

**Review Artikel**  
**VARIASI PRODUKSI BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT BUAH-  
BUAHAN MENGGUNAKAN RAGI *Saccaromyces Cerevisiae***

***THE VARIATIONS OF BIOETHANOL PRODUCTION FROM FRUIT  
PEELS WASTE BY USING *Saccaromyces Cerevisiae*:  
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 first largest yield of bioethanol is found in a study conducted by Gebregergs et al. (2016) showing that bioethanol yield from banana peels of 45.088% ethanol is obtained at an acid concentration of 1.50% v/v. retention time 21.66 minutes. Then the second largest result was found in research according to Demiray et al. (2018) producing a percent ethanol of 44.9% v/v ± 55.58 g/L from pomegranate peel raw material. In a study according to Octria et al. (2019), from raw materials of pineapple peel, a percent yield of bioethanol was 30.15% w/w using hydrolysis and anaerobic fermentation methods through the enzyme *Saccaromyces cerevisiae*.*

*Keywords : Bioethanol, anaerobic fermentation, banana peels, pomegranate peels, pineapple peels.*

## 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 buah-buahan. Menurut Gaddafi dkk., (2016) menggunakan limbah kulit pisang sebagai substrat untuk produksi bioetanol dengan tujuan untuk menghasilkan bioetanol dari kulit pisang dengan teknologi *pretreatment* menggunakan air, *pretreatment* alkali, dan *pretreatment* asam. Pada *pretreatment* alkali menggunakan NaOH 10% (wt/wt) dan cairan dengan perbandingan serat 6:1, dan *pretreatment* asam menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10% (wt/wt). Pemanasan sampel dilakukan pada suhu 120°C selama enam jam dan tekanan vakum. Hidrolisis asam yang digunakan untuk hidrolisis yang kemudian dilanjutkan dengan fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* selama tiga hari. Kadar glukosa yang diperoleh dari kulit pisang diperkirakan menggunakan larutan Benediktus dan hasilnya menunjukkan bahwa kulit pisang merupakan sumber bioetanol yang sangat baik meskipun rendemennya tergantung pada perlakuan awal.

Gebregergs dkk (2016) memproduksi bioetanol dari limbah kulit pisang menggunakan metode penelitian yang bertujuan mengoptimalkan kondisi parameter (konsentrasi asam, suhu dan waktu) untuk menghidrolisis limbah kulit pisang sehingga diperoleh jumlah gula yang dapat difermentasi secara maksimal dengan melakukan serangkaian analisis eksperimental. Potongan sampel dijemur di bawah sinar matahari ringan selama dua hari dan kemudian dikeringkan pada suhu 60°C dalam oven selama satu hari. Selanjutnya, sampel dikeluarkan dari tempat pengering setelah cukup kering untuk dihancurkan. Sampel kulit pisang sebanyak 30gr dipotong-potong kemudian dihancurkan dalam penggiling. Pada sampel menambahkan rasio 10:1 (v/w) air suling ke sampel secara terpisah. Molekul lignoselulosa harus dipecah menjadi gula bebas sebelum fermentasi diperlukan untuk produksi bioetanol. Kemudian dilakukan *pretreatment* dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> encer. Sampel dihidrolisis dalam reaktor antara 70°C dan 110°C selama 10-30 menit. Setelah hidrolisis, dilakukan pengaturan pH dengan 1M NaOH sampai mencapai pH 7. Partikel yang tidak larut dipisahkan

dari hidrolisat dengan cara filtrasi. Media disiapkan untuk proses fermentasi. Fermentasi dengan *S. cerevisiae* dan *benzathine penisilin G.* secara anaerob selama 24 jam pada suhu 30°C.

