

## Kajian Pustaka Potensi Kulit Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol

Fika Nurul Hafidzoh\*, Bertha Rusdi, Kiki Mulkiya Yuliatwati

Prodi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Islam Bandung, Indonesia.

\*[fikanurul25@gmail.com](mailto:fikanurul25@gmail.com), [bertharusdi78@gmail.com](mailto:bertharusdi78@gmail.com), [qqmulkiya@gmail.com](mailto:qqmulkiya@gmail.com).

**Abstract.** *One type of fruit that is widely cultivated in Indonesia is pineapple. Pineapple fruit that is produced produces a high enough waste, and if it is not used it will cause an unpleasant odor due to the process of decay. Pineapple peel is one of the agricultural wastes that can produce bioethanol because it contains carbohydrates such as reducing sugars. The presence of high carbohydrate and sugar content is converted into bioethanol through a fermentation process with the help of microorganisms. The purpose of this study was to determine how the mechanism of making bioethanol from pineapple peels, to find out what factors influence the levels of bioethanol produced from pineapple peel fermentation, and to find out what the optimal conditions are to obtain the highest levels of bioethanol from pineapple peels. This study uses a systematic literature review method with stages, namely library research, screening based on inclusion and exclusion criteria and data extraction from 6 journals. The results of this study indicate that the mechanism for making bioethanol starts from the process of hydrolysis, fermentation, then distillation. The factors that influence the fermentation process are the type and number of microbes used, length of fermentation time, pH, additives, and temperature. Among the six journals, the highest bioethanol content obtained was 38%, using *Saccharomyces cerevisiae* mobilized in alginate granules with a fermentation time of 4 days, and 14 grams of yeast used.*

**Keywords:** *Bioethanol, Pineapple peel, Saccharomyces cerevisiae*

**Abstrak.** Salah satu jenis buah-buahan yang banyak dibudidayakan di Indonesia yaitu buah nanas. Buah nanas yang diproduksi menghasilkan limbah yang cukup tinggi, dan jika tidak dimanfaatkan maka akan menimbulkan bau yang tidak sedap karena terjadi proses pembusukan. Kulit nanas merupakan salah satu limbah pertanian yang dapat menghasilkan bioetanol karena mengandung karbohidrat seperti gula reduksi. Adanya kandungan karbohidrat dan gula yang cukup tinggi diubah menjadi bioetanol melalui proses fermentasi dengan bantuan mikroorganisme. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui bagaimana mekanisme pembuatan bioetanol dari kulit nanas, untuk mengetahui apa saja faktor yang mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi kulit nanas, serta untuk mengetahui bagaimana kondisi optimal untuk memperoleh bioetanol dengan kadar tertinggi dari kulit nanas. Penelitian ini menggunakan metode kajian pustaka sistematis dengan tahapan yaitu penelusuran pustaka, penyaringan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi serta ekstraksi data dari 6 jurnal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mekanisme pembuatan bioetanol dimulai dari proses hidrolisis, fermentasi, kemudian destilasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi adalah jenis dan jumlah mikroba yang digunakan, lamanya waktu fermentasi, pH, zat tambahan, dan suhu. Diantara keenam jurnal kadar bioetanol tertinggi yang diperoleh yaitu sebesar 38%, menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* termobilisasi dalam butiran alginat dengan waktu fermentasi selama 4 hari, dan khamir yang digunakan sebanyak 14 gram.

**Kata Kunci:** *Bioetanol, kulit nanas, Saccharomyces cerevisiae*

## A. Pendahuluan

Salah satu penyumbang nilai ekspor di Indonesia adalah industri pertanian yang menghasilkan limbah sebagai produk samping dan pemanfaatannya sangat terbatas serta memiliki nilai ekonomi yang rendah (27). Salah satu jenis buah-buahan yang banyak dibudidayakan di Indonesia yaitu buah nanas. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, buah nanas yang diproduksi di Indonesia tahun 2021 mencapai 2,4 juta ton, dan menghasilkan limbah buah nanas sebesar 27% dari total produksinya (20).

