

# Pengembangan Produksi Bioetanol dari Limbah Pertanian

Oleh: Mokhammad Irfan<sup>1</sup>

## **Abstract**

### ***The Development Of Bioethanol Production Of Agricultural Waste***

*The Development of bioethanol from agricultural waste is not expected to be a problem in the competition between non-fossil fuel development with human consumption and animal feed. On the other hand, it can improve the quality of the environment for the better. This study aims to develop a bio-ethanol as an alternative energy source and to optimize the utilization of agricultural waste to produce bioethanol. Agricultural wastes are used: palm midrib, sweet corn stalks wastes, bagasse, sago pulp, sawdust, and tankos palm. Optimization of bioethanol production begins of fermentation time on a scale of 1 L and the concentration of substrate for palm midrib waste, waste of sweet corn stalks, bagasse and sago pulp. Volume stater given as much as 10% of the composition of the medium. For sawdust substrate and tankos, bioethanol production process is done through three stages, namely delignification, saccharification, and fermentation. The best results followed on a scale of 20 L. The fastest time for substrate fermentation of bagasse, sweet corn stalks and midrib of palm oil obtained within 72 hours with ethanol levels produced respectively 3.1%, 0.97%, 1.0%, while the dregs of sago for 120 hours at 1%. Increasing the concentration of the substrate at the optimum fermentation time can not increase the levels of ethanol produced. The best time to produce bioethanol fermentation of tankos is for 6 days with levels of 2.5%, while sawdust bioethanol terhasil not as contaminated by other microbes. Increasing the scale of production of 1 L to 20 L had lower levels of ethanol were produced in all the waste substrate used. The need for improved methods of production processes and methods of measurement due to differences in raw materials and substrates will provide physical and chemical differences in the character of the fermentation process.*

**Keywords:** *Bioethanol, Agricultural Waste, fermentation, hydrolysis*

## **Pendahuluan**

Berkembangnya teknologi pengolahan limbah organik, maka sangat memungkinkan bahwa budidaya pertanian ke depan akan mengarah kepada sistem pertanian tanpa limbah (*Zero Waste Farming System*). Di mana pengolahan limbah organik dapat dimanipulasi untuk menghasilkan pakan ternak, pupuk organik, media tanam, briket bahan bakar, gas maupun bioetanol.

Ada beberapa faktor yang mendorong makin intensifnya pengembangan penelitian produksi alcohol oleh masyarakat dunia saat ini antara lain, pertama kebutuhan dan konsumsi energi terus meningkat, sementara sumber daya alam yang dapat menghasilkan energi makin terbatas. Kedua, bioetanol memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan bensin karena dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Ketiga, bahan lignoselulosa tersedia cukup melimpah dan tidak digunakan sebagai bahan pangan sehingga penggunaannya sebagai sumber energi tidak meng-

ganggu pasokan bahan pangan. Di samping itu, etanol juga merupakan bahan kimia yang banyak fungsinya dalam kehidupan sehari-hari (Imfran, 2012).

Menurut Toharisman (2010) pemakaian bioetanol sebagai campuran bahan bakar minyak memiliki beberapa kelebihan diantaranya lebih ramah lingkungan, bioetanol memiliki angka oktan (117) lebih tinggi berbanding premium yang hanya 87-88. Oleh karena itu, etanol bisa menggantikan peran *Tetra Ethyl Lead* (TEL) dan *Methyl Tertiary Buthyl Ether* (MTBE) yang mengandung timbal. Penggunaan etanol murni akan menghasilkan CO<sub>2</sub> 13% lebih rendah dibanding premium. Selain itu, emisi CO dan UHC pada pemakaian etanol juga lebih sedikit dari premium.

Oktan adalah molekul C<sub>8</sub> yang terdapat di dalam bensin dalam bentuk iso-oktan dan normal hepta. Iso-oktan bersifat tahan kompres hingga volume terkecil tanpa mengalami pembakaran spontan, sedangkan normal-heptan mudah terbakar walaupun baru sedikit dikompres. Semakin tinggi nilai oktan suatu bahan

bakar maka semakin baik mutu bahan bakar tersebut. Bioetanol memiliki angka oktan yang lebih tinggi dari pada premium sebagai bahan bakar kendaraan bermotor (Prihandana *et al.*, 2008).

