

## PEMBUATAN BIOETANOL SKALA LABORATORIUM SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF UNTUK PENGEMBANGAN ENERGI TERBARUKAN DARI BAHAN BAKU SERBUK KULIT PISANG KEPOK (*MUSA PARADISIACA FORMATYPICA*)

Glory Ominua Donuata\*, Fani K. Y. Serangmo<sup>2</sup>, Imanuel Gauru<sup>3</sup>

S1 Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Jl. Adi Sucipto Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp (0380) 881597

E-mail: lolleelf@gmail.com

funny.geo98wel@gmail.com

Imanuelgauru14@gmail.com

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan sintesis bioetanol dari kulit pisang kepok dalam skala laboratorium, mengetahui kadar etanol yang dihasilkan dan mengetahui sifat-sifat bioetanol hasil penelitian. Sintesis kulit pisang kepok menjadi bioetanol dilakukan melalui proses hidrolisa asam dengan katalis HCl 0,5 N; proses fermentasi dengan ragi *Saccharomyces cerevisiae* dalam ragi tape yang dilakukan untuk variasi empat hari fermentasi yaitu hari kedua, ketiga, keempat dan kelima; dan proses distilasi. Pengujian kadar bioetanol dilakukan dengan analisis GC-MS (*Gas Chromatography – Mass Spectrometry*). Bioetanol dengan kadar tertinggi diuji dan dibandingkan sifat-sifatnya dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk bioetanol sebagai bahan bakar. Hasil penelitian diperoleh kadar bioetanol tertinggi yaitu 82,7 % dengan tampakan yang dihasilkan sesuai SNI yaitu jernih, terang dan tidak ada endapan; densitas yaitu 0,8968 gr/mL sedangkan pada SNI 0,7851; viskositas pada 20<sup>o</sup> diperoleh 0,0753 Poise sedangkan menurut SNI 0,0122 Poise.

**Kata kunci:** Kulit pisang kepok, Bioetanol, GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*), Bahan bakar.).

### PENDAHULUAN

Secara umum kebutuhan energi dunia sampai saat ini masih mengandalkan sumber daya fosil, terutama minyak bumi, batu bara dan gas bumi yang telah terbentuk sejak ribuan tahun lalu. Tingkat penggunaan manusia terhadap energi fosil semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah populasi penduduk dan didukung oleh pertumbuhan ekonomi serta perkembangan teknologi, padahal sumber daya energi fosil tersebut merupakan sumber daya tak terbarukan (*non renewables*) artinya apabila digunakan secara terus-menerus maka pada suatu waktu tertentu tidak menutup kemungkinan terjadi kelangkaan sumber energi bahkan dapat habis. Oleh karena itu perlu adanya upaya-upaya strategis untuk mengurangi ketergantungan pada minyak bumi. Penggunaan sumber energi terbarukan seperti bahan bakar nabati (*biofuel*) atau bionenergi seharusnya sudah mulai digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil yang semakin menipis terutama yang berbentuk cair, karena masyarakat sudah sangat familiar dengan bahan bakar cair (Nugroho, 2010).

Bioetanol merupakan salah satu jenis *biofuel*

(bahan bakar cair dari pengolahan tumbuhan) disamping biodiesel. Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa (gula) yang dilanjutkan dengan proses distilasi. Pada umumnya etanol diproduksi dengan cara fermentasi dengan bantuan mikroorganisme oleh karenanya sering disebut sebagai bioetanol. Nugroho (2010) menyebutkan, pengembangan bioenergi bioetanol sebagai sumber bahan baku yang dapat diperbarui merupakan satu alternatif yang memiliki nilai positif dari aspek sosial dan lingkungan.

Pisang kepok (*Musa paradisiaca formatypica*) merupakan jenis pisang olahan yang paling sering diolah terutama dalam olahan pisang goreng dalam berbagai variasi, sangat cocok diolah menjadi keripik, buah dalam sirup, aneka olahan tradisional dan tepung. Jumlah dari kulit pisang cukup banyak, yaitu kira-kira 1/3 dari buah pisang yang belum dikupas. Dewati (2008) menyebutkan bahwa kulit pisang kepok memiliki kadar karbohidrat 11,48% dimana kandungan karbohidrat ini dapat dimanfaatkan untuk pembuatan bahan bakar alternatif atau bioetanol.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana melakukan sintesis bioetanol dari kulit pisang kepok dalam skala laboratorium,

mengetahui kadar etanol dan juga sifat-sifat bioetanol yang dihasilkan dari kulit pisang kepok.

