

BIFOWREN (*Bioethanol From Organic Waste As Renewable Energy*) : Review Pemanfaatan Berbagai Macam Limbah Organik Menjadi Bioetanol

Lazulva, Putri Adrina, Mardhiah, Yuni Fatisa*

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Sultan
Syarif Kasim Riau, Pekanbaru, Indonesia*

*Email : yuni.fatisa@uin-suska.ac.id

Abstrak

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan hidup manusia maka semakin banyak pemanfaatan sumber daya alam bahan bakar fosil. Pemanfaatan bahan bakar fosil dapat meningkatkan emisi gas di atmosfer dan pemanasan global. Hal inilah yang mendorong banyak penelitian mencari sumber bahan bakar alternatif, seperti bioetanol. Artikel ini disusun untuk mengetahui potensi pemanfaatan limbah organik melalui proses fermentasi untuk menghasilkan bioetanol, khususnya membahas peran mikroorganisme, kondisi dan metode fermentasi bioetanol yang optimal. Metode penulisan yang digunakan adalah literature review berdasarkan analisa yang dilakukan pada berbagaisumber literature. Metode Solid State Fermentasi (SSF) merupakan metode yang paling sering digunakan dan menghasilkan konsentrasi bioetanol yang cukup tinggi, dari analisa yang dilakukan kondisi optimum untuk memproduksi bioetanol dari kulit buah berada pada kisaran pH 4,5-6, dan kisaran waktu fermentasi 24-120 jam, pada sumber organik lain (seperti limbah nasi basi, limbah air cucian beras, limbah popok bayi, limbah sayuran rumah tangga dan lain-lain) adalah pH 4,6-6, dan 35-130 jam. Kadar bioetanol terbaik terdapat pada produksi bioetanol dari limbah kulit onggok yaitu sebesar 92% melalui penambahan starter dan waktu fermentasi 7 hari. Bioetanol dari limbah kulit onggok ini yang berpotensi lebih lanjut untuk menjadi campuran bahan bakar bensin agar dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, selain itu bioetanol dari limbah kulit onggok ini juga dapat dimanfaatkan oleh industri farmasi, industri minuman beralkohol dan desinfektan.

Kata Kunci : *Bioetanol, Limbah Organik, EBT, Manfaat.*

Abstract

Along with the increasing needs of human life, more and more utilization of natural resources of fossil fuels. The utilization of fossil fuels can increase gas emissions in the atmosphere and global warming. This is what encourages many studies to look for alternative fuel sources, such as bioethanol. This article was prepared to determine the potential utilization of organic waste through the fermentation process to produce bioethanol, specifically discussing the role of microorganisms, conditions and optimal bioethanol fermentation methods. The writing method used is literature review, based on the analysis conducted on various sources of literature, solid state fermentation (SSF) method is the most frequently used method and produces a fairly high concentration of bioethanol, from the analysis conducted the optimum conditions for producing bioethanol from fruit peels are in the range of pH 4, 5-6, and the range of fermentation time 24-120 hours, on other organic sources (such as stale rice waste, rice washing water waste, baby diaper waste, household vegetable waste and others) is pH 4.6-6, and 35-130 hours with the best bioethanol content is found in the production of bioethanol from onggok skin waste which is 92% through the addition of starter and fermentation time of 7 days. Bioethanol from onggok skin waste has further potential to be a mixture of gasoline fuel in order to reduce the use of fossil fuels, besides that bioethanol from onggok skin waste can also be utilized by the pharmaceutical industry, alcoholic beverage industry and disinfectants.

Keywords: *Bioethanol, Organic Waste, Renewable Energy, Benefits*

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam yang melimpah, baik sumber daya alam yang dapat diperbaharui maupun sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Saat ini, Indonesia masih mengandalkan bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas yang termasuk ke dalam sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Pertumbuhan ekonomi yang kuat meningkatkan tekanan terhadap permintaan energi yang saat ini sebagian besar masih bergantung pada bahan bakar fosil. (Energy, Sustainability and Society., 2021). Bahan bakar fosil di Indonesia digunakan oleh 95 persen populasi dan industri, dengan konsumsi energi yang meningkat sebesar tujuh persen per tahun. Penggunaan bahan bakar fosil menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim karena emisi CO₂ yang dihasilkan relatif tinggi (Anonim, 2018). Banyak peneliti yang meneliti sumber energi alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti energi fosil, termasuk energi baru terbarukan (EBT) yang diharapkan dapat menggantikan minyak bumi, yaitu energi alternatif yang dapat dipulihkan secara alami dan prosesnya berkelanjutan, yang disebut biofuel. Salah satu contohnya adalah bioetanol. (Rosdee,2020). Pembakaran bioetanol menghasilkan emisi yang lebih rendah daripada bahan bakar fosil karena konsentrasi oksigen yang lebih tinggi (Abdulla, 2018). Bioetanol merupakan bioenergi terbarukan dari hasil fermentasi anaerobik dengan ragi senyawa gula yang terbagi menjadi tiga generasi sesuai dengan bahan bakunya (Mushimiyimana, 2018).

Volume dan jenis sampah semakin meningkat seiring dengan pesatnya perkembangan laju pertumbuhan penduduk, perkembangan industri, urbanisasi dan modernisasi saat ini. Perkembangan laju pertumbuhan penduduk menyebabkan peningkatan kebutuhan pangan dan kebutuhan lainnya, sehingga sampah dan limbah juga semakin meningkat. Menurut data SIPSN KLHK tahun 2022, berdasarkan hasil input dari 202 kabupaten/kota di Indonesia, jumlah timbunan sampah nasional mencapai 21,1 juta ton. Dari total tersebut, sekitar 65,71% (13,9 juta ton) sampah dapat dikelola dengan baik, sementara sisanya 34,29% (7,2 juta ton) belum dikelola dengan baik. (Hermansah, 2023). Sampah merupakan salah satu penyebab masalah lingkungan karena sampah yang dihasilkan mencemari lingkungan. Akibatnya beban pencemaran lingkungan semakin berat, sementara kemampuan alam untuk menerima

beban sampah semakin terbatas. Sampah memerlukan penanganan dan pemanfaatan yang serius agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (kesehatan/sanitasi dan estetika/keindahan). Sampah atau limbah yang dapat diolah menjadi bioetanol umumnya mengandung lignoselulosa, hemiselulosa yang dihidrolisis menjadi glukosa, salah satunya dari limbah tongkol jagung, kentang, gandum, tebu, nanas, tetes tebu dan lain-lain. Menurut penelitian terbaru, limbah biomassa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam produksi bioetanol, yang menghadapi berbagai tantangan dan solusi yang telah diidentifikasi. (Broda, M., Yelle, D. J., & Serwanska, K, 2022)