Apabila limbah buah nanas tidak dimanfaatkan maka akan menimbulkan bau yang tidak sedap yang disebabkan oleh pembusukan yang terjadi karena aktivitas mikroorganisme (21). Proses pembusukan menghasilkan gas metana dan karbondioksida yang menyebabkan terjadinya kenaikan emisi penyebab efek rumah kaca yang memicu pemanasan global (7). Oleh karena itu, pengolahan limbah pertanian seperti kulit buah nanas perlu diperhatikan agar industri pertanian terus berkembang tanpa menimbulkan pencemaran lingkungan (10).

Kulit nanas merupakan salah satu limbah pertanian yang dapat menghasilkan bioetanol karena mengandung karbohidrat seperti gula reduksi (1). Adanya kandungan karbohidrat dan gula yang cukup tinggi diubah menjadi bioetanol melalui proses fermentasi dengan bantuan mikroorganisme (2). Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi perolehan bioetanol dari hasil fermentasi adalah suhu, pH, oksigen dan mikroba yang digunakan (24).

Bioetanol diperoleh dari gula yang merupakan hasil aktivitas fermentasi dari sel khamir (18). Adapun kriteria pemilihan khamir untuk memproduksi bioetanol diantaranya yaitu harus memiliki laju pertumbuhan dan laju fermentasi yang cepat, serta mampu menghasilkan bioetanol yang banyak (17). Khamir yang digunakan pun harus tahan terhadap konsentrasi bioetanol dan glukosa tinggi, tahan terhadap konsentrasi garam tinggi, pH optimum fermentasi rendah, serta temperatur optimum fermentasi sekitar  $25^{\circ}\text{C}$ - $30^{\circ}\text{C}$  (35).

Berdasarkan latar belakang diatas maka diperoleh beberapa rumusan masalah, yaitu:

1. Bagaimana mekanisme pembuatan bioetanol dari kulit nanas?
2. Apa saja faktor yang mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi kulit nanas?
3. Bagaimana kondisi untuk memperoleh bioetanol dengan kadar tertinggi dari kulit nanas?

Tujuan dari kajian pustaka ini yaitu untuk mengetahui bagaimana mekanisme pembuatan bioetanol dari kulit nanas, untuk mengetahui apa saja faktor yang mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi kulit nanas, serta untuk mengetahui bagaimana kondisi optimal untuk memperoleh bioetanol dengan kadar tertinggi dari kulit nanas.

Berdasarkan hal tersebut diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu dapat memberikan informasi ilmiah mengenai mekanisme, faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi dan kondisi optimal pembuatan bioetanol dari kulit nanas.

## B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan berupa kajian pustaka secara sistematis dengan tahapan yaitu penelusuran pustaka, penyaringan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi serta ekstraksi data. Tahap pertama yaitu penelusuran pustaka melalui basis data Google Scholar dengan kata kunci dalam Bahasa Indonesia “Pembuatan” dan “Bioetanol” dan “Kulit Nanas” dan “mikroba” dan “Fermentasi”. Kata kunci digunakan sendiri atau dalam bentuk kombinasi. Kemudian sumber pustaka yang akan digunakan diseleksi menggunakan kriteria inklusi yang meliputi artikel terpublikasi setelah tahun 2010, menggunakan Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris, berupa jurnal lengkap dan berupa artikel penelitian mengenai produksi bioetanol dari kulit nanas yang mencantumkan rendemen etanol yang dihasilkan. Sedangkan kriteria eksklusi dari sumber

yang di seleksi meliputi kajian pustaka dari jurnal yang diterbitkan lebih dari 10 tahun terakhir. Selanjutnya dilakukan ekstraksi data dari 8 artikel yang dipilih. Data yang diperoleh dianalisis untuk menjawab rumusan masalah penelitian.