## METODE PENELITIAN

### Variabel Penelitian

Variabel bebas adalah variabel yang akan diteliti pengaruhnya terhadap variabel terikat. Sesuai dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai, maka variabel bebas yang akan dipelajari dalam penelitian ini adalah waktu fermentasi.

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar etanol.

Variabel terkontrol adalah faktor yang mempengaruhi hasil, tetapi dapat dikendalikan. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah proses perlakuan awal, proses hidrolisis asam (suhu 100°C, waktu 60 menit), konsentrasi asam klorida 0,5 N, jenis ragi (ragi tape), suhu fermentasi dan suhu distilasi (78-80°C).

### Cara Kerja

#### Pembuatan serbuk kulit pisang

Bahan baku kulit pisang yang dipersiapkan dicuci bersih, selanjutnya dipotong/diris menggunakan pisau atau alat pemotong yang lain. Hasil potongan kemudian dijemur dan dioven suhu 65 - 80°C selama 2 jam. Setelah itu hasil potongan diblender dan dioven kembali pada suhu 65 - 80°C selama 1 jam hingga diperoleh serbuk kulit pisang kepok.

#### Proses hidrolisa

Serbuk kulit pisang kepok ditimbang seberat 200 gram, kemudian ditambahkan larutan asam klorida 0,5 N sebanyak 1500 ml. Larutan serbuk kulit pisang kepok tersebut dimasukkan kedalam labu erlemeyer dan dipanaskan pada temperatur 100°C selama 1 jam serta dilakukan pengadukan menggunakan pengaduk kaca.

#### Proses fermentasi

##### 1. Pembuatan medium fermentasi

Larutan hasil hidrolisa dimasukkan kedalam erlemeyer dan dilakukan pengaturan pH larutan sampai pH 4,5 menggunakan NaOH.

##### 2. Proses fermentasi

Larutan medium fermentasi ditambah dengan ragi tape sebanyak 10% dari volume larutan kedalam erlemeyer dan diaduk menggunakan pengaduk kaca. Campuran dimasukkan kedalam botol fermentasi secara anaerob selama 2 - 5 hari. Botol fermentasi ditutup rapat dan dihubungkan dengan selang plastik yang dimasukkan ke dalam botol yang berisi air.

### Distilasi

Larutan fermentasi yang sudah disaring kemudian dimasukkan ke dalam alat distilasi. Diketahui titik didih etanol murni adalah 78°C. Maka proses distilasi dilakukan pada suhu 78-80°C. Pada suhu tersebut etanol akan menguap, tetapi air tidak menguap. Uap etanol dialirkan ke distilator dan bioetanol akan keluar dari pipa pengeluaran sebagai distilat.

### Analisis kadar etanol dari kulit pisang kepok

Kadar etanol pada sampel kulit pisang kepok ditentukan dengan menggunakan peralatan analisis GC-MS (*Gas Chromatography - Mass Spectrometry*). Analisis GC-MS bertujuan mengetahui kadar, jenis dan komposisi dari komponen yang terdapat dalam sampel.

### Uji densitas bioetanol (Saputri, 2010)

Densitas bioetanol ditentukan dengan menimbang sejumlah tertentu sampel larutan. Dari hasil penimbangan dapat diketahui volume larutan dan massa larutan, sehingga densitas bioetanol dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Dengan:  $\rho$  = densitas bioetanol (gr/mL)  
 $m$  = massa bioetanol (gram)  
 $v$  = volume bioetanol ( mL)

### Uji viskositas bioetanol (Saputri, 2010)

Viskositas bioetanol dapat ditentukan dengan menggunakan viskometer. Dengan viskometer dapat diketahui waktu yang ditempuh larutan untuk mencapai garis batas bawah, sehingga viskositas bioetanol dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$\mu \text{ bioetanol} = \frac{\rho \text{ bioetanol} \times t \text{ bioetanol}}{\rho \text{ air} \times t \text{ air}} \times \mu \text{ air} \quad (2)$$

