

Juli,2019

## **Pengolahan Limbah Kulit Singkong sebagai Bahan Bakar Bioetanol melalui Proses Fermentasi**

Oleh:

Pramestika Widyastuti

Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang

email : pramestikawidya99@gmail.com

### **ABSTRAK**

Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif dan dianggap ramah lingkungan karena bahan baku yang berasal dari sumber pati (jagung, ubi kayu, sorgum, dan lain-lain). Kulit singkong merupakan salah satu limbah yang dapat dijadikan sebagai sumber energi berupa etanol. Bioetanol dapat dihasilkan melalui proses fermentasi dengan bantuan mikroorganisme. Hasil dari fermentasi kulit singkong adalah kadar glukosa sebesar 9,9% dengan etanol tertinggi sebesar 6,00% pada waktu fermentasi 8 hari.

**Kata kunci** : Limbah kulit singkong, bioetanol, fermentasi

### **1. PENDAHULUAN**

Di Indonesia konsumsi akan Bahan Bakar Minyak (BBM) mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, hal ini berbanding terbalik dengan ketersediaannya. Menurut data ESDM (2006) cadangan minyak Indonesia hanya tersisa sekitar 9 miliar barel. Sedangkan konsumsi BBM masyarakat Indonesia mencapai 1,3 juta/ barel, Apabila dikonsumsi secara terus menerus, tanpa ditemukannya cadangan minyak terbaru, maka minyak akan habis dalam kurun waktu beberapa tahun mendatang. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsumsi masyarakat terhadap BBM, dengan memanfaatkan bahan bakar alternatif yang bersifat terbarukan dan konservasi energi.

Bioetanol dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar minyak (BBM) tergantung dengan tingkat kemurniannya. Bio-etanol dengan kadar 95-99% dapat dipakai sebagai bahan substitusi premium (bensin), sedangkan kadar 40% dipakai sebagai bahan substitusi minyak tanah (Bustaman,2008). Menurut Costello and Chun (1988) dalam (Artiyani dan Soedjono,2011), Bioetanol salah satu bahan bakar alternatif yang mempunyai kelebihan dibandingkan BBM. Berdasarkan siklus karbon, bioetanol dianggap lebih ramah lingkungan karena CO<sub>2</sub> yang dihasilkan akan diserap oleh tanaman, selanjutnya tanaman tersebut digunakan sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar, dan seterusnya sehingga tidak terjadi akumulasi karbon di atmosfer. Bioetanol adalah etanol yang dibuat dari biomassa (tanaman) melalui proses biologi (enzimatik atau fermentasi). Bahan baku bioetanol dapat berasal dari biomassa sumber pati (jagung, ubi kayu, sorgum, dan lain-lain), sumber gula (molasses, nira tebu, nira kelapa, dan nira dari berbagai tanaman lain), dan sumber selulosa (onggok, jerami padi, ampas tebu, tongkol jagung, dan lain-lain sebagainya) (Mulyono dkk, 2011).

Menurut Supriyanto (2006) dalam (Ginting dkk,2009) tanaman ubi kayu ditinjau dari aspek bahan baku, aspek teknologi, aspek lingkungan, serta aspek komersial lebih menjanjikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol dibandingkan tetes tebu. Beberapa pertimbangan digunakannya ubi kayu sebagai bahan baku etanol: a) Ubi kayu sudah sejak lama dikenal dan dibudidayakan secara turun-menurun oleh sebagian besar masyarakat Indonesia. Diharapkan dengan berkembangnya industri bioetanol, harga ubi kayu akan meningkat sehingga

pendapatan petani meningkat pula, b) ubi kayu telah tersebar di Indonesia di sentra- sentra produksi di 55 kabupaten dan 36 provinsi, tetapi produktivitasnya masih rendah. Dengan program pengembangan BBN, akan terjadi peningkatan produktivitas dan penumbuhan agroindustri di pedesaan, c) berkembangnya industri bioetanol di pedesaan akan lebih menjamin stabilitas harga ubi kayu, d) penggunaan ubi kayu sebagai bahan baku akan lebih menjamin *security of supply* bahan bakar berbasis masyarakat, e) ubi kayu merupakan tanaman yang mempunyai tingkat toleransi tinggi terhadap tanah dengan tingkat kesuburan rendah dan mampu berproduksi baik pada lahan sub-optimal Prihanda *et al* (2007) .