Pada penelitian yang dilakukan Ranjan (2014) mengenai produksi bioetanol dilakukan pada berbagai parameter seperti suhu, pH dan waktu inkubasi untuk menentukan kondisi optimal produksi bioetanol terbaik dengan menggunakan kulit pisang dan jeruk. Produksi bioetanol dengan bahan baku kulit pisang dan kulit jeruk menggunakan metode fermentasi anaerob dengan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* dan *Bacillus Sutilis*. Diawali dengan persiapan substrat yang telah dikeringkan dan berukuran kecil kemudian dilakukan *pretreatment* alkali dengan NaOH 2%. Kemudian Substrat dikenai perlakuan panas dengan autoklaf selama satu jam pada 121°C. Setelah perlakuan panas, substrat dinetralkan dengan asam asetat dan natrium hidroksida. Substrat dikeringkan pada suhu 60°C dalam oven selama 12 jam. Hidrolisis enzimatis dilakukan dalam campuran reaksi yang mengandung 5mg substrat yang telah diberi perlakuan awal dalam 100 ml *buffer* sitrat 0,1M dengan 5µl enzim selulase kasar pekat, pH diatur menjadi 4,5. Campuran reaksi diinkubasi pada *rotary shaker* pada suhu 30°C, 75rpm selama 24 jam. Setelah 24 jam inkubasi, campuran reaksi dididihkan selama 2 menit sampai sampai 45°C. *Saccharomyces cerevisiae* akan menunjukkan pertumbuhan sel yang tinggi dan laju produksi etanol. Fermentasi dilakukan pada suhu 10, 20, 30, dan 40°C untuk menentukan suhu optimal produksi Bioetanol dengan penggunaan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Bacillus subtilis*.

Itelima dkk (2013) menyatakan pada penelitiannya mengenai produksi bioetanol dari kulit pisang dan kulit nanas menggunakan metode hidrolisis dan fermentasi anaerob dengan peran bakteri *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cerevisiae*. Fermentasi dilakukan selama 7 hari yang terjadi pengurangan konsentrasi gula berkisar antara 0,27-0,94 mg/cm<sup>3</sup> untuk kulit nanas, 0,20-0,82 mg/cm<sup>3</sup> untuk pisang.

Produksi bioetanol dari kulit pisang Menurut Nwabanne dan Aghadi (2018) menggunakan metode hidrolisis dan fermentasi anaerob dengan peran bakteri dengan *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cerevisiae*. Inokulum fermentasi 100 ml akuades dipanaskan sampai 40°C dalam labu pengocok dan 0,5% (w/w) *Saccharomyces cerevisiae* ditambahkan ke air hangat. Campuran dibiarkan pada 150 rpm selama 10 menit. Hidrolisis enzimatis dengan *Aspergillus niger* dilakukan di suhu yang berbeda, untuk waktu yang berbeda interval dan pada tingkat pH yang berbeda. Ini sudah selesai menggunakan labu kerucut 250 cm<sup>3</sup> berisi 50 cm<sup>3</sup> dari 5% inokulum *A. niger* dan 11g kulit sampel. Campuran diinkubasi pada *shaker* dengan laju agitasi 300 rpm dan selanjutnya disaring 30cm<sup>3</sup> media yang diperoleh dari hidrolisis enzimatis digunakan untuk melakukan fermentasi. Itu media diinokulasi dengan pertumbuhan 5% (v/v) media yang mengandung *Saccharomyces cerevisiae* yang

diaktifkan dan diinkubasi pada pengocok dengan laju agitasi 300 rpm dengan berbagai variasi suhu, waktu dan Ph.

Produksi bioetanol dari kulit pisang menurut Chongkhong (2017) menggunakan metodologi permukaan respons dalam proses dua langkah yaitu hidrolisis cuka kulit pisang kemudian fermentasi anaerob dengan ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Kandungan gula (glukosa) dalam hidrolisat dimaksimalkan selama rentang konsentrasi cuka, daya gelombang mikro dan waktu hidrolisis. Kadar glukosa maksimal 15,3 g/L dicapai dengan menggunakan cuka 1,47% w/w dan daya gelombang mikro 465 W selama 10 menit, dan digunakan untuk memaksimalkan kandungan etanol.

Octria dkk (2018) pada penelitiannya mengenai pemanfaatan kulit nanas sebagai bioetanol yakni dilakukan proses ekstraksi dilakukan dengan cara menghaluskan kulit nanas. Proses fermentasi berlangsung secara anaerob pada pH 4-5 menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* sebagai mikroorganisme yang akan memecah glukosa menjadi etanol. Agar pertumbuhan dan perkembangbiakan ragi optimal, ditambahkan urea sebanyak 4 gram sebagai nutrisi ke dalam media. Untuk memisahkan etanol yang terbentuk, proses destilasi dilakukan pada suhu 85-90°C selama kurang lebih 3 jam. sampai hasil sulingan tidak menetes lagi. Pada penelitian ini digunakan variasi rasio berat ragi dan lama waktu fermentasi.