Dengan:  $\mu$  = viskositas (g/cm.s)  
 $\rho$  = densitas (g/cm<sup>3</sup>)  
 $t$  = waktu (s)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan bioetanol dari hasil sintesis kulit pisang kepok yang dilakukan dalam skala laboratorium. Proses sintesis kulit pisang kepok menjadi bioetanol terdiri dari proses pembuatan serbuk, proses hidrolisa, proses fermentasi dengan variasi waktu fermentasi hari kedua, ketiga, empat dan kelima dan dilanjutkan dengan proses distilasi. Kulit pisang kepok awalnya dikeringkan dan dijadikan serbuk untuk proses hidrolisa. Proses

hidrolisa ini menggunakan HCl 0,5 N sebagai katalis dengan perbandingan serbuk dengan HCl 1:7,5. Larutan hasil hidrolisa ini difermentasi dengan menggunakan ragi tape. Hasil fermentasi disaring dan filtratnya kemudian didistilasi untuk menghasilkan distilat yaitu berupa bioetanol yang selanjutnya dipakai untuk pengujian kadar dan kandungannya dengan metode GC-MS. Bioetanol dengan kadar tertinggi akan diuji sifat fisiknya yaitu pengujian viskositas, pengujian densitas dan pengamatan nyala api.

### Pembuatan serbuk kulit pisang

Sintesis kulit pisang kepok menjadi bioetanol dimulai dengan membuat serbuk kulit pisang kepok. Kulit pisang kepok yang telah matang awalnya dikumpulkan dan dicuci bersih dari kotoran yang menempel. Pada penelitian ini, kulit pisang yang dikumpulkan sebanyak 14 kg. Kulit pisang ini dipotong kecil-kecil dengan pisau lalu jemur  $\pm$  3 hari dibawah sinar matahari. Setelah dijemur, berat kulit pisang berkurang menjadi 1,9 kg.

Hasil kulit pisang yang telah dijemur lalu dipanaskan dalam oven *thermo scientific* untuk menghilangkan kadar airnya dengan suhu antara 65-80°C. Kulit pisang yang dipanaskan ini ditimbang setiap jam sampai beratnya konstan yang menandakan bahwa kulit pisang telah kering dari kandungan airnya. Pemanasan di oven ini dilakukan selama 2 jam. Sampel ini kemudian diblender hingga halus dan diayak sehingga diperoleh serbuk kulit pisang kepok. Hasil serbuk kulit pisang ditimbang beratnya kemudian dioven kembali untuk menghilangkan kadar air yang mungkin masih ada dan kembali dilakukan penimbangan sampai beratnya konstan. Pemanasan serbuk kulit pisang kepok ini dengan suhu 65-80°C selama 1 jam. Hasil serbuk kulit pisang kepok dengan berat yang sudah konstan ditimbang seberat 200 gr dan dikemas dalam plastik sampel.

### Proses hidrolisa

Proses hidrolisa bertujuan untuk mengkonversi gula kompleks menjadi gula sederhana. Proses hidrolisa serbuk kulit pisang kepok dengan katalis HCl 0,5 N dilakukan pada suhu 100°C diatas *hot plate* selama 1 jam dengan mencampurkan 200 gr serbuk kulit pisang dan 1500 mL HCl. Selama proses hidrolisa dilakukan pengadukan dengan pengaduk kaca.

Pada proses hidrolisa, perubahan fisik yang terlihat yaitu warna larutan yang awalnya

cokelat muda berubah menjadi cokelat kemerah-merahan. Tercampurnya larutan pada proses hidrolisa ditandai dengan mengentalnya larutan dan tidak ada lagi gumpalan serbuk dalam larutan. Volume larutan hidrolisa juga berkurang dari  $\pm$ 1750 mL menjadi 1500 mL. Proses hidrolisa ini dilakukan 4 kali untuk variasi pada waktu fermentasi.

Larutan hasil hidrolisa didinginkan dan disaring untuk memisahkan larutan dari ampasnya. Setelah disaring, dilakukan pengukuran pH larutan dengan menggunakan pH meter. PH larutan hidrolisa ini harus diantara 4-5 sesuai syarat hidup *Saccharomyces cerevisiae* untuk itu perlu dilakukan kontrol pH dengan NaOH.

