

**Review Artikel**  
**VARIASI PRODUKSI BIOETANOL DARI AMPAS TEBU**

***THE VARIATIONS OF BIOETHANOL PRODUCTION FROM  
BAGASSE: A REVIEW***

Rizki Nurjanah\*<sup>1</sup> Martha Aznury\*<sup>1</sup>

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

Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Besar, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30139 Telepon: +620711353414 / Fax: +62711355918  
e-mail : [knurjanah35@gmail.com](mailto:knurjanah35@gmail.com)

**ABSTRACT**

*Bioethanol is ethanol made from plants that contain starch, sugar and other cellulosic plants. The general methods used are hydrolysis and anaerobic fermentation methods. This review aims to compare the results of several studies on the manufacture of bioethanol from various raw materials and the treatment of variations in fermentation pH, type of yeast, and fermentation time. Based on the studies that have been carried out, it can be concluded that the largest yield of bioethanol yields is found in research conducted by Guiherme et al. (2019) showing that the yield of bioethanol from bagasse is 88% w / v with. with alkaline pretreatment hydrolysis and anaerobic fermentation methods using the enzymes *Kluyveromyces marxianus* and *Saccharomyces cerevisiae*. Then the second largest result was found in research according to Goshandrou et al. (2014) which produced a percent ethanol of 81% v / v from bagasse. with hydrolysis and anaerobic fermentation methods through the *Zygomycetes* enzyme.*

*Keywords : Bioethanol, anaerobic fermentation, bagasse*

**1. PENDAHULUAN**

Bioetanol secara sederhana adalah etanol adalah sumber energi terbarukan yang dibuat dengan memfermentasi gula dan komponen pati tanaman. Ini dihasilkan dari hasil pertanian seperti jagung, tebu, kentang, beras, ubi bit dan baru-baru ini menggunakan anggur, pisang, kurma dan limbah lainnya, karena jumlah bahan bakar fosil yang semakin berkurang, sumber energi alternatif perlu diperbarui, berkelanjutan, efisien, hemat biaya (Wong dkk., 2014). Bioetanol dapat diproduksi dari berbagai jenis bahan mentah, yang diklasifikasikan menjadi tiga kategori menurut komposisi kimianya: bahan baku yang mengandung sukrosa, bahan pati dan bahan lignoselulosa (Sebayang dkk., 2016).

Bioetanol adalah sumber energi berkelanjutan yang efektif. Berdasarkan premis bahwa bahan bakar bioetanol dapat berkontribusi pada lingkungan yang lebih bersih dan dengan penerapan undang-undang perlindungan lingkungan di banyak negara, permintaan untuk proses produksi bioetanol yang efisien dapat meningkat. Salah satu persyaratan penting adalah memiliki mikroorganisme efisien yang mampu memfermentasi berbagai gula serta mentolerir kondisi stres. Strain bakteri dan khamir yang memiliki sifat untuk produksi etanol telah dibangun melalui rekayasa metabolisme. Setelah beberapa putaran modifikasi, tiga platform mikroba utama, *Saccharomyces cerevisiae*, *Zymomonas morabilis* dan *Escherichia coli* telah

muncul dan berfungsi dengan baik dalam studi percontohan (Manikandan dan Virutagiri, 2010).

Sumber energi fosil terkuras dari hari ke hari, orang-orang kehabisan sumber terbarukan untuk memenuhi kebutuhan energinya. Bahan limbah lignoselulosa merupakan sumber yang menjanjikan produksi bioetanol. Teknologi terbaik untuk konversi bahan lignoselulosa menjadi bioetanol ditentukan pada biaya keseluruhan, dampak lingkungan dan efisiensi energi. Bahan lignoselulosa mengandung berbagai polisakarida seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, serta zat polar dan non polar yang dapat larut. Struktur morfologi selulosa dan hemiselulosa terkait erat dengan lignin yang membuat selulosa dan hemiselulosa tidak dapat diakses untuk hidrolisis menjadi gula pereduksi. Perlakuan awal bahan lignoselulosa mengubah struktur kompleks yang tidak larut menjadi monomer sederhana yang dapat larut sehingga membuka aksesibilitas yang mudah untuk hidrolisis. Teknologi *pretreatment* yang hemat biaya dan efisien diperlukan untuk membebaskan selulosa, hemiselulosa dari lignin kompleks dalam bahan lignoselulosa (Kurien dkk., 2010). Banyak mikroorganisme dilaporkan untuk hidrolisis enzimatis selulosa. Bakteri seperti *Caldicellulosiruptor*, *Fibrobacter succinogenes*, *Cytophaga hutchinsonii*, *Bacillus subtilis*, dan *Thermobifida fusca* dilaporkan ke enzim selulolitik rahasia untuk hidrolisis selulosa (Wilson, 2011). *Trichoderma reesei* jamur adalah penghasil enzim selulolitik paling komersial yang mengubah selulosa

