

*Review Artikel*

**PRODUKSI BIOETANOL BERBAHAN DASAR LIMBAH KULIT KOPI  
SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF**

***PRODUCTION OF BIOETHANOL FROM COFFEE SKIN WASTE AS  
ALTERNATIVE FUEL***

**Rizanti Fadilah Azzahra\*<sup>1</sup>, Meilianti<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Politeknik Negeri Sriwijaya / Teknik Kimia

Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Lama, Bukit Besar, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30139, Telp 0711353414  
e-mail : \*rizantifadilah@gmail.com

**ABSTRACT**

*Bioethanol is an innovative solution that is environmentally friendly and able to reduce pollution by agricultural wastes. It has high oxygen content and burns more completely than gasoline. The research was aimed to utilize coffee skin wastes which is known generally as a primary industrial waste for producing a value-added products and to reduce environmental pollution burden as well as to evaluate the potential for bioethanol production at probable optimum conditions using *Saccharomyces cerevisiae*. Using two different international journals, this article review will compare the methods used from both journals that have the highest bioethanol yield as an alternative biofuel.*

*Keywords: Bioethanol, Hydrolysis, Fermentation, Waste of coffee skin, Enzyme*

**1. PENDAHULUAN**

**Latar Belakang**

Biomassa merupakan sumber energi terbarukan yang saat ini sedang memperoleh perhatian tinggi. Faktor lingkungan, alasan politik, dan keamanan yang mampu mengurangi ketergantungan pada minyak mentah impor, memiliki peranan penting dalam proses pemanfaatan sumber daya terbarukan ini.

Kopi merupakan salah satu minuman yang paling banyak dikonsumsi secara global. Berdasarkan data USDA (2011), produksi kopi dunia selama 2010/2011 diperkirakan lebih dari 8,2 juta ton. Proses ekstraksi kopi menghasilkan limbah kulit kopi dalam jumlah besar selama pengolahan kopi bubuk dan pembuatan kopi instan. Limbah kulit kopi mengandung senyawa toksik, yang biasanya dibuang ke lingkungan dan menyebabkan masalah lingkungan. Namun, limbah kulit kopi kaya akan gula yang dapat difermentasi, terhitung sekitar 37-42% limbah, yang dapat digunakan sebagai sumber karbohidrat untuk produksi bioetanol (Choi dkk., 2012). Limbah kulit kopi merupakan biomassa alternatif yang menjanjikan sebagai sumber daya untuk produksi bioetanol.

Bioetanol dapat digunakan untuk mengurangi emisi karbon dioksida dan merupakan alternatif yang menjanjikan untuk bahan bakar fosil karena dapat dihasilkan dari biomassa yang terbarukan. Ini adalah bahan bakar cair yang dapat disesuaikan dengan sistem pasokan bahan bakar yang ada, yang pada akhirnya menggantikan bahan bakar fosil di sektor transportasi

(Choi dkk., 2012). Bioetanol memiliki kelebihan dibanding dengan BBM, diantaranya memiliki kandungan oksigen yang lebih tinggi (35%) sehingga terbakar lebih sempurna, bernilai oktan lebih tinggi (118) dan lebih ramah lingkungan karena mengandung emisi gas CO lebih rendah 19-25% (Indartono, 2005). Selain itu bioetanol dapat diproduksi oleh mikroorganisme secara terus menerus. Produksi bioetanol di berbagai negara telah dilakukan dengan menggunakan bahan baku yang berasal dari hasil pertanian dan perkebunan (Sisbudi dkk., 2010). Bahan bakar terbarukan yang dihasilkan dari komoditas pertanian dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca (Sisbudi dkk., 2010). Namun, upaya baru untuk memproduksi *biofuel* melalui intensifikasi dan perluasan perkebunan tanaman juga telah mengakibatkan degradasi lingkungan, hilangnya keanekaragaman hayati, dan dampak negatif lainnya (Sisbudi dkk., 2010).

