etanol yang tinggi.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah labu leher tiga, *stirrer*, kondensor, botol semprot, neraca analitik, gelas ukur, gelas beker, gelas arloji, *hot plate*, corong, termometer, erlenmeyer, pengaduk gelas, pH-meter, pipet tetes, oven, sudip, *orbital shaker* dan *autoclave*. Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah kulit cempedak, *Saccharomyces cerevisiae*, *aquadest*, kertas saring, asam sulfat (H_2SO_4), asam klorida (HCl) 0,1 M, natrium hidroksida (NaOH)

0,1 M, KH_2PO_4, ammonium sulfat ($(NH_4)_2SO_4$), $MgSO_4.7H_2O$, *yeast extract*, *malt extract*, pepton, *alumunium foil*, *yeast agar extract*, urea dan NPK.

Persiapan Bahan Baku

Kulit cempedak dikupas dari kulit arinya, dipotong kecil dan dicuci bersih. Kulit cempedak yang sudah dibersihkan ditimbang dengan variasi berat sampel 2,5%; 5%; 7,5%, 10% (w/v) gram, dioven sampai kering.

Acid Hydrolysis Treatment

Kulit cempedak yang sudah diblender ditambahkan *aquadest* sebanyak 90 mL, kemudian dilakukan *acid hydrolysis treatment* dengan labu leher tiga dan *stirrer* menggunakan katalis H_2SO_4 dengan konsentrasi 2% dan suhu 100 ^oC selama 1 jam. Larutan yang didapat kemudian disaring, hasil filtrasi dianalisis dengan metode ***Luff-Schoorl*** untuk dihitung kadar glukosa.

Pembuatan *Starter*

Media cair disiapkan dengan komposisi glukosa 1 g; *yeast extract* 1 g; *malt extract* 0,3 g; pepton 0,3 g; KH_2PO_4 0,1 g; $MgSO_4.7H_2O$ 0,01 g; dan $(NH_4)_2SO_4$ 0,1 g yang dilarutkan pada 100 mL *aquadest*. Medium cair ini disterilisasi dengan *autoclave* selama 20 menit. *Saccharomyces cerevisiae* diambil sebanyak 3 ose dicampurkan dalam 100 mL media cair dan dimasukan kedalam erlenmeyer 250 mL, kemudian diaktivasi pada suhu kamar selama 44 jam dengan *orbital shaker* kecepatan 120 rpm. Pembuatan *starter* ini dilakukan dalam *laminar flow*.

Proses Fermentasi

pH larutan filtrat hasil hidrolisis diatur dengan 3 variasi pH yaitu pH 4; pH 4,5; dan pH 5. Larutan filtrat sebanyak 90 mL dengan 3 variasi pH ditambahkan 10 mL *starter*. Erlenmeyer ditutup rapat kemudian diletakkan pada *orbital shaker* dengan kecepatan 120 rpm dan temperatur 30^oC. Proses penambahan *starter* ini dilakukan dalam *laminar flow* dan fermentasi berlangsung selama 4 hari.

Larutan filtrat dari variasi pH yang menghasilkan kadar etanol tertinggi dilakukan fermentasi dengan variasi *nutrient*. Larutan filtrat sebanyak 90 mL ditambahkan 3 variasi *nutrient* yaitu 0,1 g urea; 0,1 g NPK; dan 0,05 g urea + 0,05 g NPK. pH larutan diatur dan ditambahkan 10 mL *starter*. Erlenmeyer ditutup rapat kemudian diletakkan pada *orbital shaker* dengan kecepatan 120 rpm dan temperatur 30^oC. Proses penambahan *starter* ini dilakukan dalam *laminar flow* dan fermentasi berlangsung selama 4 hari.