Senyawa utama yang terkandung dalam bahan baku nabati yang dapat digunakan secara optimal untuk memproduksi bioetanol adalah glukosa (Jannah, 2017). Komposisi bahan baku nabati selain glukosa seperti pati dan lignoselulosa akan dihidrolisis terlebih dahulu sebelum digunakan dalam proses fermentasi. Sumber bahan baku nabati yang digunakan dalam fermentasi untuk menghasilkan bioetanol dapat berasal dari bahan baku pangan dan limbah organik serta limbah industri. Sumber bahan baku pangan adalah tebu, sorgum, buah-buahan, jagung, gandum, padi, singkong dan kentang, sedangkan sumber bahan baku limbah berupa jerami, rumput, limbah sayuran dan limbah buah-buahan. Keuntungan menggunakan sumber dari limbah adalah menghemat biaya bahan baku, mengurangi limbah lingkungan, tidak bersaing dengan bahan baku pangan dan mengurangi penggunaan lahan, sedangkan keuntungan menggunakan sumber dari non-limbah adalah proses yang dibutuhkan untuk mengolah bahan baku menjadi etanol lebih mudah dilakukan, metode fermentasi yang banyak digunakan untuk memproduksi bioetanol adalah solid state fermentation (SSF).

Metode

Metode penulisan yang digunakan adalah tinjauan literatur yang sistematis mengenai pemanfaatan berbagai jenis limbah menjadi bioetanol. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelusuran literatur. Penelusuran literatur dilakukan dengan cara mensintesis berbagai hasil penelitian yang dipublikasikan di berbagai jurnal terpercaya dan bereputasi, baik jurnal nasional maupun internasional. Penulis menggunakan literatur dengan publikasi 10 tahun terakhir dengan total 70 jurnal

yang telah direview. Pencarian jurnal dilakukan secara online atau menggunakan internet pada situs-situs jurnal terpercaya, yaitu Google Scholar, DOAJ, Research Gate, Science Direct, publish or perish, connection paper dan lain-lain. Analisis yang dilakukan oleh penulis berfokus pada produksi bioetanol dari berbagai limbah yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif dan pemanfaatan lainnya.

Hasil dan Pembahasan

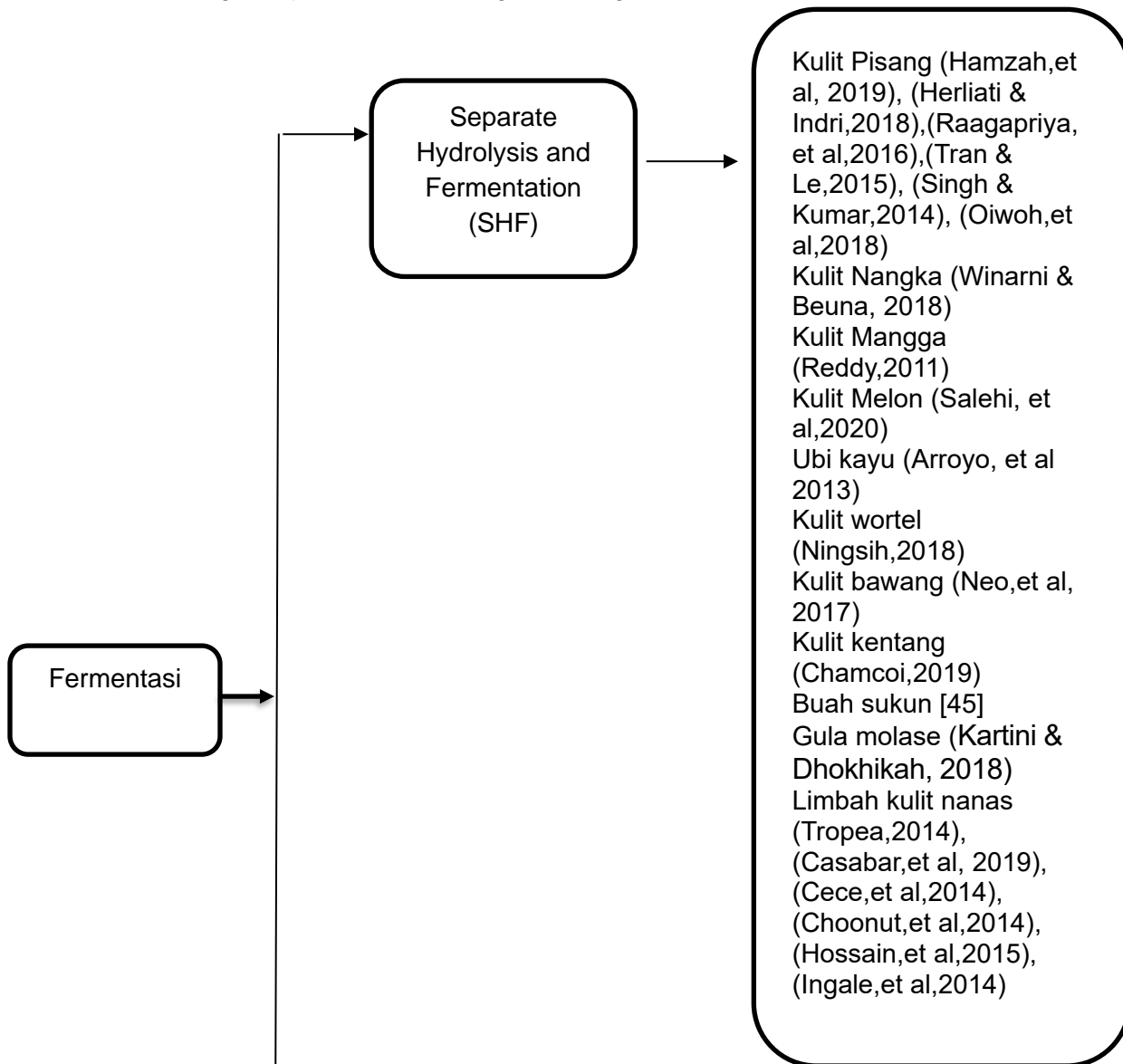
Bioetanol (C_2H_5OH) merupakan senyawa biokimia yang dapat dihasilkan dari senyawa glukosa yang berasal dari bahan baku nabati dan diproses melalui fermentasi dengan menggunakan mikroorganisme (Balat, 2011). Bioetanol dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar terbarukan untuk mengurangi emisi CO_2 atau dengan mencampurkannya dengan bensin untuk mendapatkan gasohol (Energy Efficiency and Renewable Energy. (n.d.); Sankaran, R., Show, P. L., Nagarajan, D., & Chang, J. S, 2018) , Senyawa utama yang terkandung dalam bahan baku nabati yang dapat digunakan untuk memproduksi bioetanol adalah glukosa, komposisi bahan baku nabati selain glukosa seperti pati dan lignoselulosa akan dihidrolisa terlebih dahulu sebelum digunakan pada proses fermentasi (Kahr & Jager, 2011). Fermentasi adalah proses konversi produk hidrolisis (gula reduksi) menjadi bioetanol oleh mikroorganisme seperti ragi, jamur, dan bakteri (Balat, 2011).