Pengembangan bioetanol dengan bahan baku dari bahan pangan justru akan mengganggu ketahanan pangan nasional. Untuk mengatasi krisis energi, tidak seharusnya menimbulkan masalah baru yaitu mengganggu ketahanan pangan yang juga tidak kalah penting dari krisis energi. Oleh karena itu, pengembangan limbah pertanian untuk produksi bioetanol tidak akan mengganggu ketahanan pangan nasional akibat semakin meningkatnya konsumsi BBM nonfosil. Isroi (2008) mengatakan bahwa Eropa dan Amerika menduga konversi bahan pangan/pakan menjadi etanol adalah salah satu penyebab naiknya harga pangan dan pakan ternak di dunia.

Beberapa limbah pertanian yang berpotensi dapat diolah menjadi bioetanol adalah pelepah kelapa sawit, tandan kosong kelapa sawit, ampas sagu, batang jagung, limbah saw mill (serbuk gergaji), ampas tebu, limbah tanaman horti dll. Di sisi lain pengolahan limbah pertanian menjadi bioetanol akan mengurangi dampak negative pencemaran lingkungan dan lingkungan menjadi nyaman dan indah.

Pengembangan bioetanol dari limbah pertanian diharapkan tidak menjadi masalah dalam persaingan antara pengembangan BBM non-fosil dengan kebutuhan pangan manusia serta dapat meningkatkan kualitas lingkungan menjadi lebih baik. Baik yang disebabkan oleh polutan pembakaran BBM kendaraan dan industri maupun lingkungan tempat tinggal manusia menjadi lebih nyaman dan asri. Oleh sebab itu penelitian ini ditujukan untuk mengembangkan bioetanol dengan bahan baku dari berbagai limbah pertanian.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bioetanol sebagai sumber energi alternatif dengan tidak menggunakan sumber bahan pangan manusia dan mengoptimalkan pemanfaatan limbah pertanian untuk menghasilkan bioetanol.

## **Bahan dan Metoda**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Patologi, Entomologi, dan Mikrobiologi Fakultas Pertanian dan Peternakan UIN Suska Riau. Alat yang digunakan adalah *autoclave* Astell, oven Thermo Science, inku-bator, *shaker water bath*, erlenmeyer,

kabinet *laminar air flow*, *vinometer*, alat destilasi, cawan petridish, blender, bunsen, jarum ose, tabung reaksi, timbangan, pipet volume, pipet tetes, beaker glass, presto dan fermentor kapasitas 20 L.

Sumber yis *Saccharomyces cereviceae* dan jamur *Tricoderma viridae* diperoleh dari stok Lab. PEM UIN Suska Riau, vitamineral, vitabro, taoge, sukrosa, akuades, NaOH 0,2 N, dan alkohol. Bahan baku limbah pertanian yang digunakan: Pelepah kelapa sawit, Limbah batang jagung manis, Ampas tebu, Limbah sagu (ampas sagu), Serbuk gergaji, diperoleh dari *Sawmill*, Tankos, Kelapa Sawit PTPN V Sei Galuh Kabupaten Kampar Provinsi Riau.

## **Prosedur Kerja**

### ***Persiapan Bahan Baku***

Persiapan bahan baku pembuatan bioethanol beragam, bergantung pada bahan bakunya. Untuk bahan baku pelepah kelapa sawit yang digunakan adalah bagian tengahnya (empulur) lalu dihancurkan/dihaluskan. Adapun batang jagung, setelah dibersihkan dari pelepah daunnya, batang jagung dicincang menjadi bagian-bagian yang kecil demikian juga untuk bahan dari ampas tebu.

Dalam proses pembuatan bioethanol, ada yang langsung dapat difermentasi dan ada yang perlu mendapat perlakuan pendahuluan sebelum difermentasi. Bahan limbah yang langsung dapat difermentasi setelah disterilkan adalah pelepah kelapa sawit, batang jagung, limbah sagu dan ampas tebu.

### ***Pembuatan Stater Fermentasi***

Komposisi Medium Nutrient Broth untuk pengkulturan *Saccharomyces cereviceae* terdiri atas vitabro 1 g/l, vitamineral 4 g/l, sukrosa 7 g/l, ekstrak kasar taoge dengan perbandingan 1: 1 sebanyak 100 mL/L. Medium disterilkan dalam autoklave pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah dingin diinokulasi *Saccharomyces cereviceae* diinkubasi selama 24 jam pada suhu kamar dengan penggoncangan 100 rpm. Kultur mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi berumur 24 jam dan diberikan sebanyak 10% dari total volume bahan fermentasi.