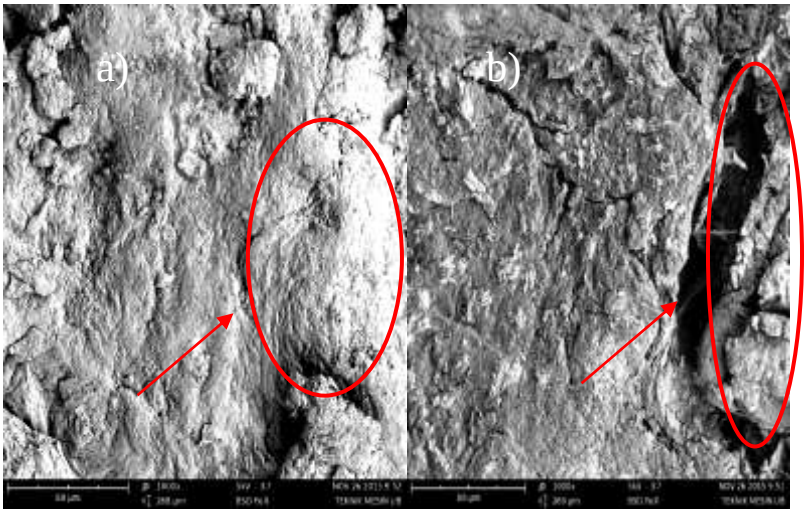
Karakterisasi dan Analisis Sampel

a. SEM (*Scanning Electron Microscope*), sebagai uji pendahuluan untuk mengetahui struktur morfologi kulit cempedak sebelum *pretreatment* yang dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Teknik Mesin Universitas Brawijaya, Malang.
b. XRD (*X-Ray Diffraction*), sebagai uji untuk mengetahui struktur kristal dari kulit cempedak sebelum dan sesudah *pretreatment* yang dilakukan di Laboratorium Energi-LPPM Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
c. Analisis kandungan glukosa dengan menggunakan metode *Luff-schoorl* (SNI01-2891-1992) yang dilakukan di Laboratorium Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
d. Analisis kandungan bioetanol, dengan menggunakan metode *Gas Chromathography* (GC) yang dilakukan di Laboratorium Terpadu LPPT Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Serat Kulit Cempedak

Serat kulit cempedak dikarakterisasi dengan menggunakan analisis SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan XRD (*X-Ray Diffraction*). Analisis SEM digunakan untuk mengetahui struktur morfologi dari serat kulit cempedak. Hasil analisis SEM pada serat kulit cempedak sebelum dan sesudah proses hidrolisis disajikan pada Gambar 1.



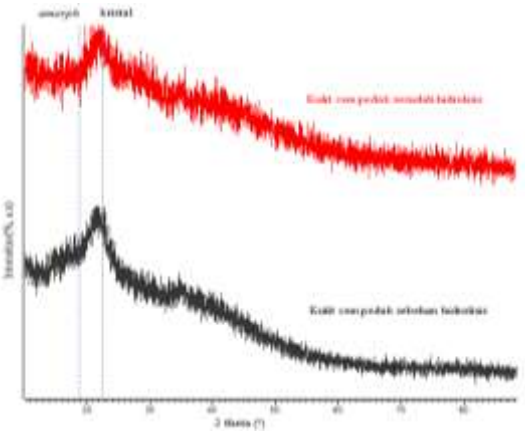
Gambar 1 SEM *image* dari serat kulit cempedak dengan perbesaran 1000x
(a) Sebelum hidrolisis dan (b) Sesudah hidrolisis

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa terjadi perubahan morfologi pada kulit cempedak yang sudah mengalami proses hidrolisis. Pada gambar a terlihat bahwa struktur morfolgi kulit cempedak masih berbentuk mulus atau tidak pecah namun ketika sudah mengalami proses hidrolisis terjadi perubahan struktur morfologi yang ditandai dengan adanya serat yang robek. Hal ini dikarenakan serat masih terikat kuat oleh lignin, hemiselulosa dan komponen lain yang mengikat selulosa (Sundari dkk, 2012). Adanya serat yang masih terikat oleh hemiselulosa dan lignin sehingga diperlukan proses hidrolisis untuk merusak struktur lignin dan hemiselulosa. Hidrolisis pada penelitian ini dilakukan dengan hidrolisis asam menggunakan larutan H_2SO_4 2%, karena proses hidrolisis dengan kondisi tersebut sebagian besar hemiselulosa dan selulosa dapat terkonversi menjadi gula. Selain itu, menurut Osvaldo dan Faizal (2012) konsentrasi asam sulfat 2% dianggap sebagai yang terbaik untuk selanjutnya menjadi variabel tetap dan digunakan untuk mengetahui variabel penelitian yang lainnya. Serta larutan H_2SO_4 2%, digunakan dengan tujuan untuk menghilangkan dan merusak kandungan komponen-komponen yang mengikat selulosa seperti lignin dan hemiselulosa (Zhou dkk, 2009).