### C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Berdasarkan kajian pustaka yang telah dilakukan, diperoleh beberapa artikel dari Google Scholar, bahwa kulit nanas memiliki potensi sebagai bahan baku pembuatan bioetanol dan juga diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi, serta bagaimana kondisi optimal untuk memperoleh bioetanol dengan kadar tertinggi.

**Tabel 1.** Hasil Kajian Pustaka Potensi Kulit Nanas Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol

| No | Mikroba yang digunakan          | Perbandingan kulit nanas dan air | pH  | Waktu fermentasi | Jumlah Mikroba (gram) | Perolehan Bioetanol (%) | Pustaka                        |
|----|---------------------------------|----------------------------------|-----|------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 1  | <i>Saccharomyces cereviceae</i> | 1:2                              | 4-5 | 2-10 hari        | 20-40                 | 0,793 - 3,965           | Yusmartini <i>et al</i> , 2020 |
| 2  | <i>Saccharomyces cereviceae</i> | 1:2                              | 4,5 | 1-4 hari         | 10                    | 10,42 - 28,05           | Fitria dan Lindasari, 2020     |
| 3  | <i>Saccharomyces cereviceae</i> | 1:2                              | 5   | 2-4 hari         | 0,5                   | 1 -8                    | Mandari <i>et al</i> , 2014    |
| 4  | <i>Saccharomyces cereviceae</i> | 1:2                              | 4-5 | 4 hari           | 14                    | 33-38                   | Nulhakim <i>et al</i> , 2019   |
| 5  | <i>Saccharomyces cereviceae</i> | 1:2                              | 4-5 | 1-5 hari         | 6                     | 4,5 - 31,39             | Susanti <i>et al</i> , 2013    |
| 6  | <i>Zymomonas mobilis</i>        | -                                | 4-5 | 1 hari           | -                     | 10 -11                  | Safitri dan Zul Amraini, 2014  |

#### 1. Mekanisme Pembuatan Bioetanol Secara Umum

Secara umum, proses pembuatan bioetanol terdiri dari 3 tahap yaitu pengubahan polisakarida menjadi gula sederhana, fermentasi, dan proses pemurnian etanol (destilasi) (8). Bioetanol dapat diproduksi dari berbagai macam bahan baku berbeda dan dikelompokkan menjadi 3, yaitu bahan berpati (gandum, jagung, kentang), bahan berselulosa (kulit nanas, kayu, rumput), dan bahan bersuksora (gula tebu, gula bit, shorgum). Adapun bahan berselulosa lain yang dapat menghasilkan bioetanol yaitu padi, alang-alang, dan Jerami(25). Selulosa dalam kulit nanas merupakan salah satu komponen utama yang terdapat pada dinding tanaman yang tersusun atas monomer glukosa, oleh karena itu selulosa dapat digunakan sebagai bahan baku untuk memperoleh bioetanol (33). Proses pengubahan selulosa menjadi gula dapat dilakukan dengan menggunakan asam pekat seperti asam sulfat.

Fermentasi merupakan suatu proses pemecahan senyawa organik khususnya gula, dengan bantuan mikroba dalam kondisi anaerob sehingga dihasilkan gula yang lebih sederhana (16). Selama proses fermentasi berlangsung, mikroba memproduksi enzim untuk mengubah gula menjadi etanol (32). Adapun mikroba yang banyak digunakan untuk memproduksi bioetanol yaitu dari genus khamir, khamir yang sering digunakan pada proses fermentasi adalah *Saccharomyces cerevisiae* (14). Saat proses fermentasi, khamir menghasilkan enzim zymase yang mengubah glukosa menjadi etanol, kerja enzim zymase hanya spesifik pada glukosa karena tidak semua karbohidrat dapat dikonversi menjadi glukosa (16). Menurut (34), *Z. mobilis* secara efisien mampu memfermentasi glukosa, fruktosa, sukrosa menghasilkan etanol melalui enzim piruvat dekarboxilase dan alkohol dehydrogenase yang dihasilkan.