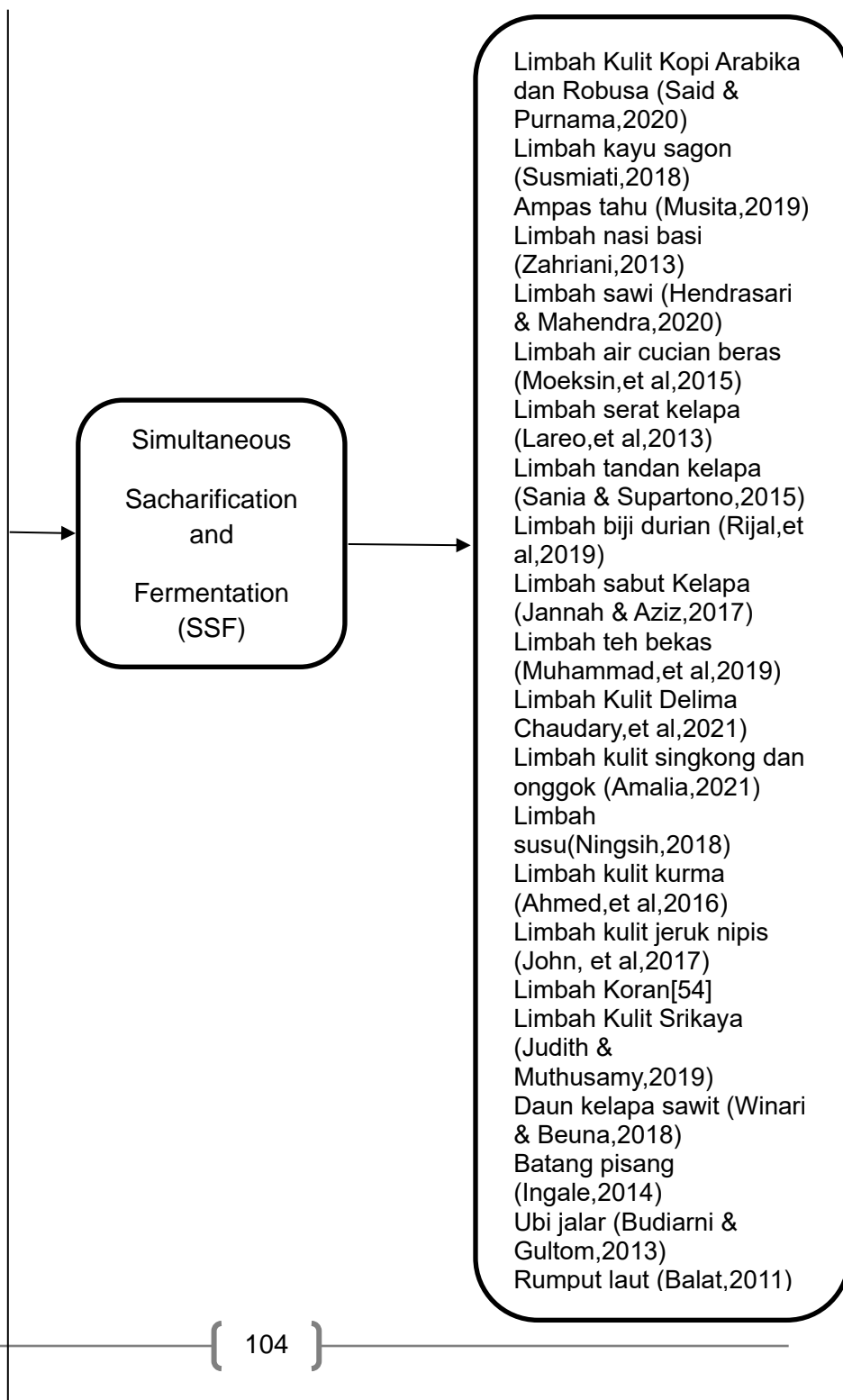
Proses konversi bioetanol tergantung pada jenis sumber substrat yang digunakan. Secara umum, produksi bioetanol dari biomassa lignoselulosa terdiri dari beberapa tahap, yaitu perlakuan awal, hidrolisis, fermentasi, dan pemurnian bioetanol untuk memenuhi spesifikasi bahan bakar. (Nielsen, F., Tomás-Pejó, E., Olsson, L., & Wallberg, O, 2015) Bioetanol biasanya digunakan secara langsung sebagai bahan bakar terbarukan atau dengan mencampurkannya dengan bensin untuk mendapatkan gasohol. Pencampuran bensin dengan etanol dapat meningkatkan angka oktan bahan bakar sehingga mengurangi emisi gas buang. Sifat-sifat yang menguntungkan dari bioetanol yang digunakan sebagai bahan bakar adalah angka oktan yang tinggi (108), entalpi penguapan yang tinggi, kecepatan nyala yang tinggi, dan rentang titik nyala yang lebih luas. Berdasarkan sifat-sifat ini, bahan bakar etanol memberikan rasio kompresi (RK) yang lebih tinggi, yang berarti waktu pembakaran yang lebih singkat dan dengan demikian lebih efisien daripada bensin. (Halder, P., Azad, K., Shah, S., &

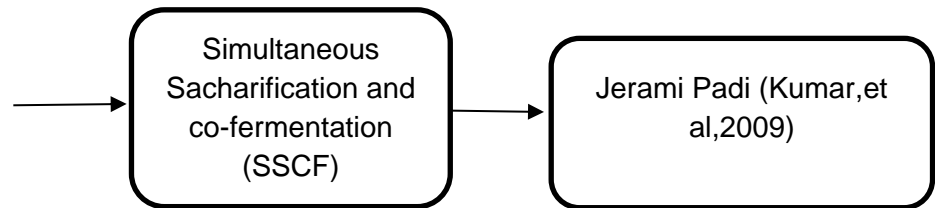
Sarker, E., 2019). Permintaan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif telah meningkat sejak tahun 1980-an. Produksi etanol global meningkat dari 13,12 miliar galon pada tahun 2007 menjadi 25,68 miliar galon pada tahun 2015, bahan baku bioetanol yang tersedia dapat dibagi menjadi empat jenis: generasi pertama, generasi kedua, generasi ketiga, dan generasi ke empat (Hossain, dkk, 2015).