Analisa XRD (*X-Ray Diffraction*), dilakukan untuk mengetahui struktur kristal selulosa dan mengetahui *Crystallinity Index* (CrI) kulit cempedak sebelum dan sesudah proses hidrolisis. Kulit cempedak mengandung serat selulosa di dalam struktur penyusunnya, (memiliki) karakteristik peak 2Θ = 18,7° (selulosa I), 22,4° (selulosa II) (Sun dan Cheng, 2002). Karakteristik kulit cempedak sebelum dan sesudah hidrolisis dengan metode analisa XRD dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Karakteristik Kulit Cempedak Sebelum dan Sesudah Hidrolisis dengan Metode Analisa XRD

Sampel	Karakteristik *Peak*		CrI(%)
	Amorph (18,7°)	Kristal (22,4°)	
Sebelum Hidrolisis	304	242	20,39%
Sesudah Hidrolisis	138	183	24,59%



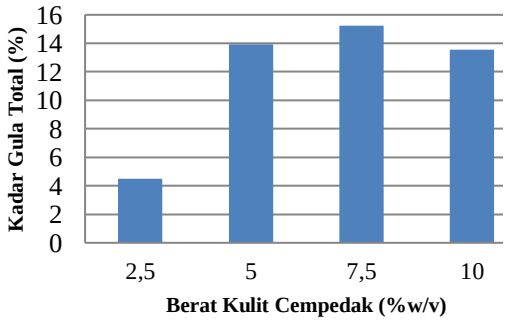
Gambar 2 *X-Ray diffraction* kulit cempedak sebelum hidrolisis dan sesudah hidrolisis

Perubahan struktur kulit cempedak sebelum dan sesudah hidrolisis karena terjadi perubahan komponen *amorph* (Hemiselulosa dan Lignin) pada kulit cempedak menjadi kristal (selulosa), pada Tabel 2 dapat dilihat kenaikan derajat kristalinitas dari kulit cempedak sebelum dihidrolisis dan sesudah hidrolisis.

Untuk *crystallinity index* kulit cempedak sebelum hidrolisis adalah 20,39% dan setelah dihidrolisis asam adalah 24,59%. Dari nilai *crystallinity index* yang didapat, terjadi kenaikan *crystallinity index* pada kulit cempedak yang dihidrolisis sebesar 4,2%. Kenaikan *crystalinity index* dikarenakan hilangnya kandungan lignin dan hemiselulosa setelah proses hidrolisis. Hidrolisis asam pada kulit cempedak dapat membuka kandungan lignin dari kulit cempedak, karena H_2SO_4 2% dapat merestrukturisasi *amorphous cellulose* menjadi *crystalline cellulose* (Zhou dkk, 2009).

Pengaruh Berat Kulit Cempedak (%w/v) dalam Proses Hidrolisis Terhadap Kadar Glukosa yang Dihasilkan

Proses hidrolisis pada penelitian ini menggunakan larutan H_2SO_4 dengan konsentrasi 2% (v/v) dengan waktu hidrolisis selama 1 jam. Kadar gula yang dihasilkan dapat dihubungkan dengan berat kulit cempedak (%w/v) pada proses hidrolisis dengan grafik pada Gambar 3.



Gambar 3 Hubungan Variasi Berat Kulit cempedak (%w/v) dengan kadar gula pada *acid hydrolysis treatment* dengan t=1 jam dan konsentrasi H_2SO_4 2% (v/v)

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa berat kulit cempedak (%w/v) yang digunakan berbanding lurus dengan kadar gula (%v/v) yang diperoleh. Kadar gula mengalami kenaikan seiring dengan penambahan berat kulit cempedak, namun mengalami penurunan pada berat kulit cempedak 10% (v/v). Menurut Osvaldo dan Faizal (2012) salah satu faktor yang mempengaruhi hidrolisis adalah kandungan karbohidrat bahan baku. Apabila kandungan karbohidrat bahan baku sedikit maka gula yang terbentuk juga sedikit. Namun, jika kandungan karbohidrat terlalu tinggi akan mengakibatkan meningkatnya kekentalan campuran sehingga frekuensi tumbukan antara molekul karbohidrat dan molekul air semakin berkurang, akibatnya reaksi pembentukkan gula akan berkurang. Penurunan kadar gula pada penggunaan berat kulit cempedak 10% (w/v) dikarenakan pada proses hidrolisis telah mencapai titik optimumnya sehingga cenderung akan menurun apabila berat kulit cempedak yang digunakan lebih banyak dibanding berat kulit cempedak optimumnya. Berdasarkan kadar gula yang dihasilkan dari proses hidrolisis dengan variasi berat kulit cempedak (%w/v) dapat diambil kesimpulan bahwa berat kulit cempedak optimal pada proses hidrolisis untuk penelitian ini adalah 7,5% (w/v) yaitu sebesar 15,25% (v/v).