Singkong merupakan salah satu tanaman yang memiliki sumber pati cukup tinggi. Sebagian masyarakat umum mengolah ubi kayu untuk memproduksi tepung tapioka atau untuk dijadikan sebagai pengganti makanan pokok. Selain dari umbinya, limbah kulit ubi kayu juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar bioetanol. Kulit singkong mengandung karbohidrat cukup tinggi (Rukmana, 1997). Tanaman ubi kayu banyak tumbuh di Indonesia karena singkong tergolong tanaman tropis. Namun masyarakat hanya mengelola umbi singkong dan kulit ubi kayu yang tersedia dalam jumlah yang banyak belum dimanfaatkan secara maksimal. Beberapa masyarakat hanya memanfaatkan kulit singkong sebagai pakan ternak. Penggunaan singkong sebanyak 18,9 juta ton per tahun. Berarti limbah kulit dalam yang berwarna putih dapat mencapai 1,5-2,8 juta ton sedangkan limbah kulit luar yang berwarna coklat mencapai 0,04-0,09 juta ton Hikmiyati dan Yantie (2008) dalam (Erna dkk, 2016). Kulit singkong dapat dijadikan sumber energi berupa etanol.

Khamir yang sering digunakan pada proses fermentasi etanol secara industri adalah *Saccharomyces cerevisiae*, *S. uvarum*, *Schizosaccharomyces* sp., dan *Kluyveromyces* sp (Fitriani dkk, 2013). Fermentasi alkohol merupakan salah satu cara untuk memproduksi alkohol (etanol) melalui batuan mikroorganisme.

## **2. METODE PENELITIAN**

Bahan yang digunakan kulit singkong kondisi segar, aquades, NaOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, reagen. Khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Trichoderma viride*. Sedangkan alat yang digunakan erlenmeyer, gelas kimia, neraca analitik, labu ukur, gelas ukur, pipet tetes, corong, penangas listrik, pH meter, batang pengaduk, aluminium foil, kertas saring, lumpang dan alu, ayakan No.120 mesh, magnet stirrer, oven, pompa vakum, blender, 1 set evaporator, alkoholmeter dan spektrofotometer UV-vis. Prosedur kerja yang dikembangkan merupakan tahap-tahap produksi bioetanol dari kulit singkong yang telah dilaksanakan oleh (Artiyani & Soedjono, 2011) dan (Erna dkk, 2016).

### **A. Tahap Pendahuluan**

Kulit singkong segar dicuci, dikeringkan 24 jam dan dilanjutkan dengan oven pada suhu  $\pm 105^{\circ}\text{C}$  selama 16 jam, penghalusan 120 mesh (Iranmahboob et al, 2002).

### **B. Tahap Pretreatment**

*Pretreatment* dilakukan dengan cara serbuk kulit singkong direndam dengan NaOH 1%; 5% dan 10% selama 24 jam dimana tiap perlakuan terdiri dari 180 gram berat kering kulit singkong/2160ml aquadest (Uduak et al., 2008). Kemudian diaduk dan dipanaskan pada suhu  $160^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit. Selanjutnya larutan disaring menggunakan kertas saring. Residu hasil penyaringan dicuci dengan aquades sampai diperoleh pH netral lalu dikeringkan menggunakan oven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam. Residu diuji kadar selulosa dan pati. Hasil yang terbaik padatan kulit singkongnya digunakan sebagai substrat dalam hidrolisis.

### **C. Tahap Hidrolisis**

Hasil delignifikasi selanjutnya dilakukan proses hidrolisis dengan menimbang 15 gram dari hasil ayakan pada tahap delignifikasi sebanyak 4 kali perlakuan. Masing-masing sampel tersebut dimasukkan ke dalam gelas kimia dan ditambahkan dengan larutan HCl 15%, HCl 7%,

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 15% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 7% sebanyak 180 mL lalu dipanaskan pada suhu 100°C selama 2 jam. Larutan disaring dengan menggunakan kertas saring. Filtrat yang diperoleh diukur kadar glukosanya dengan menggunakan spektrometer UV-vis.