### ***Optimasi Produksi Bioetanol***

Waktu fermentasi dilakukan pada sekala fermentor 1 L dengan mengukur kadar bioetanol pada waktu fermentasi 24, 48, 72, 96, 120, dan 144 jam

pada suhu kamar. Bioetanol yang dihasilkan diukur menggunakan *Vinometer*. Kadar bioethanol tertinggi dari waktu fermentasi akan digunakan untuk skala 20 L. Proses fermentasi konsentrasi (substrat 10, 20, 30, dan 40% b/v) dilakukan dalam waktu maksimal pada penelitian sebelumnya dengan skala fermentasi 1 L. Fermentasi dilakukan pada suhu kamar. Sumber substrat yang digunakan yaitu batang jagung manis, pelepah kelapa sawit, limbah sagu dan ampas tebu. Kadar bioetanol diukur menggunakan *Vinometer*. Kandungan bioetanol tertinggi akan digunakan untuk proses fermentasi berikutnya.

### Serbuk gergaji dan tankos

Sebanyak 300 g serbuk gergaji ditambah 2000 mL NaOH 0,2 N, dikukus di atas air mendidih selama 1 jam, kemudian dicuci dengan air hingga pH netral. Serbuk gergaji yang telah netral ditambah 375 mL medium pengkulturan mikroba kemudian diseterilkan dengan autoclave, selanjutnya didinginkan sampai suhu kamar. Proses Sakarifikasi dilakukan dengan menginokulasi spora jamur *Trichoderma viridae* yang ditebar merata ke seluruh permukaan bahan fermentasi. Sakarifikasi dilakukan pada dandang berlubang yang bagian bawahnya diberi penampung. Suhu sakarifikasi dilakukan dua tahap yaitu pada suhu kamar selama 4 hari dan dilanjutkan suhu 55°C selama 2 hari.

Kultur serbuk gergaji di-inokulasi dengan 300 mL *Saccharomyces cerevisiae* berumur 24 jam dan dilakukan secara anaerob selama 10 hari. Larutan etanol dipanen ( $\pm$  20 mL) dengan cara penyaringan menggunakan kain mori. Analisis kadar bioetanol dilakukan pada proses fermentasi berumur 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192, 216 dan 240 jam. Waktu fermentasi menghasilkan kadar etanol tertinggi, digunakan untuk proses selanjutnya.

### Fermentasi Sekala 20 L

Fermentasi produksi bioetanol skala 20 L dilakukan berdasarkan hasil produksi bioetanol tertinggi dari hasil penelitian sebelumnya. Sumber substrat yang digunakan berasal dari batang jagung manis, ampas tebu, ampas sagu, pelepah kelapa sawit, dan tandan kosong kelapa sawit.

Bahan berselulosa, 3 kg tankos kering + 9 L NaOH 0,2 N kemudian dididihkan selama 1 jam. Cuci sampai netral (larutan tidak berwarna coklat) lalu tambah 6 L medium pengkulturan dan sterilkan. Tankos steril

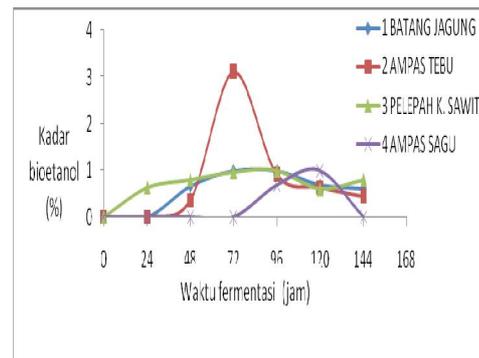
+ 5 tabung reaksi jamur *Trichoderma viridae* + NaCl fisiologis steril 50 mL. Sakarifikasi suhu kamar 4 hari dan suhu 55 °C selama 2 hari. Fermentasi: 3 kg tankos + 6 L medium kultur lalu sterilkan. Setelah dingin masukan kultur *Saccharomyces cerevisiae* 1 L. Fermentasi dilakukan pada suhu kamar selama 6 hari. Pengukuran kadar bioetanol dilakukan dengan cara destilasi pada suhu 80 °C.