Proses selanjutnya setelah hidrolisis adalah fermentasi. Pada proses fermentasi menggunakan hidrolisat hasil hidrolisis dengan berat kulit cempedak 7,5% (w/v). Berat kulit cempedak 7,5% (w/v) dipilih untuk mengalami proses fermentasi karena menghasilkan kadar gula yang optimum dan nilai yang diperoleh masih berada dalam *range*. Disisi lain, konsentrasi gula yang optimum untuk menghasilkan etanol mempunyai *range* 14-18%, karena aktivitas khamir akan terganggu apabila konsentrasi gula terlalu tinggi (Budiyanto, 2002).

Pengaruh pH terhadap Kadar Etanol dari Hasil Fermentasi

Larutan hidrolisat yang diperoleh dari variasi berat cempedak 7,5% digunakan untuk fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Kadar etanol, nilai *cell growth* dan *ethanol productivity* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Kadar Etanol, Nilai *Cell Growth* dan *Ethanol Productivity* (Variasi pH)

No.	Berat Kulit Cempedak (%w/v)	pH	Kadar etanol (%)	*Cell growth* (h^{-1})	*Ethanol Productivity* ($g\ l^{-1}\ h^{-1}$)
1		4	0,673	0,0114	0,0070
2	7,5	4,5	0,810	0,0144	0,0084
3		5	0,488	0,0072	0,0051

Berdasarkan Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa kadar etanol tertinggi terdapat pada hasil fermentasi pH 4,5 dengan kadar etanol sebesar 0,810% (v/v). Menurut Saroso (1998) pH optimum untuk pertumbuhan khamir adalah 4-4,5 dan diperkuat hasil percobaan Elevri dan Putra (2006) yang menyatakan bahwa produksi etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* paling maksimal dapat dicapai pada pH 4,5. *Range* kadar etanol yang diperoleh sebesar 0,488% - 0,810% (v/v), nilai yang

tidak terlalu tinggi ini kemungkinan disebabkan karena oksidasi bioetanol menjadi asetaldehid dan selanjutnya dioksidasi menjadi asam asetat yang akan mengakibatkan media fermentasi semakin asam (Sebayang, 2009). Pada penelitian ini terjadi perubahan pH akhir hasil fermentasi yang terukur untuk pH 4; 4,5 dan 5 secara berturut-turut berubah menjadi pH 3,4; 3,5 dan 3,6. Penurunan nilai pH menunjukkan bahwa kemungkinan proses fermentasi berlangsung secara aerob karena adanya oksigen, sehingga terbentuk senyawa asam organik yang berpengaruh pada penurunan pH (Arnata dan Anggreni, 2013). Selain itu, kemungkinan hal ini juga dipengaruhi oleh produksi gas CO_2 yang merupakan hasil samping proses fermentasi. Menurut Kartohardjono dkk (2009) bahwa gas CO_2 sering disebut sebagai gas asam karena gas CO_2 memiliki sifat asam. Oleh karena itu gas CO_2 berperan terhadap nilai pH. Pada pH 5 kadar etanol menurun menjadi 0,488% (v/v), ditunjukan dengan penurunan nilai *cell growth* menjadi 0,0072 h^{-1}. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Saccharomyces cerevisiae* tidak dapat berkembang biak pH 5 sehingga mengurangi produksi bioetanol, terlihat nilai *ethanol productivity* menurun menjadi 0,0051 g l^{-1} h^{-1}. Penurunan kadar etanol ini dikarenakan fermentasi kulit cempedak telah mencapai titik optimumnya pada pH 4,5 dan kadar etanol akan cenderung menurun apabila telah mencapai kadar etanol optimum yang dihasilkan pada proses fermentasi. Berdasarkan kadar etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi dengan variasi pH dapat diambil kesimpulan bahwa pH optimal pada proses fermentasi kulit cempedak untuk penelitian ini adalah pH 4,5 ditunjukkan dengan nilai *cell growth* dan *ethanol productivity* tertinggi diantara variasi pH lainnya yaitu secara berturut-turut sebesar 0,0144/h^{-1} dan 0,0084 g l^{-1} h^{-1}.