Berbagai upaya telah dilakukan dalam mencari bahan bakar alternatif lain dari sektor non-pangan untuk pembuatan bioetanol. Bahan selulosa memiliki potensi sebagai bahan bakar alternatif pembuatan etanol. Salah satu contohnya adalah limbah kulit kopi. Ketersediaan limbah kulit kopi cukup besar di Indonesia, karena pada pengolahan kopi akan menghasilkan 65% biji kopi dan 35% limbah kulit kopi, sedangkan produksi kopi di Indonesia pada tahun 2019 mencapai total 10,1 ribu ton. Kulit kopi merupakan salah satu limbah terbanyak yang dihasilkan dari kopi di Indonesia dan hanya

dimanfaatkan dalam skala kecil seperti dijadikan pakan ternak (Pertiwi dan Wardani, 2016), pupuk, dan banyak pula kulit kopi yang menjadi limbah yang tak memiliki nilai guna. Limbah kulit kopi mempunyai kandungan serat sebesar 65,2% (Melyani, 2009). Berdasarkan hal tersebut, dalam *review* ini akan dibahas beberapa metode yang digunakan untuk menghasilkan bioethanol berbahan dasar limbah kulit kopi menggunakan bahan dan *treatment* yang berbeda. Diharapkan dengan *review* ini dapat dihasilkan perbandingan metode dan bahan yang digunakan sebagai solusi pembuatan bioethanol sebagai sumber energi terbarukan, murah dan ramah lingkungan (*go green*).

### Buah Kopi

Buah kopi memiliki beberapa bagian yang bisa terlihat jika dilakukan pemotongan secara membujur. Bagian utama dalam buah kopi adalah kulit luar buah yang berwarna merah saat masak (epikarp), lapisan lendir buah (mesokarp), cangkang kopi (endokarp), dan embrio kopi. Epikarp dan mesokarp kopi memiliki kandungan air yang cukup tinggi, sehingga memiliki tekstur kulit yang lunak. Endokarp buah berupa cangkang berwarna putih dan keras.

Kopi termasuk tanaman yang menghasilkan limbah hasil sampingan yang cukup besar dari hasil pengolahan. Biji kopi secara berurutan terlindungi oleh kulit buah (*Outer skin*), daging buah (mesocarp), lapisan lender, kulit tanduk (*pactin layer*) dan kulit ari (*parchment*). Pengupasan kulit buah kopi (*pulping*) merupakan salah satu tahapan proses pengolahan kopi yang membedakan antara pengolahan kopi cara basah dengan kering. Mesin pengupasan kulit kopi basah (pulper) digunakan untuk atau komponen kulit buah dari bagian kopi berkulit cangkang (Widyotomo, 2012).

### Limbah Kopi

Potensi limbah yang diperoleh dari tahapan pengolahan kopi adalah kulit kopi yang terdiri atas kulit buah basah, limbah cair yang mengandung lendir, dan kulit gelondong kering maupun cangkang kering. Limbah sampingan berupa kulit kopi jumlahnya berkisar antara 50 - 60 persen dari hasil panen. Bila hasil panen sebanyak 1000 kg kopi segar berkulit, maka yang menjadi biji kopi sekitar 400-500 kg dan sisanya adalah hasil sampingan berupa kulit kopi (Efendi dan Harta, 2014).

Kulit gelondong kering yang terdiri dari kulit luar dan kulit buah mengandung gula reduksi, gula non pereduksi dan senyawa pektat masing-masing sebesar 12,4%; 2,02% dan 6,52% (Wilbaux, 1963 dalam Widyotomo, 2012) dan 10,7% protein kasar serta 20,8% serat kasar (Elias, 1979 dalam

Widyotomo, 2012). Limbah kulit kopi mempunyai kandungan serat sebesar 65,2 %. (Siswati, dkk., 2012). Dengan proses fermentasi, mikroorganisme akan mengubah glukosa setelah proses hidrolisis menjadi etanol.

Kulit buah kopi merupakan limbah dari pengolahan buah kopi untuk mendapatkan biji kopi yang selanjutnya digiling menjadi bubuk kopi.

### Produksi Bioetanol

Bioetanol dapat dibuat dari berbagai bahan hasil pertanian, antara lain bahan yang mengandung turunan gula (sakarín), bahan yang mengandung pati dan bahan yang mengandung selulosa seperti kayu, dan beberapa limbah pertanian lainnya. Bahan yang mengandung sakarin dapat langsung difermentasi, akan tetapi bahan yang mengandung pati dan selulosa harus dihidrolisis terlebih dahulu menjadi komponen yang sederhana, meskipun pada dasarnya fermentasi dapat langsung menggunakan enzim tetapi saat ini industri fermentasi masih memanfaatkan mikroorganisme karena cara ini jauh lebih mudah dan murah, mikroba yang banyak digunakan dalam proses fermentasi adalah khamir, kapang dan bakteri (Choi dkk., 2012).