menjadi gula yang dapat difermentasi (Morris, 1993). Banyak mikroorganisme memiliki sifat etanogenik. Ragi *Saccharomyces cerevisiae* biasanya dilaporkan untuk produksi bioetanol. Bakteri gram negatif *Zymomonas mobilis* dilaporkan untuk produksi bioetanol dengan produk sampingan yang lebih sedikit (Shuvashish dkk., 2010).

## 2. METODE

Pada dasarnya bagian ini menjelaskan bagaimana variasi metode yang digunakan dalam produksi bioetanol. Metode umum yang digunakan yaitu metode hidrolisis dan fermentasi anaerob. Kemudian bahan baku yang digunakan berasal dari kulit ampas tebu. Menurut Menurut Goshadrou dkk (2011) Pada penelitian Produksi bioetanol dari ampas tebu sorgum manis oleh jamur *zygomycetes*. Ampas tebu diolah dengan asam fosfat dan natrium hidroksida, dengan atau tanpa ultrasonikasi, sebelum hidrolisis enzimatis dengan enzim selulase dan glukosidase komersial. Pretreatment asam fosfat dilakukan pada 50°C selama 30 menit, sedangkan perlakuan alkali dilakukan dengan 12% NaOH selama 3 jam. Perlakuan awal menghasilkan peningkatan hidrolisis enzimatis berikutnya menjadi 79-92% dari hasil teoritis.

Yc Wong dkk (2014) pada penelitian produksi bioetanol dari ampas tebu dengan proses fermentasi. untuk mengetahui pengaruh pH dan suhu terhadap rendemen bioetanol. Enzim seperti alfa-amilase dan glukoamilase digunakan untuk memecah selulosa dalam ampas tebu. *Saccharomyces cerevisiae* (ragi) juga digunakan dalam percobaan untuk fermentasi. Lima sampel disiapkan pada pH yang berbeda divariasikan untuk mengetahui pengaruh pH terhadap rendemen etanol pada 37°C dan lima sampel lainnya disiapkan untuk menentukan pengaruh suhu terhadap hasil etanol, pH dijaga konstan pada 4,5. Konsentrasi etanol ditentukan dengan menjalankan sampel dalam Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (HPLC).

Pada penelitian yang dilakukan Yu Mengui dkk (2016) Sorgum manis, dengan multi platform sumber pati, gula dan selulosa, dianggap sangat tanaman energi yang menjanjikan untuk menghasilkan bioetanol. Dalam penelitian ini produksi bioetanol natrium hidroksida (NaOH) *pretreated sorgum* ampas tebu tanpa pencucian substrat padat. Metode yang digunakan yaitu pretreatment dengan NaOH lalu hidrolisis di 50°C kemudian di fermentasi dengan enzim *Zymomonas mobilis*. Eksperimen dimana larutan NaOH pretreated liquor (SL) ditambahkan ke dalam substrat padat NaOH yang telah diberi perlakuan awal menunjukkan hasil konversi gula yang dapat difermentasi meningkat secara signifikan. Setelah sakarifikasi enzimatis, pH dan suhu diukur disesuaikan masing-masing menjadi 6,0 dan 32°C. 10% (v/v)

terkonsentrasi YP (ekstrak ragi 1%, pepton 10%) ditambahkan untuk nutrisi. Itu *Z. mobilis* TSH-ZM-01 pra-kultur diinokulasi pada 10% (v/v), dan dibiakkan pada inkubator. Sampel diambil secara berkala untuk mendapatkan konsentrasi gula dan etanol.

Shena dkk (2011) ampas tebu sorgum manis diberi perlakuan awal dengan uap pada berbagai suhu, waktu tinggal dan dosis impregnasi SO<sub>2</sub>. Sebuah desain eksperimental 23 faktorial digunakan untuk menyelidiki efek suhu, waktu tinggal dan impregnasi SO<sub>2</sub> dan interaksinya pada hidrolisis enzimatis dan produksi etanol. Kemudian dilakukan fermentasi anaerob dengan ragi *Saccaromyces cerevisiae*.