Pada penelitian Casabar dkk (2019) mengenai pemanfaatan kulit nanas sebagai bioetanol dimana terdapat pengaruh *pretreatment* alkali dan hidrolisis mikroba melalui *Trichoderma Harzianum* dari kulit buah nanas dievaluasi. Di antara empat konsentrasi NaOH, NaOH 0% memberikan total tertinggi dan gula reduksi ( $458.44 \pm 13.6$  g/L dan  $279.67 \pm 21$  g/L) dari konsentrasi NaOH 1%, 3%, dan 5%. Sampel diolah sebelumnya dengan 0% NaOH dilakukan hidrolisis mikroba yang menunjukkan peningkatan gula reduksi sampel.

Produksi bioetanol dari kulit nanas menurut Efunwoye dkk (2019) pada penelitiannya menyatakan bahwa produksi bioetanol dari limbah nanas diselidiki menggunakan keadaan padat metode fermentasi. *Aspergillus niger* dikultur bersama dengan *Saccharomyces cerevisiae* pada substrat untuk menghasilkan kegiatan sakarifikasi dan fermentasi. Mikroorganisme diisolasi dari sumber alami; tanah dan anggur palem. Dua strain *A. niger* yang menghidrolisis selulosa tertinggi adalah dipilih untuk penelitian. Dua galur *Saccharomyces cerevisiae* diidentifikasi menggunakan studi morfologi kolonial dan berbagai tes biokimia. Strain yang menunjukkan toleransi sampai konsentrasi 15% etanol dipilih untuk studi produksi bioetanol dengan cara kultur bersama dengan masing-masing dua strain *A. niger* dipilih.

Pemanfaatan kulit delima sebagai bioetanol menyatakan bahwa konversi kulit delima, yang merupakan produk sampingan yang berlimpah dan berharga industri jus buah untuk nilai tambah produk

seperti etanol. Beberapa parameter penting seperti *pretreatment* H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,5%, 1%, 1,5% v/v), periode fermentasi (6, 12, 24 jam), awal pemuatan substrat (dari 2,5 hingga 150 g/L) dioptimalkan pada fermentasi pertama percobaan dilakukan dengan ragi *S. cerevisiae* dan *P. spitiipis*. Setelah menemukan kondisi optimal untuk produksi etanol ragi, pengaruh nitrogen yang berbeda sumber [ekstrak ragi - pepton dan (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>] dan garam logam (kombinasi K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>) Demiray dkk, 2018.

### 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.

Pada penelitian yang dilakukan Gaddafi dkk (2016) tahap fermentasi berlangsung selama tiga hari dan hasil *pretreatment* air memberikan konsentrasi bioetanol paling kecil yaitu 40 ppm diikuti dengan *pretreatment* asam yang menghasilkan konsentrasi glukosa tertinggi selama hidrolisis, namun menghasilkan konsentrasi etanol 60 ppm. Terakhir, *pretreatment* alkali menghasilkan konsentrasi etanol 80 ppm. Hasilnya menunjukkan bahwa jumlah gula yang tinggi setelah hidrolisis tidak menjamin produksi etanol yang tinggi setelah fermentasi. Selain itu, dipastikan bahwa produksi bioetanol bergantung pada perlakuan awal.

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 dengan desain permukaan respon ditemukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 45,088% etanol diperoleh pada konsentrasi asam 1,50% v/v, waktu retensi 21,66 menit.

Hasil penelitian Ranjan (2014) menyatakan bahwa *S. cerevisiae* dan *B. subtilis* keduanya menunjukkan hasil maksimum bioetanol pada 40°C, 4,07% (v/v) dan 4,10% (v/v) masing-masing untuk kulit jeruk. Untuk kulit pisang *S. cerevisiae*, *B. subtilis* keduanya telah menunjukkan produksi etanol maksimum pada 30°C, 2,86% (v/v) dan 3,89% (v/v) berturut-turut. Untuk kulit jeruk dan pisang, *B. subtilis* menunjukkan produksi etanol maksimum pada pH 7 tetapi *S. cerevisiae* menunjukkan produksi etanol maksimum pada pH 5 dari kulit jeruk dan pada pH 4 dari kulit pisang. Nilai berat jenis dan yodium dari bioetanol yang dihasilkan melalui fermentasi dengan *S. cerevisiae* ditemukan lebih dekat dengan etanol murni.