Limbah kulit kopi mengandung konsentrasi hemiselulosa dan lignin yang tinggi (Choi dkk. (2012), Kwon dkk. (2013), Redgwell dkk. (2002)). Selain itu, kandungan lignin yang tinggi telah diketahui berperan sebagai penghalang fisik untuk hidrolisis enzimatis (Mussatto dkk., 2008). Oleh karena itu, perlakuan awal biomassa diperlukan untuk meningkatkan aksesibilitas enzim yang dibutuhkan untuk hidrolisis enzimatis yang efisien (Tahezadeh dan Karimi, 2007). Di antara perlakuan awal ini, delignifikasi merupakan metode penting untuk peningkatan efisiensi hidrolisis enzimatis. *Pretreatment* asam-klorit adalah proses laboratorium paling populer untuk menghilangkan lignin dari biomassa (Hubbell dan Ragauskas, 2010).

Hidrolisis yang paling sering digunakan untuk menghidrolisis selulosa adalah hidrolisis secara asam. Beberapa asam yang umum digunakan untuk hidrolisis asam antara lain adalah asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), asam perklorat, dan HCl. Hidrolisis asam dapat dikelompokkan menjadi hidrolisis asam pekat dan hidrolisis asam encer (Tahezadeh dan Karimi, 2007).

Penggunaan asam pekat pada proses hidrolisis selulosa dilakukan pada temperatur yang lebih rendah daripada asam encer. Konsentrasi asam yang digunakan adalah 10–30% (Zimbardi, 1997). Temperatur reaksi adalah 100°C dan membutuhkan

waktu reaksi antara 2–6 jam. Temperatur yang lebih rendah meminimalisasi degradasi gula. Keuntungan dari penggunaan asam pekat ini adalah konversi gula yang dihasilkan tinggi, yaitu bisa mencapai konversi 90% (Badger, 2002), kemudian glukosa difermentasi dengan menggunakan bakteri atau ragi yang dapat mengkonversi gula menjadi bioetanol.

## 2. METODE

Pada penelitian yang dilakukan oleh Choi dkk. (2012), digunakan metode *popping pretreatment* dengan bahan baku utama limbah kulit kopi untuk menghasilkan bioethanol.

Menurut Sisbudi dkk. (2015), digunakan metode fermentasi dan distilasi limbah kulit kopi untuk menghasilkan bioethanol.

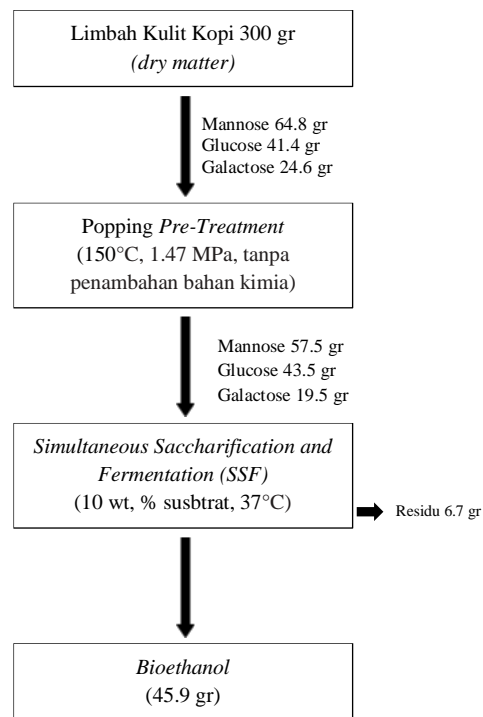
Berdasarkan penelitian oleh Shenoy dkk. (2011), digunakan *cashew apple pulp* dan *coffee pulp waste* dengan metode fermentasi dan distilasi untuk menghasilkan bioethanol.