Pengaruh *Nutrient* terhadap Kadar Etanol dari Hasil Fermentasi

pH optimum yang diperoleh dari variasi pH yaitu 4,5, hidrolisat dengan pH tersebut digunakan kembali untuk fermentasi dengan variasi *nutrient*. Kadar etanol, nilai *cell growth* dan *ethanol productivity* pada variasi *nutrient* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Kadar Etanol, Nilai *Cell Growth* dan *Ethanol Productivity* (Variasi *Nutrient*)

No.	Berat Kulit Cempedak (%w/v)	pH	*Nutrient*		Kadar etanol (%v/v)	*Cell Growth* (h^{-1})	*Ethanol Productivity* (g l^{-1} h^{-1})
			Urea (g)	NPK (g)			
1	7,5	4,5	0,1	-	0,57	0,0084	0,0059
2			-	0,1	0	-0,003	0
3			0,05	0,05	0,731	0,0095	0,0076

Berdasarkan data pada Tabel 4, kadar etanol tertinggi dihasilkan dengan penambahan *nutrient* 0,05 g NPK + 0,05 g urea yaitu 0,731% (v/v). Sedangkan kadar etanol terendah dihasilkan dengan penambahan *nutrient* 0,1 g NPK yaitu 0% (v/v). Pada penambahan 0,1 g NPK tidak terbentuk etanol. Penambahan NPK pada proses fermentasi ini akan memperbanyak kandungan ion logam Ca^{2+} dan Mg^{2+}, kelebihan ion logam tersebut kemungkinan akan menyebabkan keracunan bagi mikroba sehingga fermentasi tidak terjadi. Fermentasi tidak terjadi ditandai dengan meningkatnya pH yang awalnya mempunyai pH 4,5 menjadi 5,2. Selain itu, memiliki nilai *cell growth* -0,003 h^{-1} yang menandakan bahwa mikroba tidak berkembangbiak atau mati. Nilai *cell growth* mempengaruhi nilai *ethanol productivity* karena mikroba tidak berkembangbiak maka nilai *ethanol productivity*nya 0 g l^{-1} h^{-1}. Menurut Jenie dan Rahayu (1993) adanya kelebihan ion logam pada proses fermentasi akan menyebabkan keracunan bagi mikroba pada konsentrasi tertentu, ion-ion logam yang bersifat racun tersebut antara lain Na^{+}, K^{+}, Ca^{2+} dan Mg^{2+}. Sedangkan pada penambahan 0,1 g urea dan 0,05 g NPK + 0,05 g urea menghasilkan kadar etanol berturut-turut 0,57% (v/v) dan 0,731% (v/v). Kadar etanol yang diperoleh dengan penambahan *nutrient* lebih kecil dibandingkan dengan tanpa penambahan *nutrient*. Hal ini disebabkan adanya kelebihan *nutrient* yang kemungkinan akan menjadi racun bagi mikroba itu sendiri. Kelebihan *nutrient* akan menyebabkan pertumbuhan mikroba diawal fermentasi besar, namun semakin lama proses fermentasi mikroba akan mati sehingga banyak gula yang tidak terfermentasi. Jumlah nutrisi yang dibutuhkan selama proses fermentasi berlangsung berbeda-beda tergantung dari jenis bahan baku bioetanol yang digunakan serta jumlah ragi yang digunakan. Hal ini dikarenakan pada bahan baku yang digunakan telah terdapat nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroorganisme fermentasi (Hastuti dkk, 2015). Hal ini membuktikan bahwa pada kulit cempedak itu sendiri sudah terdapat nutrisi yang diperlukan *Saccharomyces cerevisiae* untuk berkembangbiak. Tidak optimalnya proses fermentasi ini ditandai dengan meningkatnya pH yang awalnya memiliki pH 4,5 menjadi 6 dan 5,4 berturut-