Setelah proses fermentasi selesai, dilakukan destilasi untuk memisahkan etanol. Destilasi merupakan suatu proses pemisahan zat cair dari campurannya berdasarkan perbedaan titik didih

atau berdasarkan kemampuan zat untuk menguap (26). Titik didih etanol murni adalah 78°C sedangkan air adalah 100°C (11). Dimana zat cair dipanaskan hingga titik didihnya, serta mengalirkan uap ke dalam alat pendingin (kondensor) dan mengumpulkan hasil pengembunan sebagai zat cair (28).

## 2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Fermentasi

Setelah dilakukan pengkajian terhadap 6 jurnal yang dimasukkan dalam penelitian ini, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses fermentasi kulit nanas menjadi bioetanol yaitu :

### a. Jenis dan Jumlah Mikroba

Pada jurnal pertama (35), menggunakan khamir *S. cerevisiae* sebanyak 30 g untuk memperoleh kadar bioetanol tertinggi. Semakin banyak dosis *S. cerevisiae* yang diberikan maka kadar bioetanol semakin meningkat (30). Pada penambahan 40 g *S. cerevisiae*, diperoleh kadar bioetanol 3,873%, lebih rendah dibandingkan penambahan 30g *S. cerevisiae* diperoleh kadar bioetanol 3,965%. Hal ini terjadi karena jumlah nutrisi yang tersedia tidak sebanding dengan dengan jumlah *S. cerevisiae* yang lebih banyak, sehingga *S. cerevisiae* kekurangan makanan yang mengakibatkan kinerja *S. cerevisiae* menurun dan mengakibatkan kadar bioetanol yang dihasilkan akan menurun juga (35). Pada jurnal kedua (15), menggunakan khamir *S. cerevisiae* sebanyak 0,5 g untuk proses fermentasi agar memperoleh kadar bioetanol tertinggi yaitu sebesar 8%. Pada jurnal ketiga (23), menggunakan bakteri *Zymomonas mobilis* sebanyak 1 jarum ose yang diinokulasikan kedalam 1 ml media tumbuh untuk memperoleh kadar bioetanol tertinggi yaitu sebesar 11%. Subagyo (28), menyatakan bahwa jenis mikroba yang digunakan akan berpengaruh pada lamanya proses fermentasi dan alkohol yang dihasilkan. Bakteri memiliki laju pertumbuhan yang jauh lebih tinggi, toleran terhadap suhu, pH rendah, dan tahan terhadap etanol pada konsentrasi tinggi (36), sehingga bakteri berpotensi dalam menghasilkan etanol dan lebih ekonomis (3). Pada jurnal keempat (5), menggunakan khamir *S. cerevisiae* sebanyak 10 g untuk memperoleh kadar bioetanol tertinggi yaitu sebesar 28,05% dengan konsentrasi inokulasi starter sebesar 1,5%. Pada penelitian Wardani (33), menunjukkan bahwa produksi etanol akan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi inokulum yang ditambahkan pada media yang mengandung sumber gula 20% dan 25%. Pada jurnal kelima (31), menggunakan khamir *S. cerevisiae* sebanyak 6 g untuk menghasilkan kadar etanol 31,399% dan konversi glukosa 58,62 %. Pada jurnal keenam (19), menggunakan khamir *S. cerevisiae* sebanyak 14 g yang termobilisasi didalam butiran alginate untuk memperoleh kadar bioetanol tertinggi yaitu sebesar 36%. Kelebihan menggunakan khamir terimobilisasi dalam proses kontinyu adalah jumlah khamir dalam reaktor lebih tinggi dibandingkan khamir bebas, sehingga produktivitas lebih tinggi dan dalam operasi berkepanjangan tidak perlu menambahkan yeast (31). Berdasarkan penjelasan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa mikroba yang menghasilkan kadar bioetanol tertinggi yaitu sebesar 58,62% oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 6 gram.