### Variabel Penelitian

Pada penelitian yang dilakukan oleh Choi dkk. (2012), variabel yang digunakan adalah perbedaan tekanan pada saat dilakukan *popping treatment*, penelitian yang dilakukan oleh Sisbudi dkk. (2015), variabel penelitiannya berupa massa ragi yang digunakan serta waktu retensinya, dan penelitian yang dilakukan oleh Shenoy dkk. (2011), variabel penelitiannya adalah jenis bahan baku.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Choi dkk. (2012), dilakukan proses fermentasi dengan menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan perbedaan kondisi operasi berupa tekanan yaitu sebesar 0,49, 0,98, 1,47, dan 1,96 MPa dan diolah dengan metode fermentasi *simultaneous saccharification and fermentation* (SSF). SSF memiliki produktivitas yang lebih tinggi daripada metode lainnya karena SSF memiliki waktu operasi yang lebih cepat. Dalam proses SSF, gula pereduksi yang dihasilkan dalam hidrolisis lignoselulosa difermentasi secara bersamaan menjadi etanol, yang sangat mengurangi penghambatan produk terhadap hidrolisis. SSF menggabungkan hidrolisis enzimatis dengan fermentasi dalam satu wadah pada saat bersamaan menggunakan limbah kulit kopi yang telah diolah sebelumnya.



Gambar 1. Neraca Massa Keseluruhan (Choi dkk. (2012))

Neraca massa keseluruhan untuk menggambarkan *pretreatment* dan konversi karbohidrat menjadi etanol dengan SSF ditunjukkan pada Gambar. 1. Kondisi pretreatment optimal berada pada tekanan 1,47 MPa dengan waktu reaksi 10 menit. Limbah kulit kopi yang telah dilakukan *pre-treatment* sebelumnya dipulihkan dan SSF dilakukan pada limbah kulit kopi yang telah di-*treatment* dengan 18,3 mg selulase/g limbah kulit kopi dan *S. cerevisiae* pada 37°C selama 96 jam. Selama proses SSF berlangsung, 56,7 g manosa, 42,0 g glukosa, dan 4,5 g galaktosa dihidrolisis. Fermentasi menggunakan *S. cerevisiae* efektif mengkonversi mannose, glukosa, dan galaktosa dengan efisiensi yield fermentasi sebesar 87,2%, menghasilkan 45,9 g etanol per 300 g limbah kulit kopi. Hasil ini menunjukkan bahwa limbah kulit kopi dapat menjadi bahan biomassa potensial untuk produksi etanol dengan menggunakan *popping pretreatment* dan SSF.

Tabel 1. Hasil Produksi Bioethanol (Choi dkk. (2012))

	Kandungan Gula yang Difermentasi (g/L)	Hidrolisat Enzimatis (g/L, %)	Konsentrasi Etanol (g/L)	Efisiensi (%)
0,49 MPa	42,6	32,1/75,4%	12,2	74,5
0,98 MPa	42,1	32,8/77,9%	12,9	77,1

1,47 MPa	40,2	34,4//85,6%	15,3	87,2
1,96 MPa	37,6	32,7//87,0%	15,0	89,9

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Sisbudi dkk. (2015), dilakukan proses fermentasi limbah kulit kopi menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* selama 3 hari. Untuk mendapatkan bioethanol, dilakukan destilasi pada temperatur 78°C dan konsentrasinya ditentukan menggunakan GC.

Waktu fermentasi divariasikan selama 1 hari, 2 hari dan 3 hari. Kandungan bioethanol yang dihasilkan dari setiap variabel tidak sama. Di dalam biji kopi terdapat banyak kandungan bahan kimia, contohnya sakarin. Kandungan gula pada biji kopi terdapat di kulit dan lendir biji kopi. Mesocarp merupakan bagian biji kopi yang memiliki kandungan gula dan air yang tinggi. Limbah cair pada pengolahan kopi menghasilkan tingkat pencemaran yang tinggi. Komponen utama limbah cair adalah bahan organik yang berasal dari pengupasan dan kulit biji kopi. Suhu merupakan faktor rata-rata yang mempengaruhi kehidupan dan pertumbuhan organisme. Biji kopi yang difermentasi merubah kulit dan suhu akan meningkat selama fermentasi. Bioethanol yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 2 di bawah.