turut untuk penambahan 0,1 g urea dan 0,1 g NPK. pH yang terukur mengalami peningkatan, hal ini menyebabkan rendahnya nilai *cell growth*. Nilai *cell growth* untuk penambahan 0,1 g urea dan 0,1 g NPK berturut-turut adalah 0,0084 h^{-1} dan 0,0095 h^{-1}. Rendahnya nilai *cell growth* menyebabkan nilai *ethanol productivity* juga rendah. Nilai *ethanol productivity* untuk penambahan 0,1 g urea dan 0,1 g NPK berturut-turut adalah 0,0059 g l^{-1} h^{-1} dan 0,0076 g l^{-1} h^{-1}.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa proses hidrolisis asam mengakibatkan kandungan komponen-komponen yang mengikat selulosa seperti lignin dan hemiselulosa dalam kulit cempedak menjadi berkurang yang ditandai dengan kenaikan nilai *crystallinity index.* Pada penelitian ini nilai *crystallinity index* sebelum proses hidrolisis sebesar 20,39% dan sesudah proses hidrolisis sebesar 24,59%.

Dari penelitian ini juga diketahui bahwa berat sampel optimum yang menghasilkan kadar gula total tertinggi pada proses hidrolisis asam dalam penelitian ini yaitu 7,5% (w/v), dengan kadar gula sebesar 15,25% (v/v). Sementara itu pH optimum yang menghasilkan kadar etanol tertinggi pada proses fermentasi dalam penelitian ini yaitu pH 4,5 dimana fermentasi menghasilkan kadar etanol sebesar 0,810% (v/v) serta *nutrient* optimum yang menghasilkan kadar etanol tertinggi pada proses fermentasi dalam penelitian ini yaitu 0,05 g urea + 0,05 g NPK; dimana fermentasi menghasilkan kadar etanol sebesar 0,731% (v/v).

DAFTAR PUSTAKA

ACHYADI, N. DAN AFIANA, H. 2004. Pengaruh Konsentrasi Bahan Pengisi dan Konsentrasi SukrosaTerhadap Karakteristik Fruit Leather Cempedak (Actocarpus champeden lour). *Fakultas Teknik Universitas Pasundan. Bandung.*

ARNATA, I. W. DAN ANGGRENI, A. D. 2013. Rekayasa Bioproses Produksi Bioetanol dari Ubi Kayu dengan Teknik Ko-Kultur Ragi Tape dan Saccharomyces cerevisiae. *Jurnal Argointek*.

BUDIYANTO, M. A. K. 2002. Mikrobiologi Terapan. *Universitas Muhammadiyah, Malang***,** 272.

DESROIR, N. 1988. Unit Processing Organic Synthesis. Ed.

DINA, R. N. 2008. Laporan Tugas Akhir Bioetanol dari Jerami. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

ELEVRI, P. A. DAN PUTRA, S. R. 2006. Produksi etanol menggunakan Saccharomyces cerevisiae yang diamobilisasi dengan agar batang. *Akta Kimindo,* 1**,** 105-114.

FITRIANI, BAHRI, S. DAN NURHAENI 2013. Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea Mays*) dari Hasil Proses Delignifikasi. *Online Jurnal of Natural Science,* 2**,** 66-74.

GROGGINS, P. H. 1958. Unit processes in organic synthesis.

HASTUTI, E. D., PRIHASTANTI, E. DAN HARYANTI, S. 2015. Efektifitas Penambahan Ragi Dan Pupuk Terhadap Kadar Alkohol Bioetanol Dengan Bahan Baku Jambu Citra. *Buletin Anatomi dan Fisiologi,* 23**,** 92-99.

HIDAYAT, R. 2009. Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Masa Depan Yang Ramah Lingkungan.

IDRAL, D. D., SALIM, M. DAN MARDIAH, E. 2012. Pembuatan Bioetanol Dari Ampas Sagu Dengan Proses Hidrolisis Asam Dan Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal kimia Unand,* 1.

IRANMAHBOOB, J., NADIM, F. DAN MONEMI, S. 2002. Optimizing Acid -Hydrolisis: A Critical Step For Production Of Etanol From Mixed Wood Chips. *Biomass And Bioenergy,* 22**,** 401-404.

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.

JENIE, B. S. L. DAN RAHAYU, W. P. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan,* Yogyakara, Kanisius.