## Hasil dan Pembahasan

### Waktu Fermentasi

Waktu fermentasi dari sumber substrat yang berbeda memberikan pengaruh terhadap lamanya pembentukan bioetanol pada proses fermentasi. Substrat dengan bahan baku yang mengandung gula sederhana, waktunya lebih cepat dan menghasilkan kadar bioetanol yang lebih tinggi. Kisaran waktu optimal untuk proses fermentasi antara 3 – 5 hari, dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.

Gambar 1: Waktu fermentasi 4 substrat dalam menghasilkan bioetanol

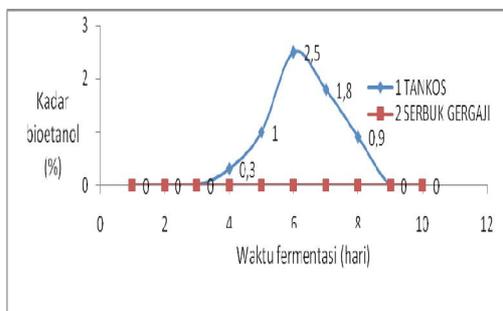


Waktu fermentasi paling cepat diperoleh dari substrat ampas tebu pada hari ke 3 dengan menghasilkan bioetanol sebesar 3,1% dan batang jagung hari ke 3 fermentasi sebesar 1%, pelepah kelapa sawit antara hari ke 3 sampai ke 4 sebesar 0,97% dan ampas sagu pada hari ke 5 sebesar 1%. Tersedianya gula sederhana dalam bentuk glukosa diduga memainkan peran penting dalam perubahan substrat menjadi alkohol.

Beberapa penelitian lain menunjukkan bahwa fermentasi batang jagung maksimal terjadi pada hari ke 3 dengan kadar etanol sebesar 4,12%. (Muniroh dan Lutfi, 2011). Produksi Etanol optimum ampas sagu terjadi pada lama fermentasi 4 hari dengan konsentrasi etanol 7,69% (Idral, Salim, dan Mardiah, 2012).

Terjadinya penurunan kadar bioetanol setelah waktu maksimum dalam menghasilkan bioetanol diduga disebabkan oleh perubahan alcohol menjadi senyawa lain akibat asupan nutrisi mikroba terbatas atau akibat kadar etanol yang bersifat racun bagi mikroba. Penelitian Idral, *et al.*, (2012) mengatakan berkurangnya kadar etanol dalam fermentor disebabkan oleh perubahan etanol menjadi asam asetat oleh mikroba. Imfran (2012) mem-berikan syarat-syarat penting mikroba yang dipergunakan dalam fermentasi antara lain cepat berkembang biak, tahan terhadap alkohol tinggi, tahan terhadap suhu tinggi, mempunyai sifat yang stabil dan cepat mengadakan adaptasi terhadap media yang difermentasi.

**Gambar 2:** Waktu fermentasi dalam menghasilkan bioetanol dari substrat berselulosa



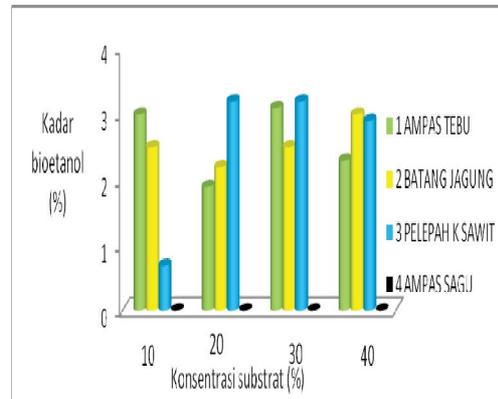
Waktu fermentasi tankos kelapa sawit setelah dihidrolisis menggunakan NaOH 0,2 N terjadi pada hari ke 6 dengan menghasilkan etanol sebesar 2,5%. Cepat lambatnya waktu fermentasi dipengaruhi oleh tersedianya gula sederhana yang terdapat di dalam medium fermentasi dalam mengubah menjadi etanol. Penelitian Idral *et. al* (2012) mendapati bahwa waktu fermentasi ampas sugu terbaik menggunakan yis *S. cerevisiae* terjadi pada hari ke 5, sedangkan penelitian Ariani *et. al* (2013) mendapati bahwa persentase etanol tertinggi di dapat pada waktu fermentasi selama 13 hari yaitu 6,41%. Sementara Endy *et., al* (2009) masa fermentasi untuk menghasilkan kadar etanol secara maksimal hanya memerlukan waktu selama 30 jam walaupun menggunakan substrat dan sumber mikroba yang sama. Adapun serbuk gergaji tidak menghasilkan etanol karena terkontaminasi selama proses fermentasi.