Berbagai strategi telah dilakukan untuk memproduksi bioetanol dari bahan baku generasi kedua yang tidak termasuk tanaman pangan. Bahan baku ini termasuk biomassa lignoselulosa seperti limbah hutan, biomassa kayu, limbah buah, limbah sayuran, jerami dan rumput. Produksi bioetanol generasi kedua memiliki keunggulan dibandingkan produksi bioetanol generasi pertama, termasuk biaya bahan baku yang rendah, tidak ada persaingan langsung dengan tanaman pangan, dan mengurangi limbah lingkungan serta mengurangi penggunaan lahan (Anonim, 2018). Bahan baku bioetanol generasi kedua memiliki kelemahan yaitu membutuhkan biaya modal yang lebih besar karena membutuhkan peralatan yang intensif dan kepadatan energi yang lebih rendah dibandingkan dengan bioetanol generasi pertama. Dengan tujuan untuk mengatasi masalah yang terkait dengan bioetanol generasi pertama dan kedua, para peneliti telah mengeksplorasi lebih lanjut bahan baku alternatif untuk produksi bioetanol. Bahan baku bioetanol generasi ketiga menggunakan biomassa alga seperti mikroalga dan makroalga. Bahan baku bioetanol generasi keempat berasal dari limbah industri (Balat, 2011).

Gambar 3.1 Pengelompokan Limbah Organik Penghasil Bioetanol Berdasarkan Metode







Metode fermentasi yang banyak digunakan untuk memproduksi bioetanol adalah hidrolisis dan fermentasi terpisah (SHF adalah *Separate Hydrolysis and Fermentation*), sakarifikasi dan fermentasi simultan (SSF adalah *Simultaneous Saccharification and Fermentation*), dan sakarifikasi dan kofermentasi simultan (SSCF adalah *Simultaneous Saccharification and Co-Fermentation*). Metode SHF digunakan ketika proses hidrolisis dan proses fermentasi dilakukan secara terpisah. Penelitian dengan metode SHF dilakukan oleh Tropea dkk. (2014), yaitu produksi bioetanol melalui proses fermentasi kulit nanas. Metode SSF dan SSCF digunakan ketika proses hidrolisis dan fermentasi tidak terpisah dan berada dalam satu reaktor yang sama (Kahr & Jager, 2011). Pada metode SSF, glukosa yang terfermentasi dipisahkan dari pentosa. Penelitian dengan metode SSF telah dilakukan oleh beberapa peneliti untuk menghasilkan bioetanol melalui fermentasi kulit pisang (Singh, dkk, 2014), fermentasi kulit nanas dan fermentasi kulit pepaya (Kahr & Jager, 2011). Pada metode SSCF, fermentasi glukosa dan pentosa dilakukan dalam satu reaktor yang sama. Penelitian dengan metode SSCF telah dilakukan oleh beberapa peneliti untuk menghasilkan bioetanol melalui fermentasi kulit jeruk bali dan kulit pisang dengan menggunakan kokultur *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cerevisiae* (Chamcoi, 2019). Mikroorganisme yang sering digunakan dalam fermentasi (Schneider, 2018) untuk memproduksi bioetanol adalah *Aspergillus niger*, *Bacillus subtilis* (Gomaa, 2013), *Saccharomyces cerevisiae* (Ingale, 2014), (Kumar, dkk., 2009), *Zymomonas mobilis* (Ingale, 2014), *Clostridium acetobutylicum* (Hossain, 2015).

Tabel 1 Pengelompokan Limbah Organik Penghasil Bioetanol Berdasarkan Mikroorganisme Pada Ragi

No.	Jenis Mikroorganisme	Sampel	Kadar Bioetanol	PH	Lama Fermentasi	Referensi
-----	----------------------	--------	-----------------	----	-----------------	-----------

1	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Limbah kulit Kopi Arabika dan Robusa	Arabika 63,81% Robusa 60,00%	4,5	9 Hari	(Oiwoh, et al,2018).
		Ampas tahu	4,77%	4	5 Hari	(Neo, et al,2017).
		Limbah nasi basi	96,5%	6	5 Hari	(Byadgi &Kalburgi,2016)
		Limbah sawi	28%	5	6 Hari	(Musita,2019).
		Limbah air cucian beras	11,177%	6	4 Hari	(Salehi, et al,2020).
		Limbah serat kelapa	2%	5	3 Hari	(Lareo, et al,2013).
		Limbah tandan kelapa	6,66%	4	7 Hari	(Sania & Supartono,2015).
		Limbah biji durian	40,45%	5	10 Hari	(Rijal, et al,2019).
		Limbah popok bayi	5,77%	5	5 Hari	(Sarungu, et al,2021).
		Tepung Tapioka	92%	4	7 Hari	(Amalia, et al,2021).
		Limbah kulit sukun	9%	4	3 Hari	(Moeksin, et al,2015).
		Limbah jeruk nipis	8%	6	3 Hari	(John, et al,2017).
		Limbah kulit delima	84%	5	7 Hari	(Chaudhary,2021).
		Limbah teh bekas	8,2%	4	4 Hari	(Muhammad,2019).
		Kulit Pisang	80,67%	4,5	24 jam	(Hamzah, et al,2019).
			2,154%	5	144 jam	(Reddy, et al,2011).
			4,5%	5	36 jam	(Winarni & Beuna,2018).
		Kulit Nanas	43,1%	5,5	96 jam	(Casabar, et al,2019).
			3,01%	4,5	65 jam	(Choonut, et al,2019).
			9%	6	192 jam	(Winarni & Beuna,2018).
		Kulit pepaya	6,234%	5	96 jam	(Zhou,2012).
		Kulit srikaya	19,24%	6	168 jam	(Judith & Muthusamy,2019).
		Kulit Nangka	35,04%	6	72 jam	(Yuvarani & Dhas,2017).
		Kulit mangga	7,14%	5	72 jam	(Reddy, et al,2011).
Kulit cempedak	0,731%	4,5	72 jam	(Safitri, et al,2015).		
Jerami padi	7,5%	4,6	72 jam	(Kumar,2009).		
Ubi kayu	17,22%	6	72 jam	(Arroyo, et al,2013).		
Ubi jalar	12,67%	4,5	48 jam	(Budiarni &		

						Gultom,2013).
		Rumput laut	4,6%	4	130 jam	(Balat,2011).
		Batang pisang	2,17%	5,5	72 jam	(Herliati, et al,2018).
		Daun kelapa sawit	7,5%	4	96 jam	(Triwahyuni, et al,2015).
		Buah rambutan	9,4%	5	36 jam	(Matharasi, et al,2018).
2.	<i>Clostridium acetobutylicum</i>	Kulit nanas	9%	5,5	192 jam	(Hossain, et al,2015).
3.	<i>Zymomonas mobilis</i>	Kulit nanas	43,1%	4,5	96 jam	(Ingale, et al,2014).
4.	<i>B.subtilis</i>	Kulit jeruk	11,69%	6	72 jam	(Gomaa2013).
5.	<i>A.niger</i>	Kulit melon	48,79%	6	120 jam	(Singh et al,2014).
6.	<i>Rhizopus oryzae</i>	Limbah Kayu Sagon	17,7%	5	72 jam	(Winarni & Beuna,2018).

Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi bioetanol pada proses fermentasi adalah suhu, pH, dan waktu fermentasi (Abdulla, 2018). Untuk mengetahui kondisi pH optimum dari masing-masing penelitian dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan data tersebut, rentang pH fermentasi kulit buah untuk menghasilkan bioetanol adalah pH 4,5-6 dengan kisaran bioetanol yang dihasilkan adalah 2,154-48,79% (v/v) dengan menggunakan mikroorganisme *S. cerevisiae*, *B. subtilis*, dan *A. niger*. Pada rentang pH tersebut, konsentrasi bioetanol tertinggi diperoleh antara lain dari kulit buah melon, kulit buah nangka, kulit buah pisang, dan kulit buah srikaya dengan kadar bioetanol berturut-turut 48,79%, 35,04%, 19,9%, dan 19,24% (v/v) dengan menggunakan mikroorganisme *S. cerevisiae* dan *A. niger*. Berdasarkan hasil dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, kondisi pH optimum yang diperoleh berbeda-beda, karena pH optimum fermentasi tergantung dari mikroorganisme dan metode fermentasi yang digunakan. Berdasarkan literatur didapatkan bahwa kisaran pH pertumbuhan *S. cerevisiae* adalah 2-8,6 dan laju fermentasi gula yang cukup tinggi oleh *S. cerevisiae* terjadi pada kisaran pH 3,5-6 (Balat, 2011). Berdasarkan hal tersebut kisaran pH penggunaan *S. cerevisiae* dari kulit buah berada pada kondisi yang optimal.

Kondisi pH fermentasi yang optimum dari sorgum, ubi kayu, ubi jalar, gula molase, jerami padi, batang pisang, buah rambutan, dan sekam padi berada pada rentang pH 4,6-6 dimana jumlah bioetanol yang dihasilkan adalah 2,17% -30,52% (v/v). Untuk mengetahui kondisi waktu optimum dari masing-masing penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1. Ada rentang pH fermentasi optimum sorgum, ubi kayu, ubi jalar, molase gula, jerami padi, batang pisang, buah rambutan, dan sekam padi adalah antara pH 4,6-6, sekaligus rentang jumlah bioetanol antara 2,17%-30,52% v/v. Tabel 1 juga menunjukkan rentang waktu optimum dari penelitian yang berbeda. Berdasarkan pada data dalam tabel, ada rentang waktu fermentasi dari sumber organik lain untuk menghasilkan bioetanol antara 35-130 jam dan rentang jumlah bioetanol yang dihasilkan adalah antara 2,17%-96,5% v/v. Selain itu bioetanol dapat dihasilkan dari sumber organik tertentu seperti di gambar 3,1 juga. Karena seperti pada kulit buah, sumber organik ini dipengaruhi oleh faktor fermentasi yang berbeda seperti berapa lama waktu fermentasinya. Berdasarkan pada metode fermentasi berbeda, kita bisa menghasilkan jumlah bioetanol melalui perhitungan. yang diperoleh, seperti terlihat pada Tabel.3.1. Dari berbagai referensi tersebut dapat diketahui tentang substrat dan perlakuan awal yang sama. Seperti dalam Penelitian fermentasi yang dil akukan dari substrat kulit pisang oleh Hamzah dkk. (2009) menggunakan metode SHF dan Tran et al. (2015) menggunakan metode tersebut SSF. Dari kedua literatur tersebut diperoleh konsentrasi bioethanol hasil fermentasi kulit pisang dengan metode SSF lebih tinggi yaitu 19,90% (v/v), dibandingkan fermentasi menggunakan metode SHF yaitu 10,67% (v/v). Berdasarkan literatur yang diulas, seseorang tidak bisa begitu saja memilih salah satu pretreatment yang terbaik, karena penggunaannya harus disesuaikan dengan sifat-sifat sumber bahan baku yang digunakan.

Metode SSF adalah metode simultan sakarifikasi dan fermentasi dimana proses hidrolisis dan fermentasi bioetanol dilakukan bersamaan pada waktu yang sama dalam satu reaktor. Sepanjang berbagai jenis variasi penelitian, menunjukkan bahwa metode SSF telah paling banyak digunakan (Tabel 1). Melalui review terhadap artikel penelitian, metode SSF mencapai hasil produksi tertinggi dibandingkan SHF dan SSCF.(Salih & Paranjothi, 2019) mendapatkan metode SSF mampu menghasilkan

bioetanol sebesar 48,79% dengan menggunakan kulit buah melon. Cara ini menggunakan proses yang sederhana karena pretreatment yang dilakukan secara fisik lebih mudah dilakukan, pada penelitian Judith & Muthusamy (2019), kulit apel juga digunakan memperoleh produksi bioetanol yang tinggi dengan jumlah masing-masing sebesar 30,52% (v/v), 17,22% (v/v) dan 19,24 % (v/v).

Berdasarkan hasil analisis jurnal di atas diketahui bahwa kadar bioetanol tertinggi terdapat pada limbah produksi bioethanol beras basi menjadi bioetanol sebagai bahan bakar alternatif yaitu dengan kandungan bioetanol sebesar 96,5%. Menurut SNI 7390:2012 menentukan kadar etanol minimum yang digunakan pada tingkat industri adalah 94,0-99,5% dan syarat pembuatan bioetanol yang digunakan dalam campuran tersebut harus murni (Kumar, et al,2009).. Bioetanol limbah nasi basi tidak memenuhi standar karena ada beberapa parameter yang tidak memenuhi baku mutu adalah kadar air karena bahan baku nasi basi sudah mengandung kadar air 57%. Sesuai dengan baku mutu direktorat jenderal energi baru terbarukan dan konversi energi tahun 2013. Sehingga setelah dilakukan penelitian diketahui bahwa kandungan bioetanol terbaik terdapat pada produksi bioetanol dari limbah kulit onggok melalui penambahan starter dan waktu fermentasi yang lama, kadar bioetanol yang dihasilkan sebesar 92% dengan waktu fermentasi 7 hari. Bioetanol ini diperoleh melalui proses sakarifikasi, hidrolisis, fermentasi dan distilasi. Setelah fermentasi hari ke 7, kandungan bioetanol mengalami penurunan akibat hilangnya protease, lisis dan degradasi sel enzim sakarifikasi dan efek fermentasi yang tepat dengan bantuan *saccharomyces cerevisiae* akan membantu menghasilkan etanol dalam jumlah tinggi. Selama fermentasi, *Saccharomyces cerevisiae* akan menggunakan glukosa sebagai sumber nutrisi untuk menghasilkan bioetanol. *Saccharomyces cerevisiae* masing-masing digunakan untuk fermentasi, akibatnya kadar glukosa akan menurun seiring dengan lamanya waktu fermentasi dan kadar bioetanol akan semakin tinggi. Penggunaan bioetanol mengurangi emisi gas CO (ramah lingkungan) secara signifikan. Bioetanol dapat dimanfaatkan langsung sebagai BBN atau dicampur ke dalam premium sebagai bahan tambahan dengan perbandingan tertentu (Gasohol atau alkohol bensin). Jika dicampurkan ke dalam

bensin, bioetanol mampu meningkatkan angka oktan secara signifikan. Percampuran bioetanol 10% pada bensin akan meningkatkan angka oktan premium hingga setara dengan Pertamax (angka oktan 91) (Anonim,2015). Selain itu, bioetanol juga dapat dimanfaatkan pada industri farmasi sebagai obat-obatan, kosmetik dan senyawa bioetanol yang berfungsi sebagai pelarut dalam ekstraksi dan formulasi produk farmasi. (Neo, et al,2017). Dalam bidang industri minuman, bioetanol dimanfaatkan sebagai bahan utama dalam produksi minuman beralkohol, bioetanol juga dapat digunakan dalam produk pembersih rumah tangga seperti pembersih tangan (hand sanitizer) dan desinfektan.