#### D. Tahap Fermentasi

Proses fermentasi dilakukan dengan mengambil sebanyak 160 mL filtrat dari hasil hidrolisis ditambahkan dengan larutan NaOH 6 M hingga pH-nya menjadi 4,5. Kemudian ditambahkan dengan 14 gram ammonium sulfat dan 14 gram NH<sub>3</sub>SO<sub>4</sub> lalu dipasteurisasi pada suhu 80 oC selama 15 menit. Setelah itu, ditambahkan dengan ragi (*Sacharomyces cerevisiae*) sebanyak 14 gram lalu larutan dibagi larutan menjadi 4 bagian dan ditutup dengan aluminium foil kemudian didiamkan selama 4 hari, 6 hari dan 8 hari dan 10 hari pada suhu 27-30 oC.

#### D. Tahap Pemisahan

Proses pemisahan dilakukan dengan memasukkan hasil fermentasi ke dalam erlenmeyer dan dipasang pada rangkaian alat evaporator. Pada proses ini dilakukan pemanasan pada suhu 78 oC. Kemudian masing-masing larutan hasil evaporasi ditentukan kadar etanol dengan menggunakan alkohol meter.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pretreatment dilakukan untuk mengurangi kadar lignin, hemiselulosa dan mengurangi selulosa kristal serta menaikkan porositas bahan (Sun dan Cheng, 2002). Penghalusan kulit singkong merupakan pretreatment mekanik (Laser, 2001), Hasil analisis awal seperti dalam Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1 Analisa Awal Kandungan Kulit Singkong

| No    | Komponen     | Kandungan (%) |
|-------|--------------|---------------|
| 1.    | Selulosa     | 43,626        |
| 2.    | Pati/amilum  | 36,580        |
| 3.    | Hemiselulosa | 10,384        |
| 4.    | Lignin       | 7,646         |
| 5.    | Lainnya      | 1,764         |
| Total |              | 100 %         |

Dari table 1 menunjukan bahwa kulit singkong memiliki kandungan pati dan selulosa yang cukup tinggi, hal ini berpotensi sebagai bahan baku bioetanol. Sampel kulit singkong pada tahap pendahuluan *dipretreatment* untuk menghilangkan lignin karena lignin merupakan polimer yang memiliki dinding yang kokoh sehingga dapat menghambat proses hidrolisis dan menghambat pertumbuhan mikroba dalam proses fermentasi (Gunam dkk., 2010).

Serbuk kulit singkong dari hasil delignifikasi dicuci kemudian dioven pada suhu 105°C selama 2 jam untuk menghilangkan kadar air dan selanjutnya dihaluskan kembali untuk dihidrolisis. Proses hidrolisis dilakukan sebanyak 4 kali perlakuan dengan masing-masing ditambahkan larutan HCl 15%, HCl 7%, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 15% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 7%. Penggunaan jenis dan konsentrasi asam yang berbeda adalah untuk mengetahui asam yang baik untuk menghidrolisis pati. Hidrolisis dilakukan selama 2,5 jam pada suhu 100°C. Hidrolisis menyebabkan perubahan warna pada sampel.

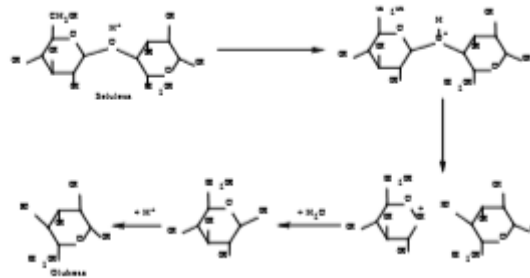
Tabel 2. Perubahan warna larutan setelah hidrolisis

| No. | Konsentrasi Asam                    | Warna       |
|-----|-------------------------------------|-------------|
| 1.  | HCl 15 %                            | Coklat Tua  |
| 2.  | HCl 7 %                             | Coklat muda |
| 3.  | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 15 % | Coklat Tua  |
| 4.  | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 7 %  | Coklat muda |