### b. Waktu Fermentasi

Menurut (35), waktu fermentasi akan mempengaruhi kadar bioetanol yang diperoleh, jika proses fermentasi berlangsung terlalu lama maka nutrisi yang terkandung didalam substrat akan habis sehingga mikroba tidak dapat memfermentasi bahan. Apabila jumlah nutrisi yang tersedia tidak sebanding dengan jumlah mikroba yang jumlahnya lebih banyak, maka mikroba akan kekurangan makanan yang mengakibatkan turunnya kinerja dalam mengubah glukosa menjadi bioetanol, sehingga kadar bioetanol yang diperoleh akan menurun karena sebagian besar menguap. Menurut (25), lama fermentasi yang paling optimal untuk proses pembuatan bioetanol adalah 3 hari, jika lebih dari 3 hari maka kadar alkohol yang diperoleh akan berkurang, karena alkohol telah dikonversi menjadi senyawa lain seperti ester. Semakin lama proses fermentasi yang diiringi dengan banyaknya dosis mikroba yang digunakan, maka kadar bioetanol akan semakin meningkat (30). Karena, semakin lama proses fermentasi maka mikroba yang

digunakan akan berkembang biak dan jumlahnya akan bertambah sehingga kemampuan untuk memecah glukosa menjadi alkohol semakin besar (29).

#### c. Derajat Keasaman (pH)

pH merupakan salah satu faktor fermentasi yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba yang digunakan. Menurut pendapat (4), produksi etanol menggunakan khamir *S. cerevisiae* maksimal dapat dicapai pada pH 4,5. *S. cerevisiae* bersifat homofermentatif, sehingga produk fermentasi yang dihasilkan hanya alkohol (2). Alkohol bersifat asam, sehingga saat waktu fermentasi ditambah maka akan semakin banyak alkohol yang terbentuk. Kondisi ini menyebabkan pH substrat semakin rendah. Menurut (9), pH awal substrat perlu diketahui agar fermentasi dapat berlangsung secara optimal. Elevri (4), menambahkan bahwa *S. cerevisiae* dapat melakukan fermentasi secara optimal pada pH 4,5. Proses fermentasi bioetanol juga menghasilkan gas CO<sub>2</sub>, produksi gas ternyata berkontribusi dalam penurunan nilai pH (2). Hal tersebut sesuai dengan pernyataan (12), bahwa gas CO<sub>2</sub> sering disebut sebagai gas asam, oleh karena itu gas CO<sub>2</sub> juga berkontribusi terhadap nilai pH.

#### d. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi proses lamanya fermentasi. Mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi memiliki kriteria pertumbuhan yang berbeda-beda. Menurut (13), khamir *Saccharomyces cerevisiae* akan tumbuh optimal pada suhu 30-35°C. Apabila suhu yang digunakan terlalu rendah maka proses fermentasi akan berlangsung dengan lambat, begitupun sebaliknya apabila suhu yang digunakan terlalu tinggi maka mikroba yang digunakan akan mati dan menyebabkan tidak berlangsungnya proses fermentasi. Menurut Fitria dan Lindasari (5), peningkatan suhu dalam proses fermentasi dapat mempertinggi kecepatan awal produksi etanol, namun produktivitas fermentasi secara keseluruhan akan menurun, hal ini disebabkan karena jika jumlah etanol meningkat akan menghambat pertumbuhan sel khamir.