JOEH, T. 1998. Steam Exploson of Cotton Gin Waste for Fuel Ethanol Production. *Jurnal Kimia.*

JUDOAMIDJOJO, M., DARWIS, A. A. DAN SAI'D, E. G. 1992. *Teknologi fermentasi*, Rajawali Pers.

JURA, M. R. DAN SARI, I. P. Pembuatan Etanol Dari Sari Kulit Ari Buah Nangka. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Matematika II, 2013 Sulawesi Tengah.

KARIM, A. DAN SUTJAHJO, D. H. 2013. Uji Kinerja Mesin 4 Langkah Berbahan Bakar Bioethanol Dari Limbah Kulit Jerami Nangka Sebagai Campuran Premium. *Jurnal Teknik Mesin,* 1.

KARTOHARDJONO, S., ANGGARA, A., SUBIHI, S. DAN YULIUSMAN, Y. 2009. Absorbsi Co2 Dari Campurannya Dengan Ch4 Atau N2 Melalui Kontaktor Membran Serat Berongga Menggunakan Pelarut Air. *MAKARA,* 11**,** pp. 97-102.

KHAIRUNNISA DAN FATIMAH 2012. *Konversi dan Karakterisasi Limbah Serat Kelapa Sawit (fiber cake) dengan Acid Hydrolisis Via*

Hydrothermal Treatment Sebagai Bahan Baku Bioetanol, Banjarbaru, Universitas Lambung Mangkurat.

LINGGA, P. 1992. *Petunjuk penggunaan pupuk*, Niaga Swadaya.

LUBIS, M. R. 2012. Hidrolisis Pati Sukun dengan Katalisator H_2SO_4 untuk Pembuatan Perekat. *Rekayasa Kimia dan Lingkungan,* 9**,** 62-67.

MONICK, J. A. 1968. Alcohols; their chemistry, properties and manufacture.

MUSSATO, I. S. dan Roberto, I. C. 2004. Alternatives For Detoxification Of Diluete-Acid lignocellulosic Hydrolizates For Use In Fermentative Process A Review. *Bioresource Technology,* 93**,** 1-10.

MUTHOHAR, A. 2012. Pemanfaatan Limbah Kulit/Jerami Nangka (Artocarpus Heterophyllus) Sebagai Bahan Bakar Alternatif (Bioethanol). Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.

OSVALDO, Z. DAN FAIZAL, M. 2012. Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol dari Alang-Alang. *Jurnal Teknik Kimia,* 18.

PERRY, R. H., GREEN, D. W. DAN MALONEY, J. 1999. Perry chemicals engineering handbook. *McGrawhill, Section,* 26.

PRESCOTT, S. C. DAN DUNN, C. G. 1949. Industrial microbiology. *Industrial microbiology*.

PUTRA, I. N. W., KUSUMA, I. W. DAN WINAYA, I. N. S. 2011. Proses Treatment Dengan Menggunakan NaOCl Dan H2SO4 Untuk Mempercepat Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Rumput Laut Eucheuma Cottonii. *Jurnal Energi Dan Manufaktur,* 5

REDJEKI, S. 2012. Kinetika Reaksi Fermentasi VCO Secara Curah. *Monograf Fermentasi VCO 1*.

SAROSO, H. 1998. Pemanfaatan Kulit Pisang dengan Cara Fermentasi Untuk Pembuatan Alkohol. *Majalah Bistek Edisi,* 6.

SEBAYANG, F. 2009. Pembuatan Etanol dari Molase Secara Fermentasi Menggunakan Sel Saccharomyces cerevisiae yang Terimobilisasi pada Kalsium Alginat.

SUN, Y. DAN CHENG, J. 2002. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource technology,* 83**,** 1-11.

SUNDARI, DANANG DAN AYU 2012. Isolation and Characterization of Cellulose Nanofiber from the Aquatic Weed Waterhyacinth-Eichhomia Crassipes. *Carbohydrate Polymers,* 87**,** 1701-1705.

TAHERZADEH, M. J. DAN KARIMI, K. 2007. Process For Ethanol from Lignocellulosic Materials 1: Acid-Based Hydrolysis Processes. *Bioresource Technology,* 2.

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,* 5**,** 75-84.

ZHOU, W., LI, H. DAN WANG, X. 2009. The Structure Characterization of Cellulose Xanthogenate Derived from The Straw of Eichhorniacrassipes. *Bioresource Technology,* 100**,** 5366-5369.