Perubahan warna karena selulosa telah diubah menjadi glukosa dan perbedaan perubahan warna disebabkan oleh perbedaan kekuatan hidrolisis dari masing-masing asam. Tabel 2 menunjukkan kadar glukosa maksimum dari hasil hidrolisis yaitu pada HCl 15% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 15% yang ditandai dengan filtrat berwarna coklat tua. Hal ini disebabkan telah terjadi

degradasi sempurna hemiselulosa maupun selulosa menjadi glukosa. Tetapi konsentrasi asam yang tinggi akan mempengaruhi kekuatan hidrolisis asam yang menyebabkan terjadinya degradasi lanjut hemiselulosa dan selulosa menjadi karbon. HCl 7% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 7% belum terjadi degradasi sempurna hemiselulosa maupun selulosa menjadi glukosa yang ditandai dengan filtrat berwarna coklat muda (Ariyani dkk., 2013).

Hidrolisis tujuannya untuk mendapatkan glukosa. Gugus H<sup>+</sup> dari HCl dalam proses hidrolisis akan mengubah serat dari kulit singkong menjadi suatu gugus radikal bebas. Gugus radikal bebas tersebut akan berikatan dengan gugus OH<sup>-</sup> dari molekul air dan menghasilkan glukosa. Jumlah glukosa yang dihasilkan bergantung pada konsentrasi larutan penghidrolisis yang digunakan. Mekanisme yang terjadi pada proses hidrolisis kulit singkong dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 1



Gambar 1. Mekanisme Reaksi Hidrolisis Kulit Singkong (Xiang dkk., 2003)

Filtrat dari hasil hidrolisis dianalisis kadar glukosanya untuk mengetahui asam yang paling baik digunakan dalam proses hidrolisis. Pada penelitian ini analisis kadar glukosa menggunakan metode anthrone yang merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan kadar gula pereduksi dengan menggunakan pereaksi anthrone. Metode anthrone menggunakan larutan standar dan larutan blangko. Pembuatan larutan standar dengan melarutkan 0,2 mg glukosa standar dalam 100 mL aquades. Kemudian membuat deret glukosa yaitu 0 ppm, 40 ppm, 80 ppm dan 100 ppm untuk memperoleh kurva standar. Selanjutnya membuat larutan blangko sebanyak 4 kali perlakuan lalu masing-masing larutan tersebut diambil sebanyak 1 mL kemudian ditambahkan pereaksi anthrone sebanyak 5 mL dan dipanaskan selama 12 menit lalu didinginkan dalam wadah berisi air selanjutnya diukur absorbansi larutan pada panjang gelombang 630 nm dengan menggunakan Spektrometer UV-Vis. Hasil pengukuran kadar glukosa secara spektrofotometer dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis kadar glukosa hasil hidrolisis

| No. | Hidrolisis                          | Glukosa (%) |
|-----|-------------------------------------|-------------|
| 1.  | HCl 15 %                            | 9,9         |
| 2.  | HCl 7 %                             | 0,6         |
| 3.  | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 15 % | 5,9         |
| 4.  | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 7 %  | 7           |

Sampel dengan kadar glukosa tertinggi dari hasil hidrolisis yaitu 9,9% difermentasi untuk memperoleh etanol. Sebelum dilakukan fermentasi filtrat hasil hidrolisis dinaikkan pHnya hingga pH mencapai 4,5 sesuai dengan pendapat (Azizah dkk., 2012) bahwa kisaran pertumbuhan mikroba *Saccharomyces cerevisiae* yaitu pH 3,5-6,5 dan pada pH 4,5 adalah kondisi pH yang optimal. Selanjutnya sampel ditambahkan masing-masing 14 gram urea dan ammonium sulfat. Mikroba yang digunakan pada proses fermentasi yaitu ragi *Saccharomyces cerevisiae* sebesar 14 gram dengan terlebih dahulu dilakukan penambahan masing-masing 14 gram urea dan ammonium sulfat sebagai nutrisi dalam proses fermentasi. Selanjutnya campurannya dipasteurisasi dalam penangas air dengan menggunakan suhu 30 oC selama 30 menit untuk menambah daya simpan larutan. Selanjutnya filtrat dibagi dalam 4 bagian untuk