#### e. Zat Tambahan

Penelitian yang dilakukan oleh Fitria dan Lindasari (5), dalam proses fermentasi ditambahkan urea sebanyak 5 g sebagai nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroba dalam memproduksi kadar bioetanol, karena urea merupakan salah satu sumber nitrogen yang dapat membantu untuk meningkatkan kadar bioetanol. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rasyid *et al* (2014), menunjukkan bahwa penambahan urea mampu meningkatkan rendemen bioetanol melalui proses transesterifikasi. Penelitian yang dilakukan oleh (15), menggunakan tambahan enzim selulase pada proses fermentasi, untuk mengubah selulosa menjadi glukosa. Karena, penambahan enzim dapat mempengaruhi kadar bioetanol yang diperoleh. Semakin banyak enzim yang ditambahkan maka kadar bioetanol yang dihasilkan semakin besar karena semakin banyak glukosa yang dikonversi menjadi bioetanol.

### 3. Kondisi Optimal

Kondisi optimal tidak dapat disimpulkan dari keenam jurnal yang dikaji. Karena faktor yang digunakan pada tiap jurnal berbeda, sehingga kondisi optimal hanya dapat disimpulkan dari jurnal yang sama yang memvariasikan faktor yang mempengaruhi konsentrasi alkohol yang dihasilkan.

Pada jurnal pertama Yusmartini, Mardwita dan Marza (35), yang memvariasikan massa *Saccharomyces cerevisiae* dan diperoleh Pada penambahan *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 30 g dengan waktu fermentasi selama 10 hari menghasilkan kadar etanol tertinggi yaitu sebesar 3,965%. Pada jurnal kedua oleh Fitria dan Lindasari (5), yang menggunakan penambahan urea, serta memvariasikan konsentrasi inokulasi tarter menghasilkan kadar bioetanol tertinggi, yaitu sebesar 28,05% dengan konsentrasi inokulasi starter 1,5% dan waktu fermentasi 96 jam tanpa adanya proses pemutaran. Pada jurnal ketiga Mandari, Yenie dan Muria (15), yang menggunakan

enzim selulase, menghasilkan kadar bioetanol tertinggi sebesar 8% dengan waktu fermentasi selama 3 hari dan khamir yang digunakan sebanyak 0,5 gram. Pada jurnal keempat oleh Nulhakim *et al* (19), menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* termobilisasi dalam butiran alginat, memperoleh kadar bioetanol tertinggi sebesar 38% dengan waktu fermentasi selama 4 hari, dan khamir yang digunakan sebanyak 14 gram. Pada jurnal kelima Susanti, Prakoso dan Prabawa, (2013), melalui hidrolisis dengan asam memperoleh kadar bioetanol tertinggi yaitu sebesar 31,39% dengan proses fermentasi selama 3 hari dan khamir yang digunakan sebanyak 6 gram. Pada jurnal keenam Safitri dan Zul Amraini (23), dengan proses distilasi-adsorpsi menghasilkan kadar bioetanol tertinggi sebesar 11% dengan waktu fermentasi selama 1 hari dan bakteri yang digunakan sebanyak satu jarum ose yang diinokulasikan kedalam 1 ml media tumbuh.

#### D. Kesimpulan

Dari hasil kajian pustaka yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Mekanisme pembuatan bioetanol dimulai dari proses hidrolisis, fermentasi, kemudian destilasi.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi adalah jenis dan jumlah mikroba yang digunakan, lamanya waktu fermentasi, pH, zat tambahan, dan suhu.
3. Kondisi paling optimal untuk memperoleh kadar bioetanol tertinggi tidak dapat ditentukan, karena faktor fermentasi yang digunakan dari keenam jurnal berbeda. Namun, diantara keenam jurnal kadar bioetanol tertinggi yang diperoleh yaitu sebesar 38%, menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* termobilisasi dalam butiran alginat dengan waktu fermentasi selama 4 hari, dan khamir yang digunakan sebanyak 14 gram.

#### Acknowledge

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang membantu penelitian.