Kesimpulan

Limbah organik berpotensi menghasilkan bioetanol, kisaran pH dan waktu fermentasi yang digunakan untuk menghasilkan bioetanol dari kulit buah adalah pH 4,5-6, dan 24-120 jam, kisaran pH dan waktu fermentasi yang digunakan untuk menghasilkan bioetanol dari sumber organik lain (seperti limbah nasi basi, limbah air cucian beras, limbah popok bayi, limbah sayuran rumah tangga dan lain-lain) adalah pH 4,6-6, dan 35-130 jam. Mikroorganisme yang digunakan dalam fermentasi berupa *Aspergillusniger*, *Bacillussubtilis*, *Saccharomycescerevisiae*, *Zymomonasmobilis*, *Clostridiumacetobm*. Metode sakarifikasi dan fermentasi simultan (SSF) merupakan metode fermentasi yang paling sering digunakan dan menghasilkan konsentrasi bioetanol yang tinggi. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan diketahui bahwa produksi bioetanol yang terbaik terdapat pada produksi bioetanol dari limbah kulit ongkok yaitu sebanyak 92% dengan waktu fermentasi 7 hari.

Daftar Referensi

- A.Tropeadkk. 2014 "Produksi Bioetanol Dari Limbah Nanas," *J.Res Makanan.*, Jilid. 3, Hal. 60, Doi:10.5539/Jfr.V3n4p60.
- Abdulla, R., Derman, E., Tharsini, P., & Jambo, S. (2018). Bahan Bakar Produksi Etanol Dari Limbah Pepaya Menggunakan Immobilized
- Ahmed, K. Mabrouk, K. Cherif, Dan B. Boudjemaa. 2016. "Produksi Bioetanol Dari Fermentasi Limbah Buah Kurma Menggunakan Energi Matahari," *Afrika J.*

Bioteknologi., Jilid. 15, Tidak. 30, Hal. 1621–1627, 2016, Doi: 10.5897/Ajb.15368.

AM Jannah Dan T. Aziz. 2017. "Bioetanol Dengan Proses Delignifikasi Asam-Pretreatment," *J. Tek. Kim.*, Jilid. 23, Tidak. 4, Hal. 245–251.

Anonim, (2018, Maret 20). "Kebutuhan Listrik Disesuaikan, Target Bauran Energi Terbarukan Tahun 2025 Tetap Dijaga 23%," Available: <https://www.esdm.go.id/Id/Mediacenter/Arsip-Berita/Kebutuhan-ListrikDisesuaikan-Target-Bauran-Energi-Terbarukantahun-2025-Tetap-Dijaga-23>

Arroyo, M. F., Loyo, P. V., Juarez, M., Poisot, M., & Galicia, G. R. (2013). Bio-Ethanol Obtained By Fermentation Process With Continuous Feeding Of Yeast. *Journal Of Mexican Chemistry Society*

AV Amalia, T. Widiatningrum, Dan RD Herdiyanti. 2015. "Optimasi Produksi Bioetanol Dari Limbah Tepung Tapioka Melalui Penambahan Starter Dan Lama Fermentasi," *J Fisika. Konf. Ser.*, Jilid. 1918, Tidak. 5, 2021, Doi: 10.1088/1742-6596/1918/5/052.

Awg-Adeni, D.S., Bujang, K., Hassan, M.A., Abd-Aziz, S., (2013). Recovery Of Glucose From Residual Starch Of Sago Hampas For Bioethanol Production. *Biomed Research International*, Article ID 935852, Pp.1–8.

Balat, M. (2011). Produksi Bioetanol Dari Bahan Lignoselulosa Melalui Jalur Biokimia.

Casabar, J., Unpaprom, Y., & Ramara, R. (2019). Fermentation Of Pineapple Fruit Peel Wastes For Bioethanol Production. *Biomass Conversion And Biorefinery*

Cece, R., Chairul, & Yelmida. (2014). Pengaruh Variasi Ph Dan Waktu Pada Pembuatan Bioetanol Dari Sari Kulit Nanas Dengan Menggunakan *Zymomonas Mobilis*

Chamchoi, N. (2019). Pemanfaatan Limbah Buah Untuk Produksi Bioetanol Secara Ko-Kulturas *pergillus Nigerdansaccharomyces Cerevisiae. Penelitian Lingkungan Terapan.*

Chaudharydkk. 2021. "Optimasi Hidrolisat Limbah Kulit Buah Delima Dengan Response Surface Methodology Untuk Produksi Bioetanol," *Saudi J. Biol. Sains.*, Jilid. 28, Tidak. 9, Hlm. 4867–4875, 2021, Doi: 10.1016/J.Sjbs.06.081.

Choonut, A., Saejong, M., & Sangkharak, K. (2014). The Production Of ethanol And Hydrogen From Pineapple Peel By *Saccharomyces Cerevisiae* And *Enterobacter Aerogenes*. Elsevier, 242-248.

Diamant , E., & Handajani, M. (2017). Optimization And Kinetics Study Of Bioethanol Production From Palm Oil Mill Effluent Under Anaerobic Process. *Jurnal Teknik Lingkungan.*