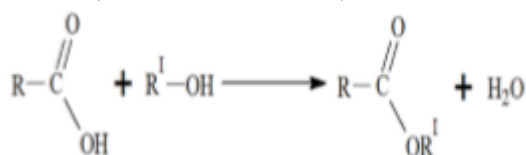
difermentasi dengan variasi hari yaitu 4 hari, 6 hari, 8 hari dan 10 hari. Variasi hari dilakukan untuk mengetahui lama penyimpanan yang baik untuk menghasilkan kadar etanol. Mikroba *Saccharomyces cerevisiae* akan tumbuh optimal dalam kisaran suhu 30-35 oC dan puncak produksi alkohol dicapai pada suhu 33 oC. Suhu yang terlalu rendah akan menyebabkan fermentasi berlangsung lambat, dan pada suhu yang terlalu tinggi menyebabkan mikroba *Saccharomyces cerevisiae* akan mati sehingga proses fermentasi tidak dapat berlangsung (Azizah dkk., 2012). Lama fermentasi dipengaruhi oleh beberapa faktor baik yang secara langsung maupun yang tidak langsung berpengaruh terhadap proses fermentasi antara lain substrat, suhu, pH, oksigen, dan mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi tersebut (Kunaepah, 2008). Penelitian ini menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* karena mikroba *Saccharomyces cerevisiae* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan mikroba lain, *Saccharomyces cerevisiae* dapat menghasilkan alkohol hingga 2% dalam 72 jam (O'Leary dkk., 2004).

Hasil fermentasi dipisahkan dengan menggunakan evaporator, proses pemisahan dilakukan pada suhu 79 oC dengan bertujuan untuk memisahkan suatu cairan dari campurannya berdasarkan titik didihnya. Senyawa yang menguap terlebih dahulu adalah etanol karena memiliki titik didih paling rendah yaitu 78,3 oC. Dibandingkan dengan pelarutnya seperti air yaitu 100 oC (Artiyani & Soedjono, 2011). Selanjutnya dilakukan pengukuran kadar etanol dengan menggunakan alkohol meter. Hasil pengukuran kadar etanol dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Analisis kadar etanol hasil fermentasi

| No. | Hari Fermentasi | Kadar Etanol (%) |
|-----|-----------------|------------------|
| 1.  | 4               | 4,50             |
| 2.  | 6               | 5,20             |
| 3.  | 8               | 6,00             |
| 4.  | 10              | 4,00             |

Berdasarkan Tabel 4. Dilihat bahwa terjadi peningkatan kadar etanol dari hari ke-4, hari ke-6 sampai hari ke-8 hal ini menunjukkan bahwa semakin lama fermentasi maka kadar etanol yang dihasilkan semakin tinggi karena pertumbuhan mikroba yang semakin cepat. Hari ke-10 terjadi penurunan kadar etanol karena pada fermentasi lanjut etanol telah dikonversi menjadi senyawa lain seperti asam karboksilat dan lebih lanjut dikonversi menjadi ester. Hal ini sesuai mekanisme reaksi perubahan alkohol dan asam karboksilat menjadi ester seperti yang ditunjukkan pada reaksi berikut (Prismasiswa, 2014):



#### 4. KESIMPULAN

Fermentasi kulit singkong menghasilkan kadar glukosa sebesar 9,9% dengan etanol tertinggi sebesar 6,00% pada waktu fermentasi 8 hari.

#### DAFTAR PUSTAKA

Ariyani, E., Ekusumo, E., & Supartono. (2013). *Produksi bioetanol dari jerami padi (oryza sativa l.)*. Jurnal Institut Teknologi Nasional, 2(2), 168 – 172.