Tabel 2. Hasil Fermentasi Bioethanol Dari Limbah Kulit Kopi (Sisbudi dkk. (2015))

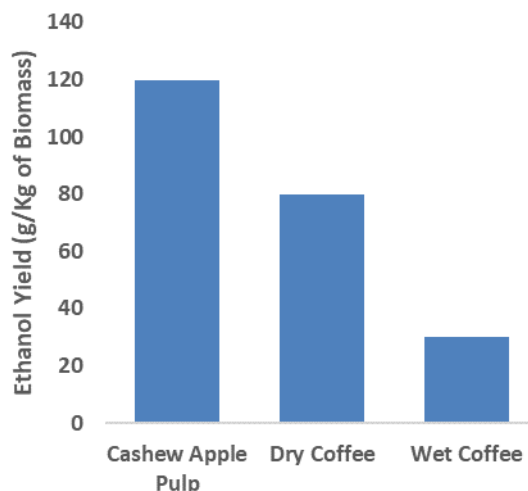
Waktu (hari)	Massa Ragi (gram)	Content (%)	Konsentrasi Bioethanol (%)
1	0	1.8	6.4
	40	1.6	53.1
	80	1.8	51.4
2	0	1.8	17.1
	40	1.2	57.8
	80	1.8	60.2
3	0	0.5	5.4
	40	0.6	51.4
	80	0.9	51.4

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa produksi etanol yang efisien dari limbah kulit kopi memungkinkan. Hidrolisis limbah kulit kopi tanpa penambahan asam sulfat encer terbukti

Tabel 3. Perbandingan Literatur Terkait Bioethanol

Bahan Baku Utama	Variabel Penelitian	Medium Fermentasi	Metode	Hasil Penelitian	Referensi
Limbah Kulit Kopi	Tekanan	<i>saccharomyces cerevisiae</i>	<i>Popping Pretreatment</i> dan <i>simultaneous saccharification and fermentation (SSF)</i>	Yield etanol tertinggi sebesar 15,3 g/L pada tekanan 1,47 MPa	Choi dkk. (2012)
Limbah Kulit Kopi	Massa Ragi	<i>saccharomyces cerevisiae</i>	Fermentasi dan Distilasi	Yield etanol tertinggi adalah sebesar 60,2%	Sisbudi dkk. (2015)

menghasilkan etanol lebih efisien dibandingkan dengan penambahan asam sulfat encer.



Gambar 2. Ethanol Yield (g/Kg Biomassa) (Shenoy dkk. (2011))

Gambar 2 merupakan ethanol yield yang didapat dari penelitian Shenoy dkk. (2011). Pada gambar terlihat hasil etanol (g / Kg biomassa) di CAP, DCP, dan WCP, yang secara signifikan tinggi dalam CAP diikuti oleh DCP dan WCP. Perbedaan dalam hasil DCP dan WCP disebabkan oleh perbedaan kadar air antara keduanya dan volume sampel yang diproses. Hasil etanol yang diperoleh dari CAP dan DCP secara komparatif lebih tinggi dari nilai yang dilaporkan untuk barley, triticale, jerami gandum, dan batang kapas tetapi secara komparatif lebih rendah dari nilai yang dilaporkan untuk jerami triticale. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan teknik yang diadopsi.

Untuk mempermudah, berikut disajikan Tabel 3 sebagai perbandingan antara ketiga metode yang digunakan dan hasil yang didapatkan.

	Waktu Retensi			dengan massa ragi 80 gram dan waktu fermentasi selama 2 hari	
Cashew Apple Pulp Dry Coffee Pulp Wet Coffee Pulp	Jenis Bahan Baku	high-level yeast inocula	Fermentasi dan Distilasi	Yield ethanol berbahan dasar kopi tertinggi dihasilkan oleh DCP sebesar 80 g/Kg biomassa	Shenoy dkk. (2011)

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan perbandingan dari ketiga penelitian di atas, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penelitian yang dilakukan oleh Choi dkk. (2012) menghasilkan yield ethanol tertinggi yaitu sebesar 15.3 g/L pada tekanan optimum 1,47 MPa dengan efisiensi sebesar 87,2%, penelitian yang dilakukan oleh Sisbudi dkk. (2015) memperoleh yield bioethanol sebesar 77,29%, dan penelitian yang dilakukan oleh Shenoy dkk. (2011) memperoleh yield bioethanol sebesar 80 g/Kg biomassa dengan bahan baku berupa *Dry Coffee Pulp*
2. Bioethanol berbahan dasar limbah kulit kopi memiliki potensi besar sebagai bahan bakar alternatif ramah lingkungan dibandingkan dengan menggunakan bahan baku hasil pertanian serta biaya pembuatannya yang ekonomis.