#### Daftar Pustaka

1. Antonius, P. U. (2010) *Pembuatan Bioetanol Dari Sari Kulit Nanas*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
2. Azizah, N., Al-Baarri, A. and Mulyani, S. (2012) 'Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, pH, dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey dengan Substitusi Kulit Nanas', *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*.
3. Dien, B. S., Cotta, M. A. and Jeffries, T. W. (2003) 'Bacteria engineered for fuel ethanol production: Current status', *Applied Microbiology and Biotechnology*.
4. Elevri, P. a and Putra, S. R. (2006) 'Produksi Etanol Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* yang Diamobilisasi dengan Agar Batang', *Akta Kimindo*, 1(2), pp. 105–114.
5. Fitria, N. and Lindasari, E. (2020) 'Optimasi Perolehan Bioetanol dari Kulit Nanas (*Ananas cosmosus*) dengan Penambahan Urea, Variasi Konsentrasi Inokulasi Starter dan Waktu Fermentasi', *Jurnal Reka Lingkungan*.
6. Hakim, A. A., Wijaya, I. M. M. and Gunam, I. B. W. (2020) 'Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Penghasil Bioetanol dari Lingkungan Industri Arak di Desa Tri Eka Buana, Kecamatan Sidemen, Karangasem Bali', *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*.
7. Herlambang, A., Sutanto, H. and Wibowo, K. (2010) 'Produksi Gas Metana Dari Pengolahan Sampah Perkotaan Dengan Sistem Sel', *Jurnal Teknik Lingkungan*.
8. Hill, A. and Morris, M. (2006) 'Ethanol Opportunities'.
9. Irfandi (2005) 'Karakterisasi Morfologi Lima Populasi Nanas ( *Ananas comosus* ( L .) Merr .). Skripsi', *Institut Pertanian Bogor*.

10. Irianto, K. (2015) *Pengolahan Limbah Pertanian*. Universitas Warmadewa: Bali.
11. Julianto, T. S., S, M. A. K. and Arifin, I. (2019) 'Production of Bioethanol from Rice Straw Assisted by Cellulosic Enzyme Oyster Mushroom Stem Using Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)', *EKSAKTA: Journal of Sciences and Data Analysis*.
12. Kartohardjono, S. *et al.* (2007) 'Absorpsi CO<sub>2</sub> Dari Campurannya Dengan CH<sub>4</sub> atau N<sub>2</sub> Melalui Kontraktor Membran Serat Berongga Menggunakan Pelarut Air', *Makara Teknologi*.
13. Kumalasari (2011) *Pengaruh Variasi Suhu Inkubasi Terhadap Kadar Etanol Hasil Fermentasi Kulit Dan Bonggol Nanas (Ananas sativus)*. Universitas Gajah Mada: Yogyakarta.
14. Lin, Y. and Tanaka, S. (2006) 'Ethanol fermentation from biomass resources: Current state and prospects', *Applied Microbiology and Biotechnology*.
15. Mandari, S., Yenie, E. and Muria, S. R. (2014) 'Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr) Menggunakan Enzim Seulase dan Yeast *Saccharomyces cerevisiae* dengan Proses Simultaneous Sacharification and Fermentation (SSF).
16. Muslihah, S. (2012) 'The Influence of Addition of Urea And Different Fermentation Periods on Levels of Bioethanol From Organic Waste.
17. Nasrun, N., Jalaluddin, J. and Mahfuddhah, M. (2017) 'Pengaruh Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol yang Dihasilkan dari Fermentasi Kulit Pepaya', *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*.
18. Nikolić, S. *et al.* (2010) 'Production of bioethanol from corn meal hydrolyzates by free and immobilized cells of *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus*', *Biomass and Bioenergy*.
19. Nulhakim, L. *et al.* (2019) 'Pembuatan bioetanol dari kulit nanas oleh *saccharomyces cerevisiae* terimobilisasi dalam butiran alginat', *Seminar Nasional*.
20. Nurhayati, Nelwida and Berliana (2014) *Perubahan Kandungan Protein dan Serat Kasar Kulit Nanas yang Difermentasi dengan Plain Yoghurt*. Universitas Jambi: Jambi.
21. Rakhmawati, A. (2013) *Mikroorganisme Kontaminan Pada Buah*. Universitas Negeri Yogyakarta: Yogyakarta.
22. Rubio-Teixeira, M. (2005) 'A comparative analysis of the GAL genetic switch between not-so-distant cousins: *Saccharomyces cerevisiae* versus *Kluyveromyces lactis*', *FEMS Yeast Research*.
23. Safitri, N. and Zul Amraini, S. (2014) 'Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Buah Nanas Dengan Metode Solid State Fermentation (SSF) Dan Pemurnian Dengan Proses Distilasi-Adsorpsi Dengan Variasi Ratio Bioetanol:Adsorben', *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*.
24. Salian, Viena, V. and Irhamni (2022) 'Pembuatan Bioetanol dari Campuran Kulit Nenas dan Pepaya Secara Fermentasi dengan Variasi Massa Ragi Roti', *Serambi Engineering*.
25. Sari, I. M., Noverita and Yulneriwarni (2008) 'DALAM FERMENTASI ETANOL MENGGUNAKAN KAPANG *Trichoderma viride* DAN KHAMIR *Saccharomyces cerevisiae*', *Universitas Stuttgart*.
26. Sebayang, A. H. *et al.* (2017) 'Optimization of bioethanol production from sorghum grains using artificial neural networks integrated with ant colony', *Industrial Crops and Products*.
27. Shintarika, F., Sudradjat and Supijatno (2015) 'Optimasi Dosis Pupuk Nitrogen dan