Penelitian ini difokuskan pada valorisasi ampas tebu yang merupakan limbah sampingan dari industri gula untuk produksi etanol. Proses sakarifikasi dan fermentasi simultan dimodelkan dan dioptimalkan. Selain itu, kinetika pertumbuhan sel *Saccharomyces cerevisiae* dan pembentukan etanol dalam kondisi optimal dinilai menggunakan model Gompertz logistik dan modifikasi. Metodologi permukaan respon (RSM) digunakan untuk optimasi dengan parameter input yang terdiri dari pembebanan enzim (20–100U / g), suhu (30–50 ° C) dan titer ragi (1-5 kali). Konsentrasi bioetanol maksimum 4,88 g / L diamati pada kondisi proses optimal 1 kali (titer ragi), 100U / g (pemuatan enzim) dan 39 ° C (suhu) (Jugwanth, 2019).

Pada penelitian Guiherme dkk (2019) Produksi etanol dengan proses sakarifikasi dan fermentasi serentak (SSF) dengan substrat ampas tebu dikembangkan menggunakan mode batch dan fed-batch. Pretreatment asam, alkali, hidrotermal dan hidrogen peroksida ke ampas tebu diuji. Percobaan dilakukan untuk mengoptimalkan beban enzim selulase dan β-glukosidase. Empat strain, dua spesies *Saccharomyces cerevisiae* dan dua spesies khamir *Kluyveromyces marxianus* dievaluasi menggunakan SSF untuk menghasilkan etanol. Sebuah studi kinetik di bioreaktor dilakukan untuk mengoptimalkan SSF.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang didapatkan berupa rendemen persen bioetanol dari beberapa jenis bahan baku serta variasi metode fermentasi dengan perlakuan yang berbeda-beda untuk setiap penelitian. Hasil penelitian telah dirangkum pada Tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Hasil Bioetanol se secara signifikan, terutama aktivitas

Sumber Bioetanol	Metode yang digunakan	Hasil Bioetanol	Referensi
Ampas Tebu	<i>Pretreatment</i> alkali dan fermentasi anaerob dengan <i>Zygomycetes</i>	81% v/v	Goshadrou dkk (2014)
Ampas Tebu	Fermentasi anaerob dengan <i>S. cerevisiae</i>	pH 4 = 11,95% , pH 4,5 = 14,8%, PH 3,5 = 11,6%, pH 3 = 10,7%	Wong dkk (2014)
Ampas Tebu	<i>Pretreatment</i> alkali, dan Fermentasi anaerob dengan <i>Zymomonas mobilis</i>	65,14 ± 0,19% v/v dan 61,81 ± 1,28% v/v	Yu Menhui (2016)
Ampas Tebu	<i>Pretreatment</i> alkali, Hidrolisis dan Fermentasi anaerob dengan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	15,3 g/100 g ampas tebu	Shena dkk (2011)
Ampas Tebu	Hidrolisis dan Fermentasi anaerob dengan <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	4,88 g/L	Jugwanth (2019)
Ampas Ttebu	Hidrolisis dan Fermentasi anaerob dengan <i>Kluyveromyces marxianus</i> dan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	88% w/v	Guiherme (2019)

xilanase. Hasil ini menunjukkan bahwa padatan

Pada penelitian yang dilakukan Goshadrou dkk (2011) Performa hidrolisis terbaik diperoleh setelah pretreatment dengan NaOH dibantu ultrasonikasi. Mikroorganisme zygomycetes menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam fermentasi hidrolisat. Dalam kasus terbaik, hidrolisat ampas tebu yang diolah dengan ultrasonografi NaOH diikuti dengan fermentasi 24 jam menghasilkan sekitar 81% hasil etanol teoritis yang sesuai. Selain itu, produktivitas etanol volumetrik tertinggi diamati pada hidrolisat ampas tebu yang telah diberi perlakuan awal NaOH, terutama setelah ultrasonikasi pada tahap pretreatment. Penelitian menurut Gebregergs (2016) tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan kulit pisang untuk produksi bioetanol dengan menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Pengaruh faktor hidrolisis diselidiki, dan kombinasi faktor yang dioptimalkan.