Menurut Chongkhong (2017) hasil maksimal 9,2% v/v etanol diperoleh dengan ragi 4% w/w, pH awal 4,8, pada 28°C selama 192 jam. Hasilnya menunjukkan bahwa kombinasi aplikasi gelombang mikro dan hidrolisis asam organik dapat memberikan kontribusi yang hemat biaya dalam produksi etanol dari limbah biologis.

Hasil penelitian telah dirangkum pada Tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Hasil Penelitian Produksi Bioetanol dari kulit buah-buahan

No.	Sumbe			ensi
1	Kulit Pisang	<i>Pretreatment</i> (air, alkali, dan asam) dan Fermentasi anaerob dengan <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Pretreatment air = 0,04 g/l, pretreatment asam = 0,06 g/l , dan pretreatment alkali = 0,08 g/l	Gaddafi dkk (2016)
2	Kulit Pisang	<i>Pretreatment</i> asam, dan Fermentasi anaerob dengan <i>S. cerevisiae</i> dan <i>benzathine penisilin G</i>	45,088% v/v	Gebregergs dkk (2016)
3	Kulit Pisang dan Kulit Jeruk	<i>Pretreatment</i> alkali, dan Fermentasi anaerob dengan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> dan <i>Bacillus Sutilis</i>	Kulit Jeruk : 4,07% v/v ( <i>S.cerevisiae</i> ) 4,10% v/v ( <i>B.Sutilis</i> ) Kulit Pisang : 2,86% v/v ( <i>S.cerevisiae</i> ) 3,89% v/v ( <i>B.Sutilis</i> )	Ranjan (2014)
4	Kulit Nanas dan Kulit Pisang	Hidrolisis dan Fermentasi anaerob dengan <i>Aspergillus niger</i> dan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	Kulit Nanas = 8,34% v/v Kulit Pisang = 7,45% v/v	Itelima dkk (2013)
5	Kulit Pisang	Hidrolisis dan Fermentasi anaerob (dengan <i>Aspergillus niger</i> dan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> )	122 gr/ml atau 8,1% w/w	Nwabanne dan Aghadi (2018)
6	Kulit Pisang	Hidrolisis dan Fermentasi anaerob dengan <i>Aspergillus niger</i> dan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	9,2% v/v	Chongkhong (2017)
7	Kulit Nanas	Hidrolisis dan Fermentasi anaerob dengan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	30,15% w/w	Octria dkk (2018)
8	Kulit Nanas	<i>Pretreatment</i> Alkali , Hidrolisis, dan Fermentasi dengan ( <i>Trichoderma Harzianum</i> dan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> )	5,98% v/v ± 1,01 g/L	Casabar dkk (2019)
9	Kulit Nanas	Hidrolisis dan Fermentasi anaerob dengan <i>Aspergillus niger</i> dan <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	11,3% v/v	Efunwoye dkk (2019)
10	Kulit Delima	<i>Pretreatment</i> asam, dan Fermentasi anaerob dengan <i>S. cerevisiae</i> dan <i>P. spitipis</i> .	44,9% v/v ± 55,58 g/L	Demiray dkk (2018)

Itelima dkk (2013) menyatakan hasil etanol yang optimal adalah 8,34% v/v dan 7,45% v/v untuk kulit nanas dan kulit pisang masing-masing. Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah dari buah-buahan yang mengandung gula yang dapat difermentasi tidak bisa lagi dibuang ke lingkungan kita tapi harus diubah menjadi produk yang bermanfaat seperti bioetanol yang bisa dijadikan alternatif sumber energi. Pada penelitian yang dilakukan Nwabanne dan Aghadi (2018) menyatakan hasil bioetanol dari kulit pisang sebesar 122 gr/ml atau 8,1% w/w.