- Fosfor pada Tanaman Kelapa Sawit ( *Elaeis guineensis* Jacq .) Belum Menghasilkan Umur Satu Tahun’, *Journal Agron.*
28. Subagyo, R. and Arifin, W. (2016) ‘Analisa Variasi Waktu Fermentasi Pembuatan Bioetanol Dengan Bahan Kulit Singkong Dan Kulit Nanas’, *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika.*
  29. Sulastri, F. C. (2019) ‘Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol Dan Tingkat Kesukaan Rasa Tuak Beras Ladang Kalimantan’, *Ayan.*
  30. Suparti and Asngad, A. (2009) ‘Lama Fermentasi Dan Dosis Ragi Yang Berbeda Pada Fermentasi Gaplek Ketela Pohon (*Manihot utilissima*,pohl) Varietas Mukibat Terhadap Kadar Glukosa Dan Bioetanol’, *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi.*
  31. Susanti, A. D., Prakoso, P. T. and Prabawa, H. (2013) ‘Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Nanas Melalui Hidrolisis Dengan Asam’, *Ekulibium.*
  32. Sutrisno Hawusiwa, E., Wardani, A. K. and Ningtyas, D. W. (2015) ‘Pembuatan Minuman Wine Singkong-Hawusiwa, dkk’, *Jurnal Pangan dan Agroindustri.*
  33. Wardani, Ag. K. and Pertiwi, F. N. E. (2013) ‘Produksi Etanol dari Tetes Tebu oleh *Saccharomyces cerevisiae* Pembentuk Flok (NRRL–Y265)’, *Agritech.*
  34. Yang, S. *et al.* (2009) ‘Transcriptomic and metabolomic profiling of *Zymomonas mobilis* during aerobic and anaerobic fermentations’, *BMC Genomics.*
  35. Yusmartini, E. S., Mardwita, M. and Marza, J. (2020) ‘Bioethanol from Pineapple Peel with Variation of *Saccharomyces Cerevisiae* Mass and Fermentation Time’, *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry.*
  36. Zhang, K. and Feng, H. (2010) ‘Fermentation potentials of *Zymomonas mobilis* and its application in ethanol production from low-cost raw sweet potato’, *African Journal of Biotechnology.*