Tabel 1. PH larutan hidrolisa

No	Nama Larutan	pH larutan hasil kontrol NaOH	
		Awal	Akhir
1	Larutan Hidrolisa 1	1,51	4,52
2	Larutan Hidrolisa 2	1,08	4,50
3	Larutan Hidrolisa 3	1,10	4,65
4	Larutan Hidrolisa 4	0,94	4,52

Hasil kontrol pH dengan NaOH akan membentuk endapan pada larutan sehingga perlu untuk dilakukan penyaringan ulang. Filtrat larutan ini yang akan dicampurkan ragi untuk fermentasi.

### Proses fermentasi

Proses fermentasi dilakukan dengan mencampurkan filtrat hidrolisa hasil kontrol NaOH dengan ragi *Saccharomyces cerevisiae* dalam hal ini ragi tape. Tujuan fermentasi ini adalah untuk mengubah gula sederhana (glukosa) hasil hidrolisa menjadi etanol. Ragi tape ditimbang sebanyak 10% dari larutan filtrat dan dilarutkan dalam air hangat dengan suhu  $\pm$ 37°C sebanyak 200 mL untuk aktivasi ragi.

Filtrat larutan dimasukan dalam fermentor (media fermentasi) yang dibuat dari galon ukuran 5 Liter kemudian dicampurkan dengan ragi yang telah dilarutkan. Fermentor ditutup rapat untuk menjaga proses fermentasi secara anaerob dengan sambungan selang pada tutup fermentor yang terhubung ke botol berisi air untuk menangkap CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub> merupakan produk sampingan fermentasi yang tidak diperlukan. Dengan keluarnya CO<sub>2</sub> ini maka akan muncul gelembung udara pada botol yang berisi air sebagai tanda berjalannya proses fermentasi.

Fermentasi dilakukan dengan 4 variasi waktu yaitu fermentasi hari ke-2, hari ke-3, hari ke-4 dan hari ke-5 untuk mengetahui pada hari keberapa dihasilkan etanol dengan kadar tertinggi.

Pada akhir proses fermentasi akan terbentuk 2 lapisan dengan lapisan lumpur ragi pada bagian bawah dan hasil fermentasi pada bagian atas sehingga perlu dilakukan penyaringan untuk memisahkan hasil fermentasi tersebut. Larutan hasil fermentasi ini juga mengalami perubahan warna dari coklat menjadi kuning kecokelat-cokelatan.

### Proses distilasi

Proses selanjutnya adalah proses distilasi. Proses distilasi ini dilakukan untuk memisahkan etanol hasil fermentasi dari air dengan cara memanaskan cairan hasil fermentasi. Diketahui etanol akan menguap pada suhu 78°C sedangkan air pada suhu 100°C sehingga proses distilasi dilakukan pada suhu 78-80°C untuk mencegah air ikut menguap.

Distilat yang dihasilkan bening tidak berwarna yang kemudian ditampung kedalam penampung distilat sebanyak 200 mL untuk dilakukan pengujian sifat-sifat fisik dan analisis kadar serta kandungannya.

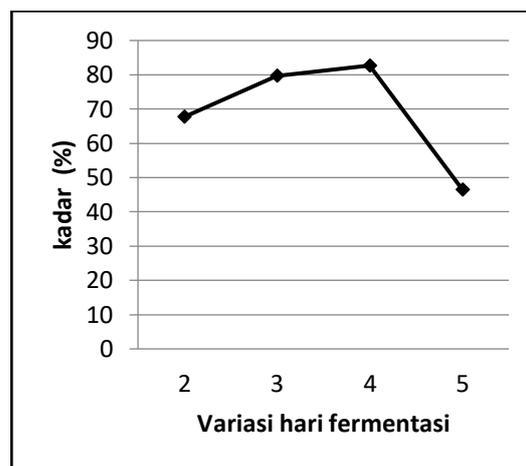
### Kadar etanol

Distilat dari keempat sampel bioetanol hasil sintesis kulit pisang kepok di uji kadar dan kandungan senyawanya dengan analisis GC-MS (*Gas Chromatograph - Mass Spectrometry*). Banyaknya senyawa yang terkandung ditunjukkan oleh *peak* (puncak) pada kromatogram GC dengan kadar senyawa ditunjukkan dari presentase area (% area) pada analisis GC. Untuk jenis senyawa yang terkandung ditunjukkan dengan *similarity index* (SI) pada hasil analisis MS. *Similarity index* (SI) yaitu indeks keserupaan antara senyawa yang diuji dengan senyawa tertentu.