- E. Sania Putri Dan Supartono. 2015. "Pemanfaatan Limbah Tandan Kelapa Untuk Pembuatan Bioetanol Melalui Proses Hidrolisis Dan Fermentasi," *Indonesia. J.Kimia. Sains.*, Jilid. 4, Tidak. 3, Hal.178–183,
- Gomaa, E. Z. (2013). Bioconversion Of Orange Peels For Ethanol Production Using *Bacillus Subtilis* And *Pseudomonas Aeruginosa*. *African Journal Of Microbiology Research*, 1267-1274
- Hamzah, M. A., Alias, A. B., & Ahmad, N. E. (2019). Production Of Biofuel (Bio-Ethanol) From Fruitwaste: Banana Peels. *International Journal Of Engineering And Advanced Technology*, 5897-5900
- Herliati, Sefaniyah, Dan A. Indri. 2018. "Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Sebagai *teknologi*, Jilid. 6. 1, Hal. 1–10,.
- Hossain, A. M., Hadeel, A., Mseddi, K., Nasir, Ibrahim, A., & V, V. N. (2015). Comparative Studies Of Bio-Ethanol Production From Different Fruits Biomasses. *Global Journal Of Life Sciences And Biological Research*.
- Ingale, S., Joshi, S. J., & Gupte, A. (2014). Production Of Bioethanol Using Agricultural Waste: Banana Pseudo Stem. *Brazilian Journal Of Microbiology*
- J. Vol, N. Muhammad, K. Afdhol, H. Zulaika, Dan CP Siregar. 2019. "Produksi Bioetanol Dari Teh Bekas Dan Potensi Pemanfaatannya Di Kawasan Perminyakan," *J. Energi Bumi Eng.*, Jilid. 8. 1, Hal. 21–26.
- John, P. Yaragarla, P. Muthaiah, K. Ponnusamy, Dan A. Appusamy. 2017. "Optimasi Statistik Pretreatment Uap Katalis Asam Dari Limbah Kulit Jeruk Untuk Produksi Bioetanol," *Resor. Teknologi.*, Jilid. 3, Tidak. 4, Hal. 429– 433, Doi: 10.1016/J.Reffit.2017.04.001.
- Judith, S., & Muthusamy, P. (2019). Produksi Bioetanol Dari Kulit Srikaya Menggunakan *saccharomyces Cerevisiae*. *Jurnal Internasional Ilmu Dan Penelitian Pertanian (IJASR)*.
- Judith, S., & Muthusamy, P. (2019). The Production Of Bioethanol From Custard Apple Peels (*Annona Squamosa*) Using *Saccharomyces Cerevisiae* . *International Journal Of Agricultural Science And Research (IJASR)*
- Kahr, H., & Jager, A. G. (2011). Improvements In Bioethanol Production Process From Straw. *Bioenergy Technology*.
- Kartini, AM, & Dhokhikah, Y. (2018). Produksi Bioetanol Dari Molase Tebu Dengan Menggunakan Metode Sakarifikasi Dan Fermentasi Simultan (SSF). *Saccharomyces Cerevisiae-Pichia Stipitiskonsorsium. Ilmu Bumi Dan Lingkungan 207 Konversi Dan Manajemen Energi*.
- Kumar, PB, D, DM, M, J., & Stroeve, P. (2009). Metode Perlakuan Awal Biomassa Lignoselulosa Untuk Hidrolisis Dan Produksi Biofuel Yang Efisien. *Penelitian Kimia Industri Dan Teknik*.

- Lareo, C., Ferrari, M. D., Guigou, M., Fajardo, L., Larnaudie, V., Ramirez, M. B., & Martinez-Garreiro, J. (2013). Evaluation Of Sweet Potato For Fuel Bioethanol Production: Hydrolysis And Fermentation. Springer Plus, 2(493)
- M. Budiarni And T. Gultom. 2013. "Pengaruh Variasi Waktu Fermentasi Dan Berat Ragi Terhadap Kadar Alkohol Pada Pembuatan Bioetanol Limbah Padat Tapioka (Onggok)," Skripsi, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- M. Murniati, SS Handayani, Dan DK Risfianty. 2018. "BIOETANOL DARI LIMBAH BIJI DURIAN (Durio Zibethinus)," *J.Pijar Mipa*, Jilid. 13, Tidak. 2, Hal.155–159, Doi: 10.29303/Jpm.V13i2.761.
- M. Rijal, A. Mahulauw, And A. Rumberu. 2019. "Pengaruh Konsentrasi Saccharomyces Cereviceae Terhadap Produksi Bioetanol Berbahan Dasar Batang Jagung," *Biosel Biol. Sci. Educ.*, Vol. 8, No. 1, Pp. 59.
- Madu, JO, & Agboola, BO (2017). Produksi Bioetanol Dari Sekam Padi Menggunakan Pretreatment Dan Kondisi Fermentasi Yang Berbeda. *3 Bioteknologi*.
- Matharasi,, A., Uma, C., & Sivagurunathan, P. (2018). Determination Ofnbioethanol Potential From Banana Waste Using Indigenous Yeast (Saccharomyces Cerevisiae. KX033583). *Journal Of Pharmacognosy And Phytochemistry*
- Maynard, R., Angelica, A., Quinto, A., Cordero, P., & Dimaano, M. (2015). Bioethanol Production From Pineapple (Ananas Comosus) Peelings Using Saccharomyces Cerevisiae As Fermenting Yeast With Focus On Fermentation Ph. *International Journal Of Engineering Research & Technology* , 356-359
- Mushimiyimana, I., & Tallapragada, P. (2016). Produksi Bioetanol Dari Limbah Agro Melalui Proses Hidrolisis Asam Dan Fermentasi. *Jurnal Penelitian Ilmiah & Industri*.
- N. Hendrasarie Dan DE Mahendra,. 2020. "Pemanfaatan Limbah Sayuran Dari Pasar Tradisional Untuk Produksi Bioetanol," *J. Serambi Eng.*, Jilid. 5, Tidak. 3, Hal.1115–1122, Doi: 10.32672/Jse.V5i3.2075.
- N. Musita. 2019 . "Pembuatan Bioetanol Dari Ampas Tahu Menggunakan Metode Hidrolisis Asam Dan Fermentasi Menggunakan Ragi Instan," *J.Tekno. Agroindustri*, Jilid. 11, Tidak. 1, Hal. 8, Doi: 10.46559/ Tegi.V11i1.5214.
- Neo, MS, Gupta, SM, Khan, TM, & Gupta, M. (2017). Kuantifikasi Kandungan Etanol Dalam Sirup Obat Batuk Herbal Tradisional. *Jurnal Farmakogn*, 821.
- NNA Said Dan H. Purnama. 2020. "Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Kulit Kopi Arabika Dan Robusta Dengan Lama Fermentasi Yang Bervariasi," *Prosiding URECOL*, Hal.220–228.
- Oiwoh, O., Ayodele, Na, A., & Co, O. (2018). Optimization Of Bioethanol Production From Simultaneous Saccharification And Fermentation Of Pineapplepeels Using Saccharomyces Cerevisiae. *Apply Science Environmental*, 54-57