- Artiyani, A., & Soedjono, E. S. (2011). *Bioetanol dari limbah kulit singkong melalui proses hidrolisis dan fermentasi dengan saccharomyces cerevisiae*. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XIII. Surabaya: FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- 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.
- Bustaman, S. 2008. *Strategi Pengembangan Bioetanol Berbasis Sagu di Maluku*. Balai Besar Pengkajian dan pengembangan Teknologi Pertanian Bogor. 7 (2) : 65-79.
- Costello. R., dan Chum. H. (1988), "*Biomass Bioenergy and Carbon Management*", In Bioenergy '98: Expanding Bioenergy Partnerships" (D. Wichert. Ed.), hal. 1117. Omnipress. Madison. WI.
- Erna, Said, I., & Abram, P.H. 2016. *Bioetanol dari limbah kulit singkong (Manihot esculenta Crantz) melalui proses fermentasi*. J. Akademika Kim. 5(3): 121-126
- Fitriani, Bahri, S., & Nurhaeni. (2013). *Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (Zea Mays) dari Hasil Proses Delignifikasi*. Online Jurnal of Natural Science, Vol 2 (3) : 66-74
- Gunam, I. B. W., Buda, K., & Guna, M. Y. S. (2010). Pengaruh perlakuan delignifikasi dengan larutan NaOH dan konsentrasi substrat jerami padi terhadap produksi enzim selulase dari aspergillus niger NRRL A-II, 264. Jurnal Biologi, XIV(1), 55-61.
- Hikmiyati, N., & Yantie, N. S. (2008). *Pembuatan bioetanol dari limbah kulit singkong melalui proses hidrolisa asam dan enzimatis*. Skripsi, Universitas Diponegoro.
- Iranmahboob, J., F. Nadim, dan S. Monemi, 2002. "*Optimizing Acid-hydrolysis: a Critical step for production of ethanol from mixed wood chips*". Biomass and Bioenergy
- Kunaepah, U. (2008). *Pengaruh lama fermentasi dan konsentrasi glukosa terhadap aktivitas antibakteri, polifenol total dan mutu kimia kefir susu kacang merah*. Thesis, Universitas Diponegoro.
- Laser, M., (2001), "*A Comparison of Liquid Hot Water and Steam Pretreatments of Sugar Cane Bagasse for Bioconversion to Ethanol*". Thayer School Engineering, USA.
- Mulyono, A. M. W., Handayani, C. B., Tari, A. I. N., & Zuprizal. (2011). *Fermentasi etanol dari jerami padi*. Paper presented at the Karya Tulis Ilmiah Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo.
- O'Leary, V. S., Green, R., Sullivan, B. C., & Holsinger, V. H. (2004). *Alcohol production by selected yeast strains in lactase hydrolyzed acid whey*. Jurnal Biotechnology and Bioengineering, 19(7), 1019-1035.
- Prihandana, R. K. Noerwijati, P.G. Adinurani, D. Setyaningsih, S. Setiadi, dan R. Hendroko. 2007. *Bioetanol Ubi Kayu: Bahan Bakar Masa Depan*. PT. Agro Media Pustaka. Jakarta. 194 hlm.
- Rukmana, R. (1997). *Ubi kayu budidaya paskapanen*. Jakarta: Kanisius.
- Sun, Y., dan Cheng, J. (2002), "*Hidrolisis of Lignocellulose Material for Ethanol Production: a review*", Bioresource Technology, Vol. 83 hal. 1-11.
- Supriyanto. (2006). *Prospek pengembangan industri bioetanol dari ubi kayu*. Hlm. 88-95 Dalam D. Harnowo, Subandi dan N. Saleh (ed). Prospek, Strategi dan Teknologi Pengembangan Ubi Kayu untuk Agroindustri dan Ketahanan Pangan. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Uduak, Adamu, Udeme (2008), "*Production of Ethanol Fuel from Organic and Food Wastes*". Leonardo Elektronik Journal of Practices and Technologies. ISSN 1583-1078
- Xiang, Q., Lee, Y. Y., Pettersson, P. O., & Torget, R. W. (2003). *Heterogeneous aspects of acid hydrolysis of a cellulose*. Journal Humana Press, 107(1), 505-514.