**Tabel 2.** Hasil pengujian GC-MS

No	Sampel fermentasi	Bioetanol	
		Waktu retensi (menit)	Area (%)
1	Hari ke-2	3.404	67.75
2	Hari ke-3	3.409	79.70
3	Hari ke-4	3.412	82.70
4	Hari ke-5	3.435	46.44

Hasil pengujian GC-MS ini menunjukkan bahwa sintesis kulit pisang kepok dengan variasi hari fermentasi, semuanya menghasilkan etanol dan disamping itu terdapat pula senyawa lain yang muncul sebagai hasil sampingan. Kadar etanol dari sintesis kulit pisang kepok semakin naik mulai dari fermentasi hari kedua hingga puncaknya pada hari keempat memiliki kadar terbaik 82,70% dan kembali turun pada hari kelima. Hubungan variasi hari fermentasi dan kadar etanol dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini.



**Gambar 1.** Grafik hubungan variasi hari fermentasi terhadap kadar etanol

### Sifat-sifat bioetanol dari kulit pisang kepok

Bioetanol dengan kadar tertinggi 82,70% yaitu untuk variasi fermentasi hari keempat kemudian dilakukan uji sifat-sifat bioetanol.

#### 1. Uji Densitas

Densitas atau massa jenis dari bioetanol ditentukan dengan menimbang sampel larutan bioetanol dengan volume tertentu. Volume larutan yang diukur yaitu 1 mL sedangkan massa larutan yaitu 0,8968 gram. Maka densitas bioetanol ( $\rho$ ) dihitung menggunakan persamaan (1) menjadi :

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{0,8968}{1} = 0,8968 \text{ gr/mL}$$

Densitas bioetanol hasil pengujian yang diperoleh yaitu 0,8968 gr/mL.

#### 2. Uji Viskositas

Pengujian viskositas bioetanol dilakukan dengan menggunakan alat viskometer oswald. Cara pengujian dengan viskometer oswald yaitu dengan membandingkan dua jenis fluida yaitu air dan bioetanol seperti ditunjukkan pada persamaan (2). Kedua cairan masing-masing dimasukan kedalam viskometer oswald.

Karena kekentalan kedua cairan berbeda maka waktu yang diperlukan untuk mengalirkan kedua cairan ini pun berbeda. Waktu alir cairan menuju batas bawah pada viskometer oswald ini yang kemudian dicatat, sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{masa jenis } (\rho \text{ bioetanol}) &= 0,8968 \text{ gr/mL} \\ \text{masa jenis } (\rho \text{ air}) &= 1,1561 \text{ gr/mL} \\ \text{waktu alir } (t \text{ bioetanol}) &= 115,64 \text{ s} \\ \text{waktu alir air } (t \text{ air}) &= 119 \text{ s} \end{aligned}$$

Diketahui viskositas air ( $\mu$  air) adalah 0,001 cP. Maka, viskositas bioetanol dihitung dengan persamaan (2), menjadi :

$$\begin{aligned} \mu \text{ bioetanol} &= \frac{\rho \text{ bioetanol} \times t \text{ bioetanol}}{\rho \text{ air} \times t \text{ air}} \times \mu \text{ air} \\ &= \frac{0,8968 \times 115,64}{1,1561 \times 119} \times (0,001) \\ &= \frac{103,7059}{137,5759} \times (0,001) \\ &= 0,000753 \text{ cP} \\ &= 0,0753 \text{ P} \end{aligned}$$

Viskositas bioetanol hasil pengujian yang diperoleh yaitu 0,0753 P.

### 3. Pengamatan Nyala Api

Pengujian warna api pembakaran bioetanol ini dilakukan dengan meneteskan larutan bioetanol pada bidang porselen kemudian dibakar dengan api. Hasil warna api dari pengujian pembakaran bioetanol menunjukkan warna api biru yang muncul pertama kali kemudian menjadi biru dengan api kuning pada bagian atas dan sedikit api merah. Warna api biru menunjukkan adanya pembakaran etanol, sedangkan warna kuning sampai merah menunjukkan pembakaran air. Diakhir pembakaran warna api kembali menjadi api biru lalu api padam.

Setelah pembakaran selesai, bioetanol habis terbakar dengan sedikit cairan yang tersisa. Cairan yang tersisa ini kemungkinan adalah air.