**Konsentrasi Substrat**

Tidak semestinya peningkatan konsentrasi substrat justru meningkatkan produksi bioetanol yang dihasilkan. Substrat ampas tebu pada konsentrasi 10% menghasilkan etanol sebesar 3,0% tetapi menurun

menjadi 1,9% pada konsentrasi 20%, kemudian meningkat menjadi 3,1% dan menurun kembali menjadi 2,3% pada konsentrasi 40%. Demikian juga substrat batang jagung maupun pelepah kelapa sawit. Adapun ampas sugu justru tidak menghasilkan etanol.

**Gambar 3:** Diagram batang pengaruh konsentrasi substrat terhadap produksi bioetanol

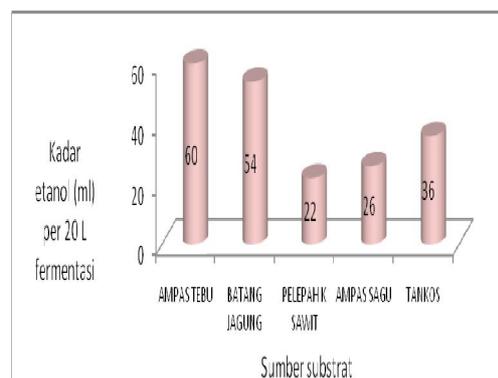


Tidak berhasilnya ampas sugu dalam menghasilkan etanol disebabkan oleh sifat ampas sugu yang higroskopis. Semakin tinggi konsentrasi substrat justru banyak menyerap air sehingga kondisi berubah menjadi aerob. Proses fermentasi menggunakan *Saccha-romyces cerevisiae* dapat berjalan bila kondisi dalam keadaan anaerob di mana keadaan ini tidak sesuai bagi *S. cerevisiae*.

**Produksi Etanol Skala 20 L**

Terjadi penurunan kadar etanol yang terbentuk ketika faktor-faktor optimasi dijalankan pada sekala 20 L. Bila mengacu pada proses fermentasi sekala 1 L, produksi ampas tebu seharusnya diperoleh 620 mL tetapi didapat hanya 60 mL, demikian juga batang jagung seharusnya 400 mL menjadi 54 mL, pelepah kelapa sawit dari 194 mL menjadi 22 mL, ampas sugu dari 200 menjadi 26 mL dan tandan kosong kelapa sawit dari 500 mL menjadi 36 mL.

**Gambar 4:** Diagram batang produksi bioetanol dari substrat yang berbeda pada sekala 20 L



Hal ini mungkin disebabkan oleh teknik dalam pemrosesan substrat sebagai bahan baku fermentasi masih belum tepat dan destilator yang dipakai belum dapat bekerja dengan baik. Disamping itu perbedaan metoda pengukuran hasil yang berbeda. Pada skala 1 L menggunakan *Vinometer* sedangkan pada skala 20 L pengukuran etanol yang dihasilkan diperoleh langsung melalui destilasi fermentor yang didesain juga untuk proses destilasi.

Peningkatan skala produksi menjadi 20 L diharapkan dapat mempelajari perubahan-perubahan yang terjadi selama proses berlangsung. Beberapa aspek yang mendukung terhadap stabilitas produksi etanol skala kecil menjadi skala besar antara lain praperlakuan, ukuran bahan baku, sterilitas bahan baku ketika proses fermentasi, Menurut (Imfran, 2012) proses pembuatan etanol tergantung bahan bakunya. Bahan yang mengandung gula biasanya tidak atau sedikit saja memerlukan pengolahan pendahuluan, tetapi bahan-bahan yang mengandung pati atau selulosa harus dihidrolisis terlebih dahulu menjadi gula sebelum difermentasi.