Hasil penelitian Wong (2014) menunjukkan bahwa pada konsentrasi etanol tertinggi diperoleh pH 4,5 dan suhu 35°C yaitu 14,8% disusul pH 4,0 yaitu 11,9%, kemudian pada pH 3,5 pada 11,6% dan pH 3,0 pada 10,7%. Ini menunjukkan bahwa pH 4,5 dan 35°C merupakan parameter optimum khamir untuk menghasilkan etanol.

Yu Menghui (2016) Hasil menunjukkan bahwa sakarifikasi enzimatis langsung dan fermentasi etanol substrat padat pra-perlakuan NaOH tanpa pencucian secara signifikan meningkatkan konversi gula fermentasi dan teori etanol. menghasilkan masing-masing dari 44,06 ± 0,93% dan 44,85 ± 1,15% menjadi 65,14 ± 0,19% dan 61,81 ± 1,28%. Eksperimen dimana larutan NaOH pretreated liquor (SL) ditambahkan ke dalam substrat padat NaOH yang telah diberi perlakuan awal menunjukkan hasil konversi gula yang dapat difermentasi meningkat secara signifikan. Selanjutnya dilakukan analisis Aktivitas enzim selama sakarifikasi enzimatis menunjukkan bahwa SL mempertahankan

lignoselulosa yang telah diberi perlakuan sebelumnya NaOH dapat digunakan untuk sakarifikasi enzimatis langsung dan etanol selanjutnya. fermentasi tanpa pencucian. Proses ini akan meningkatkan keberlanjutan dan kelangsungan ekonomi produksi bioetanol.

Ampas tebu sorgum manis diolah dengan uap untuk mengevaluasi pengaruh tiga faktor utama dan interaksinya pada reaktivitas substrat untuk hidrolisis. Hasil menunjukkan suhu pretreatment, resi- 1548 F. dence time, impregnasi SO<sub>2</sub> dan interaksi waktu tinggal dan impregnasi SO<sub>2</sub> berpengaruh nyata terhadap hidrolisis enzimatis dengan urutan waktu tinggal > suhu > impregnasi SO<sub>2</sub> > interaksi waktu tinggal dan impregnasi SO<sub>2</sub>. Persamaan konversi glukuan-glukosa (%) = -47,32 + 0,53 suhu (°C) + 2,30 waktu tinggal (menit) - impregnasi 0,93 SO<sub>2</sub> dosis (%) + 0,35 waktu tinggal (min) × dosis impregnasi SO<sub>2</sub> (%) dapat digunakan untuk memprediksi hasil hidrolisis pada pemuatan substrat 2%. Faktor-faktor yang disebutkan dan interaksinya semua tidak berpengaruh signifikan terhadap total hasil etanol. Namun, impregnasi 200°C, 7,5 menit dan 2,5% SO<sub>2</sub> bisa menjadi kondisi pretreatment yang sesuai, di mana total hasil etanol 15,3 g / 100 g SSB (D.W.) dengan 72,7% konversi heksosan menjadi etanol bisa dicapai (Shena dkk, 2011).

Menurut Jugwanth (2019) penelitian ini mengoptimalkan konsentrasi bioetanol dari SCB menggunakan pendekatan SSF. Selain itu, kinetika sel mikroba pertumbuhan dan pembentukan bioetanol dievaluasi dengan optimal kondisi masing-masing menggunakan model Gompertz logistik dan modifikasi. Model SSF yang dikembangkan memprediksi kondisi proses yang optimal 1 kali (titer ragi), 39° C (suhu) dan 100 U/g (enzim loading) dengan konsentrasi etanol eksperimental 4,88 g/L. Data kinetik yang diperoleh dengan model logistik memberikan spesifikasi yang maksimal laju

pertumbuhan ( $\mu_{maks}$ ) dan konsentrasi biomassa sel maksimum ( $X_{maks}$ ) sebesar 0,16 h<sup>-1</sup> dan 2,58 g/L masing-masing. Di sisi lain, maksimal laju produksi bioetanol (rpm), nilai konsentrasi bioetanol potensial maksimum ( $P_m$ ) dan jeda waktu (tL) sebesar 0,29 g/L / jam, 3,12 g/L dan 0,97 jam diamati masing-masing. Temuan ini mendemonstrasikan potensi limbah tebu untuk produksi bioetanol, dan tersedia wawasan yang signifikan untuk pengembangan proses SSF skala besar.