- ON Tsolcha, V. Patrino, CN Economou, M. Dourou, G. Aggelis, Dan AG Tekerlekopoulou. 2021. "Pemanfaatan Biomassa Yang Berasal Dari Pengolahan Air Limbah Agroindustri Berbasis Cyanobacteria Dan Ekstrak Residu Kismis Untuk Produksi Bioetanol,"*Air (Swiss)*, Jilid. 13, Tidak. 4, Doi: 10.3390/W13040486.
- P. Ningsih Dan H. Diskusi. 2018. "Analisis Bioetanol Dari Limbah Kulit sukun (,"*J.Akad. Kim*, Jilid. 7, Tidak. Februari, Hlm. 19–22.
- R. Moeksin, W. Sari, Dan Eni. 2015. "Pembuatan Bioetanol Dari Air Limbah Pencucian Beras Menggunakan Metode Hidrolisis Dan Fermentasi Enzimatis,"*J.Tek. Kim.*, Jilid. 21, Tidak. 1, Hal. 14–21.
- R. Salehi, A. Taghizadeh-Alisaraei, F. Shahidi, Dan A. Jahanbakhshi. 2020. "Potensiometri Produksi Bioetanol Dari Limbah Melon (Magassi Neishabouri Cultivar),"*J.Saudi Sosial. Pertanian. Sains.*, Jilid. 19, Tidak. 1, Hal.51–55, Doi: 10.1016/J.Jssas.2018.05.006.
- Raagapriya, K., Sheela, M., Brindha, R., Rethna, A., Hameed, MS, & Shanmugapriya, M. (2016). Produksi Bioetanol Dan Asam Sitrat Dari Kulit Pisang Dan Kulit Nanas Melalui Proses Fermentasi.*Jurnal Internasional Riset & Teknologi Teknik (IJERT)*, 1-3.
- Rachmat, S. Yani, A. Artiningsih, Dan N. Ramdani. 2021. "Artikel Review Jurnal Reayasa Proses Kimia:Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Popok Bayi Melalui Hidrolisis Dan Fermentasi Proses - Tinjauan),"*J.Kimia. Proses Bahasa Inggris.*, Jilid. 6, Tidak. 2655.
- Reddy, L. V., Reddy, O. V., & Wee, Y. J. (2011). Production Of Ethanol From Mango (Mangifera Indica L.) Peel By Saccharomyces Cerevisiae CFTR1101. *African Journal Of Biotechnology*, 4184-4187.
- S. Sarungu, S. Afrida, Dan M. Lumbaa. 2021. "Pemanfaatan Limbah Mangga Untuk Produksi Bioetanol Menggunakan Aspergillus Niger Dan Saccharomyces Cerevisiae: Sebuah Studi Skala Percontohan."*PETROGAS J. Teknologi Energi.*, Jilid. 3, Tidak. 1, Hlm. 27–34.
- SA Byadgi Dan PB Kalburgi. 2016. "Produksi Bioetanol Dari Limbah Koran,"*Lingkungan Procedia. Sains.*, Jilid. 35, Hal.555– 562 2016, Doi: 10.1016/J.Proenv.2016.07.040.
- SA Wahyuni, AH Kadarusno, Dan B. Suwerda. 2015. "Dan Limbah Buah Nanas Di Pasar Beringharjo Yogyakarta," Hal. 151–159.
- Safitrie, G., Safitri, E., & Putra, M. (2015). Pemanfaatan Kulit Cempedak Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol Dengan Proses Fermentasi Menggunakan Saccharomyces Cerevisiae. Konversi.
- Safitrie, G., Safitri, E., & Putra, M. (2015). Pemanfaatan Kulit Cempedak Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol Dengan Proses Fermentasi Menggunakan Saccharomyces Cerevisiae. Konversi.

- Salehi, R., Alisarai, AT, Shahidi, F., & Jahanbakhshi, A. (2020). Potensiometri Produksi Bioetanol Dari Limbah Melon (Magassi Neishabouri Cultivar). *Jurnal Masyarakat Ilmu Pertanian Saudi*
- Salih, N., & Paranjothi, N. (2018). Bioethanol Production From *Aspergillus Niger* 2081 By Submerged Batch Fermentation Using Honeydew Melon (*Cucumis melo*) Rinds As A Substrate. *International Journal Of Advanced Research In Engineering Innovation*.
- Schneider, RC, Junior, CS, Fernasier, F., Souza, D., & Corbellini, VA (2018). Produksi Bioetanol Dari Butiran Beras Pecah.
- Singh, A., Rath, S., & Kumar, Y. (2014). Bio-Ethanol Production From Banana Peel By Simultaneous Saccharification And Fermentation Process Using Cocultures *Aspergillus Niger* And *Saccharomyces Cerevisiae*. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 84-89
- Tran, Nguyen, Q., & Le, P. (2015). Simultaneous Saccharification And Fermentation Of Banana (*Musa Acuminata*) Peel For Bioethanol Production. *Journal Of Advance Research In Applied Science*, 1-5.
- Triwahyuni, E., Hariyanti, S., Dahnum, D., Nurdin, M., & Abimanyu, H. (2015). Optimization Of Saccharification And Fermentation Process In Bioethanol Production From Oil Palm Fronds. *Procedia Chemistry*
- Vats, S., Maurya, DP, Shaimoon, M., Agarwal, A., & Negi, S. (2013).
- Winarni Dan T. Beuna Bardant, "PEMBUATAN BIOETANOL DARI LIMBAH KAYU SENGON (*Falcataria Moluccana* (Miq.) Barneby & JW Grimes) MENGGUNAKAN METODE SUBSTRAT KONSENTRASI TINGGI," *J.Peneliti. Memiliki. Hutan*, Jilid. 35, Tidak. 4, Hal.231–242, 2018, Doi: 10.20886/Jphh.2017.35.4.231-242.
- Y. Susmiati. 2018. "The Prospect Of Bioethanol Production From Agricultural Waste And Organic Waste," *Ind. J. Teknol. Dan Manaj. Agroindustri*, Vol. 7, No. 2, Pp. 67–80, Doi: 10.21776/Ub.Industria.2018.007.02.1.
- Yuvarani, M., & Dhas, C. S. (2017). Synthesis Of Bioethanol From *Artocarpus Heterophyllus* Peel By Fermentation Using *Saccharomyces Cerevisiae* At Low Cost. *Global Research And Development Journal*, 1-6
- YW. Fitria And E. Lindasari. 2020. "Optimasi Perolehan Bioetanol Dari Kulit Nanas (*Ananas Cosmosus*) Dengan Penambahan Urea, Variasi Konsentrasi Inokulasi Starter Dan Waktu Fermentasi," *J. Reka Lingkung.*, Vol. 9, No. 1, Pp. 1–10.
- Z. A. S. M. Rosdee, N. Masngut, S. M. Shaarani, S. Jamek, And M. S. M. Sueb. 2020. "Enzymatic Hydrolysis Of Lignocellulosic Biomass From Pineapple Leaves By Using Endo1,4-Xylanase: Effect Of Ph, Temperature, Enzyme Loading And Reaction Time", *IOP Conference Series: Materials Science And Engineering*, Vol. 736, No. 2.

Zhou, S., Zhang, Y., & Dong, Y. (2012). Perlakuan Awal Produksi Biogas Dengan Fermentasi Anaerobik Dari Campuran Brangkasan Jagung Dan Kotoran Sapi. *Energi*.