Menurut Wicaksono (2011), optimasi hidrolisis ampas tebu tanpa perlakuan awal mengalami peningkatan sebesar 4,32 kali lipat berbanding perlakuan awal autoclaving impregnasi  $H_2SO_4$ , pH optimum hidrolisis, suhu inkubasi dan pengadukan kontinyu. Proses produksi etanol dengan substrat tandan kosong kelapa sawit hanya dioptimasi waktu fermentasinya.

## Kesimpulan

Waktu fermentasi pembuatan bioetanol bergantung pada bahan baku substrat, metoda dan volume fermentasi. Peningkatan konsentrasi substrat tidak semestinya dapat meningkatkan perolehan etanol yang didapat tetapi justru sebaliknya. Hal ini berkaitan erat dengan sifat-sifat fermentasi. Peningkatan skala produksi dari 1 L eksperimen menjadi 20 L justru menurunkan kadar bioetanol yang dihasilkan.

Perlunya perbaikan metoda proses produksi dan metoda pengukuran, guna meningkatkan hasil etanol yang didapat karena perbedaan bahan baku dan substrat akan memberikan perbedaan karakter fisik dan kimia proses fermentasi.

## Catatan: (Endnotes)

1 Ir. Mokhamad Irfan, M.Sc. adalah Kepala Laboratorium Patologi, Entomologi dan Mikrobiologi Fak. Pertanian dan Peternakan UIN Suska Riau.

## Daftar Referensi

- Ariyani E, Kusumo E dan Supartono. (2013). Produksi Bioetanol Dari Jerami Padi (*Oryza sativa* L). *Indo. J. Chem. Sci.* 2 (2).
- Endy M., Yulianto, Diyono I, Hartati I, Santiko N. R, dan F. J Putri. (2009). Pengembangan Hidrolisis En-zimatis Biomassa Jerami Padi Untuk Produksi Bioetanol. *Simposium Nasional RAPI VIII 2009. ISSN: 1 4 1 2 - 9612.*
- Idral D.D, Salim M, dan E Mardiah. (2012). Pembuatan Bioetanol Dari Ampas Sagu Dengan Proses Hidrolisis Asam Dan Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Kimia Unand, Volume 1 Nomor 1, November 2012.*
- Imfran. (2012). Bioetanol Dari Ampas Tebu. Error! Hyperlink reference not valid./2012/06/bioetanol-dari-ampas-tebu.html.
- Isroi. 2008. [Http://Isroi.com/2008/04/28/Potensi-Biomassa-Ligno-selulosa-di-Indonesia-Sebagai-Bahan-Baku-Bioetanol/](http://Isroi.com/2008/04/28/Potensi-Biomassa-Ligno-selulosa-di-Indonesia-Sebagai-Bahan-Baku-Bioetanol/).
- Muniroh L dan F. K Lutfi. (2011). Produk Bioetanol Dari Limbah Batang Jagung Dengan Menggunakan Proses Hidrolisis Enzim Dan Fermentasi. Skripsi ITS.
- Prihandana R., Kartika N., Pratiningsih G. A., Dwi S., Sigit S. dan R Hendroko. (2008). *Bioetanol Ubi Kayu: Bahan Bakar Masa Depan*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Rodiansono, Utami U. B. L, Widyastuti N, Wulandari P.C., dan I Risnawati. (2013). Hidrolisis Lignoselulosa Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Katalis Asam Karboksilat. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia, Vol. 7, No. 1 (Januari, 2013), 60-71.*
- Sarah M, Misran E, Syamsiah S, dan R. Millati. (2008). *Estimasi Teoretis Perolehan Bioetanol Dari Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa*

*Sawit (TKS) Menggunakan Asam Encer.*  
*Jurnal Penelitian Rekayasa. Vol. 1, Nomor 2*  
Desember 2008.

Toharisman, A. (2010). Etanol dari Tebu. Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI). Pasuruan.

Wicaksono, A. T. (2011). Optimasi Hidrolisis Enzimatis Ampas Tebu Menggunakan Ekstrak Kasar Selulase *Bacillus circulans* Dalam Rangka Produksi Bioetanol. Skripsi. Univ. Negeri Malang.

Widyayanti M, Hasnani M, Kuswoyo A, dan T. Wianto. (2011). Pembuatan Mesin Destilator Sederhana Untuk Memanfaatkan Limbah Jerami Padi Sebagai Bioetanol Di Daerah Kecamatan Gambut. *Prestasi, Volume 1, Nomor 1, Desember 2011.*