#### DAFTAR PUSTAKA

Badger, P. C. (2002). *Ethanol from Cellulose : A General Review*. In Trend in New Crops and New Uses., J.Jannick and A.Whipkey (eds). Alexandria, VA : ASHS Press.

Choi, I. S., Wi, S. G., Kim, S. B., & Bae, H. J. (2012). *Conversion of coffee residue waste into bioethanol with using popping pretreatment*. *Bioresour. Technol.*, 125, 132–137. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.08.080>

Efendi, Z., dan Harta, L., 2014. *Kandungan Nutrisi Hasil Fermentasi Kulit Kopi (Studi Kasus Desa Air Meles Bawah Kecamatan Curup Timur)*. Jurnal BPTP Bengkulu, Bengkulu.

Gunasekaran, P. and Raj, K. C. 1999. *Ethanol Fermentation Technology -Zymomonas mobilis*. *Current Science*. Vol. 77, #1, 56-68 diambil dari Ghani Arasyid dkk.

Indartono, Y., 2005. *Bioethanol, Alternatif Energi Terbarukan: Kajian Prestasi Mesin dan Implementasi di Lapangan*. Fisika, LIPI.

Harsono, S. S., Fauzi, M., Purwono, G. S., & Soemarno, D. (2015). *Second generation bioethanol from Arabica coffee waste processing*

*at smallholder plantation in Ijen Plateau region of East Java*. *Procedia Chemistry*, 14, 408-413. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2015.03.055>

Hubbel, F., Ragauskas, A. (2012). *Pretreatment and Lignocellulosic Chemistry*. *BioEner. Res.*, 5(4), 1043-1066.

Kwon, E.E., Yi, H., Jeon, Y.J. (2013). *Sequential co-production of biodiesel 346 and bioethanol 347 with spent coffee grounds*. *Bioresour. Technol.* 136, 475–480.

Lee, K.J., Tribe, D.E. and Rogers, P.L., 1979. *Biotechnol. Lett.*, 1, 421. *Letl.*, 421.

Mawardo, S., Retno, H., Aris, W., Soekadar, W., dan Yusianto. 2013. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika Gayo*. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.

Melyani, V. 2009. *Petani Kopi Indonesia Sulit Kalahkan Brazil*. (<http://www.tempointeraktif.com/hg/bisnis/2009/07/02/brk,20090702-184943.id.html>) diakses tanggal 11 Januari 2020.

Mussatto, S.I., Machado, E.M.S., Carneiro, L.M., Teixeira, J.A. (2012). *Sugars metabolism and ethanol production by different yeast strains from coffee industry wastes hydrolysates*. *Appl. Ener.*, 92, 763-768.

Pertiwi, F.N.E., Wardani, A.K. (2016). *Produksi Etanol dari Tetes Tebu Oleh Saccharomyces cerevisiae Pembentuk Flok*.

Redgwell, R.J., Trovato, V., Curti, D., Fischer, M. (2002). *Effect of roasting on degradation and structural features of polysaccharides in Arabica coffee beans*. *Carbohydr. Res*, 421–431.

Sarjoko. 1991. *Bioteknologi Latar Belakang dan Beberapa Penerapannya*. Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.

Shenoy, D., Pai, A., Vikas, R., Neeraja, H., Deeksha, J., Nayak, C., & Rao, C. Vaman. (2011). *A study on bioethanol production from cashew apple pulp and coffee pulp waste*. *Biomass and bioenergy*, 35, 4107-4111. doi: 10.1016/j.biombioe.2011.05.016

Siswati, N. D, Yatim, M., dan Hidayanto, R. 2012. *Bioetanol dari Limbah Kulit Kopi dengan Fermentasi*. Jurnal Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan.

Taherzadeh, Mohammad J. And Keikhosro Karimi. (2007). *Enzyme-based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Materials : A review*. Sweden : University of Boras. Department of Chemical Engineering.

Widyotomo, S. 2012. *Potensi Dan Teknologi Diversifikasi Limbah Kopi Menjadi Produk Bermutu Dan Bernilai Tambah*. Review Penelitian Kopi dan Kakao 1(1) 2013, hal 63-80.

Zimbardi, 1997. *Hidrolisis tandan kosong kelapa sawit menjadi bioethanol dengan asam pekat*. Jurnal Universitas Indonesia, UI Press.