Sifat-sifat bioetanol hasil sintesis kulit pisang kepok dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

**Tabel 3.** Sifat-sifat bioetanol hasil sintesis kulit pisang kepok

No	Parameter	Hasil penelitian
1	Rumus Kimia	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
2	Kadar	82,7 sebelum denaturasi
3	Densitas (gr/mL)	0,8968
4	Viskositas pada 20° (Poise)	0,0753
5	Tampakan	Jernih dan terang, tidak ada endapan dan kotoran

6	Uji nyala api	Api biru menunjukkan adanya bioetanol yang terbakar
---	---------------	---

## PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa kulit pisang kepok dapat disintesis menjadi bioetanol dalam skala laboratorium melalui beberapa proses yaitu dimulai dengan pembuatan serbuk kulit pisang kepok, proses hidrolisa dengan katalis HCl 0,5 N, proses fermentasi dengan *saccharomyces cerevisiae* dalam ragi tape dan proses distilasi. Pengujian kadar etanol hasil penelitian dilakukan dengan menggunakan instrumen GC-MS (*Gas Chromatograph -Mass Spectrometry*) dan memperoleh bioetanol dengan kadar tertinggi pada sampel fermentasi hari keempat yaitu 82,7%. Sampel dengan kadar tertinggi ini kemudian diuji sifat-sifatnya yaitu tampakan jernih, terang dan tidak ada endapan, densitas yang diperoleh yaitu 0,8968 gr/mL, viskositas pada 20<sup>0</sup> pada hasil penelitian diperoleh 0,0753 Poise dan nyala api hasil pembakaran biru yang menunjukkan terjadi pembakaran bioetanol.

Untuk penelitian selanjutnya penulis sarankan untuk dilakukan distilasi bertingkat agar dapat diperoleh etanol dengan kadar yang lebih tinggi serta perlu dilakukan uji nilai kalor terhadap bioetanol yang dihasilkan. Selanjutnya, tempat penampungan bioetanol sebaiknya sesuai dengan volume bioetanol untuk mencegah bereaksinya etanol dengan udara luar (oksigen) yang dapat merusak etanol.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Bapak Fani K. Y. Serangmo, S.T., M.T. dan Bapak Imanuel Gauru, S. Si., M. Si. sebagai dosen pembimbing, serta seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana.

## DAFTAR PUSTAKA

Budhiutami, Lita. 2011. *Optimalisasi Produksi Bioetanol Dari Sampah Organik Dengan Pretreatment Kimiawi Dan Fermentasi Oleh Saccharomyces cerevisiae*. UPI. Jakarta.

Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Direktorat Jenderal Minyak Dan Gas Bumi. 2008. **Keputusan Direktur Jenderal Minyak Dan Gas Bumi Nomor: 23204.K/10/Djm.S/2008 Tentang Standar Dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Jenis Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Lain Yang Dipasarkan Di Dalam Negeri.**

Dewati, Retno, 2008. **Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Ethanol.** Cetakan 1. UPN Press. Surabaya.

Dilapanga, Shinta, dkk. 2013. **Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Menjadi Etanol Dengan Cara Hidrolisis Dan Fermentasi Menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae*.** Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas Matematika dan IPA. Universitas Negeri Gorontalo.

Nugroho, Triadi, ST. 2010. **Peluang Besar Usaha Membuat Bensin Dan Solar Dari Bahan Nabati.** Pustaka Baru Press. Jogjakarta.

Nurdyastuti, Indyah. 2006. Teknologi Proses Produksi Bio-Ethanol. Dalam H. Suharyono (Ed.). **Prospek Pengembangan Bio-Fuel Sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Konversi dan Konservasi Energi. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.** CV Nuansa Cipta Warna. Jakarta. hal.75-83.

Prihandana, Rama, dkk. 2007. **Bioetanol Ubi Kayu: Bahan Bakar Masa Depan.** Agromedia Pustaka. Jakarta.

Rismunandar.1989. **Bertanam Pisang.** Sinar Baru. Bandung

Saputri, Ire Resdiana, 2010. **Pembuatan Bioetanol Dari Ubi Jalar Putih (*Ipomoea Batatas L.*) Menggunakan Fermentasi Ragi Roti.** Program studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Semarang. Skripsi.