Dari hasil penelitian Octria dkk (2018) dengan berat 500 gram kulit nanas menghasilkan etanol dengan kadar optimal 30,15% (w/w), rendemen 16,07%, konversi glukosa sebesar 31,25% dengan lama fermentasi selama 2 hari. Kemudian Casabar dkk (2019) menyatakan bahwa pada akhir percobaan menghasilkan bioetanol 5,98% v/v ± 1,01 g/L dari kulit buah nanas berhasil

diproduksi pada 48 jam fermentasi. Hasil produksi bioetanol dari kulit nanas menunjukkan adanya proses fermentasi dihentikan pada 120 jam dengan konsentrasi bioetanol tertinggi 11,3% (v/v) (Efunwoye dan Oluwole, 2019)

Menurut Demiray dkk (2018) pada produksi bioetanol dari kulit delima juga diteliti untuk meningkatkan rendemen, hingga 44,9% untuk *S. cerevisiae*, yang mencapai 5,58 g/L pada akhir fermentasi 12 jam, sesuai dengan produktivitas 0,46 g/L/ jam, sedangkan Pada *Pichia stipitis* ketentuan dapat menghasilkan 2,95 g/L etanol. Penelitian ini menunjukkan bahwa kulit buah delima merupakan bahan baku yang menjanjikan kedua produksi etanol.

#### 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 *Saccaromyces cerevisiae*.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa hasil rendemen hasil bioetanol terbesar pertama terdapat pada penelitian yang dilakukan oleh Gebregergs dkk (2016) menunjukkan bahwa hasil bioetanol dari kulit pisang sebesar 45,088% etanol diperoleh pada konsentrasi asam 1,50% v/v, waktu retensi 21,66 menit. Kemudian hasil terbesar kedua terdapat pada penelitian menurut Demiray dkk (2018) menghasilkan persen etanol sebesar 44,9% v/v ± 55,58 g/L dari bahan baku kulit delima. Pada penelitian menurut Octria dkk (2019) dari bahan baku kulit nanas dihasilkan rendemen persen bioetanol sebesar 30,15% w/w dengan metode hidrolisis dan fermentasi anaerob melalui enzim *Saccaromyces cerevisiae*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Casabar J.T., Unpaprom Y., Ramaraj R. 2019. *Fermentation of pineapple fruit peel wastes for bioethanol production. Biomass Conversion and Biorefinery*. 9:761-765.
- Chongkhong, Sininart. 2017. *Response surface optimization of ethanol production from banana peels by organic acid hydrolysis and fermentation. Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 39(2): 245-252.
- Demiray, Ekin. Karatay, S.E. Donmez, Gonul. 2018. *Evaluation of Pomegranate Peel in Ethanol Production by Saccharomyces cerevisiae and Pichia stipitis. International Journal of Energy*.
- Efunwoye, O.O. dan Oluwole, O.R. 2019. *Bioethanol Production from Pineapple Waste by Solid State Fermentation Method. Nigerian Journal of Microbiology*, 33(2): - 4811- 4820.
- Gaddafi, I.D., Muhammad, A.M., Shamsuddeen, A.A., Usman, J.B . 2016. *Bioethanol Production from Banana Peels. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT), Volume 10, Issue 6*.
- Gebregergs, Alula., Gebresemati, Mebrahtom., Sahu, Omprakash. 2016. *Industrial ethanol from banana peels for developing countries: Response surface methodology. International Journal Natural Science and engineering xxx. Hal. 1-6*.

- Itelima J., Onwuliri F, Onwuliri E, Onyimba I, dan Oforji S. 2013. *Bioethanol production from banana, plantain and pineapple peels by simultaneous saccharification and fermentation process. International Journal of Environmental Science and Development*. 4(2):213-216.
- 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.
- Manikandan dan Viruthagiri. 2010. *Kinetic and optimization studies on ethanol production from corn flour. Int. J. Chem. Biol. Eng*. 3 (2): 65- 71.
- Morris, D. 1993. *Ethanol: A 150 Year Struggle toward a Renewable Future. Washington: Institute for Local Self-Reliance*. 1993.
- Nwabanne J.T. dan Aghadi, C.B. 2018. *Statistical Modelling of Enzymatic Hydrolysis of Banana Peels for Bioethanol Production. Current Journal of Applied Science and Technology*. 28(4): 1-14.
- Octria M., Roni K.A., Atikah. 2018. *Bioethanol production optimization from pineapple leather filtrates. International Journal of Engineering and Technology*. 7(4):5225-5228.
- Ranjan, Amit. 2014. *A comparative study of Bioethanol Production ability of Bacillus subtilis and Sacchromyces cerevisiae using Banana and Orange Peels. International Journal of Scientific & Engineering Research*,
- 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.
- Shuvashish. Mohanty, R.C., Ray, R.C. 2010. *Ethanol fermentation of mahula (Madhucalatifolia) flowers using free and immobilized bacteria Zymomonas mobilis MTCC 92. Biologia* 65, 416-421.
- 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*.