Dari hasil penelitian Guiherme dkk (2019) proses batch dioptimalkan menggunakan inokulum 1,0 g / L, selulosa 15,0 FPU / g selulosa dan 6,0% selulosa awal mencapai 92,0% hasil etanol teoritis setelah 18 jam menggunakan pretreatment ampas tebu dengan asam-alkali dan *S. cerevisiae* PE- 2. Proses fed-batch dengan beban enzim tiga kali lebih rendah daripada yang digunakan dalam proses batch, diperoleh 88% hasil etanol teoritis dalam 40 jam. Oleh karena itu, penggunaan biomassa lignoselulosa (ampas tebu) untuk menghasilkan biofuel (etanol) mengurangi kebutuhan minyak dan merupakan proses yang ramah lingkungan.

#### 4. SIMPULAN

Penggunaan bahan baku dari kulit buah-buahan yaitu kulit pisang, kulit nanas, kulit jeruk, dan kulit delima yang mengandung banyak glukosa, hemiselulosa, dan lignin dapat dijadikan alternatif dalam pembuatan bioetanol. Metode umum yang digunakan dalam produksi bioetanol adalah metode hidrolisis dan fermentasi anaerob dengan peran bakteri *Saccharomyces cerevisiae*.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa hasil rendemen hasil bioetanol terbesar pertama terdapat pada penelitian yang dilakukan oleh Guiherme dkk (2019) menunjukkan bahwa hasil bioetanol dari ampas tebu sebesar 88% w/v dengan . dengan pretreatment *alkali* metode hidrolisis dan fermentasi anaerob melalui enzim *Kluyveromyces marxianus* dan *Saccharomyces cerevisiae*. Kemudian hasil terbesar kedua terdapat pada penelitian menurut Goshandrou dkk (2014) menghasilkan persen etanol sebesar 81%v/v dari ampas tebu. dengan metode hidrolisis dan fermentasi anaerob melalui enzim *Zygomycetes*.

#### DAFTAR PUSTAKA

Goshadrou, Amir dkk. 2011. *Bioethanol production from sweet sorghum bagasse by Mucor hiemalis*. *International Journal Industrial Crops and Products*. Vol. 34, hal 1219-1225.

Guiherme, Alexandre., Dantas, Paulo., Padilha, Carlos, Santos, Everaldo., dan Macedo, Gorete. 2019. *Ethanol production from sugarcane bagasse: Use of different fermentation strategies to enhance an environmental-friendly process*. *Journal of Environmental Management* Volume 234, , Pages 44-51.

Jugwanth, Yanchal., Sukai, Sewsynker., Kana, Gueguim. 2019. *Valorization of sugarcane bagasse for bioethanol production through simultaneous saccharification and fermentation: Optimization and kinetic studies*. *International Journal of Fuel*.

Kurien, Noble., Binod, Parameswaran., Sindhu, Raveendran., Singhanian, R.R., Vikram, Surender., Devi, Lalitha., Nagalaksmi, Satya., Sukumaran, R.J., dan Pandey, Ashok. 2010. *Bioethanol production from rice straw: An overview*. *Bioresour. Technol.* 101, 4767–4774.

Sebayang, A. H., Masjuki, H. H., Ong, H. C., Dharma, S., Silitonga, A. S., Mahlia, T. M. I., dan Aditiya, H. B. 2016. *Perspektif produksi bioetanol dari biomassa sebagai bahan bakar alternatif untuk mesin pengapian busi*. *RSC Adv.* 6, 14964–14992.

Shena, Fei., Saddler, Jack., Liuc, Ronghou., Denga, Shihuai., Zhanga, Yanzong., Yanga, Gang., Xiaoa, Hong., dan Li, Yuanwei. 2011. *Evaluation of steam pretreatment on sweet sorghum bagasse for enzymatic hydrolysis and bioethanol production*. *International Journal Carbohydrate Polymers*. Volume 86, Issue 4, , Pages 1542-1548.

Wilson, D.B. 2011. *Microbial diversity of cellulose hydrolysis*. *Curr. Opin. Microbiol.* 14, 259–263.

Wong Dan Sanggari. 2014. *Bioethanol Production From Sugarcane Bagasse Using Fermentation Process*. *Oriental Journal of Chemistry, Vol 30 No.2*.

Yu, Menghui., Li, Jihong., Chang, Sandra., Zhang, Lei., Mao, Yueying., Cui, Ting., Yan, Zhipei., Luo, Chunliang., dan Li, Shizong. 2016. *Bioethanol production using the sodium hydroxide pretreated sweet sorghum bagasse without washing*. *International Journal of Fuel*. Vol. 175 Hal 22-25.