Jurnal Biotek
p-ISSN: 2581-1827 (print), e-ISSN: 2354-9106 (online)
Website: http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/biotek/index

Kadar Bioetanol Hasil Fermentasi Kulit Singkong dan Kulit Nangka dengan Variasi Nutrisi

Valentina Lumbantoruan[1*], Rendy Wikrama Wardana[1], Sutarno[1], Deni Parlindungan[1], Silvia Syeptiani[1]

[1]Universitas Bengkulu, Indonesia

*Correspondence email: valentinlumbantoruan30@gmail.com

(Submitted: 02-06-26, Revised: 13-06-2026, Accepted: 19-06-2026)

ABSTRAK

Penelitian eksperimen ini bertujuan untuk menganalisis variasi nutrisi pada proses fermentasi terhadap produksi kadar bioetanol yang dihasilkan dari kulit singkong dan kulit nangka serta menentukan kombinasi bahan baku dan nutrisi yang menghasilkan kadar bioetanol paling optimal. Proses pembuatan bioetanol melalui tahapan persiapan, hidrolisis menggunakan H_2SO_4 5%, fermentasi (dilakukan selama 9 hari dengan penambahan nutrien berupa NPK dan Urea), dan pemurnian melalui tahap destilasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kulit singkong dengan bantuan *Saccharomyces cerevisiae* pada saat proses fermentasi menghasilkan kadar bioetanol tertinggi sebesar 6%. Sementara, kadar etanol terendah sebesar 2% diperoleh dari fermentasi kulit nangka dengan bantuan *Saccharomyces cerevisiae* dan penambahan Urea. Penambahan nutrien, mempengaruhi aktivitas *Saccharomyces cerevisiae* sehingga dapat meningkatkan bahkan menurunkan kadar etanol yang dihasilkan, jika penambahan nutrien terlalu banyak menyebabkan ketidakseimbangan *Saccharomyces cerevisiae* dalam menjalankan aktivitas metabolisme dalam menghasilkan etanol. Limbah kulit singkong dan limbah kulit nangka dapat dimanfaatkan sebagai bioetanol yang merupakan energi alternatif terbarukan ramah lingkungan.

Kata Kunci: bioetanol, energi alternatif, kulit singkong, kulit nangka

ABSTRACT

This experimental study aims to analyze nutritional variations in the fermentation process that affect bioethanol production from cassava peels and jackfruit peels, as well as to determine the optimal combination of raw materials and nutrients that yields the highest bioethanol content. The bioethanol production process consisted of several stages, including preparation, hydrolysis, fermentation, and purification. The hydrolysis stage employed 5% H_2SO_4 as a catalyst to break glycosidic bonds in polysaccharides, thereby converting complex carbohydrates into glucose. Fermentation was carried out for nine days with the addition of nutrients in the form of NPK fertilizer and urea, followed by purification through distillation. The results showed that cassava peels produced the highest bioethanol content of 6% when fermented with the assistance of Saccharomyces cerevisiae. In contrast, the lowest ethanol content of 2% was obtained from the fermentation of jackfruit peels with the addition of urea. These findings indicate that nutrient addition significantly affects the metabolic activity of Saccharomyces cerevisiae, which can either increase or decrease ethanol production. Excessive nutrient supplementation may disrupt the metabolic balance of the yeast, leading to reduced ethanol yield. Overall, cassava peel waste and jackfruit peel waste shows strong potential as raw materials for bioethanol production, offering an environmentally friendly and renewable alternative energy source.

Copyright©2026

Keywords**:** *bioethanol, alternative energy, cassava peel, jackfruit peel*

How to cite*:* Lumbantoruan, V., Wikrama Wardana, R., Sutarno, S., Parlindungan, D., & Syeptiani, S. (2026). Kadar Bioetanol Hasil Fermentasi Kulit Singkong dan Kulit Nangka dengan Variasi Nutrisi. *Jurnal Biotek*, *14*(1), 61–77. https://doi.org/10.24252/jb.v14i1.68657

PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan sektor industri menyebabkan ketergantungan manusia terhadap bahan bakar fosil. Kondisi tersebut berpotensi memicu krisis energi akibat keterbatasan ketersediaan sumber daya fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam yang bersifat tidak terbarukan. Tingginya penggunaan energi tak terbarukan dapat memicu meningkatnya masalah lingkungan seperti pencemaran udara, kerusakan ekosistem, dan emisi gas rumah kaca yang memberikan kontribusi besar terhadap perubahan iklim (Maryam et al., 2024). Salah satu solusi alternatif untuk mengatasi krisis energi adalah pemanfaatan energi biomassa sebagai sumber energi baru terbarukan yang ramah lingkungan (Desti, 2022). Sumber energi biomassa biasanya berasal dari limbah hasil pengolahan pertanian dan perkebunan.

Biomassa dengan kandungan utama yakni selulosa, hemiselulosa dan lignin (Prastika & Muzakhar, 2023). Dengan karakteristik tersebut, biomassa berpotensi untuk dikembangkan sebagai sumber energi alternatif terbarukan yang dapat diolah menjadi bioenergi, salah satunya bioetanol. Bioetanol merupakan bahan bakar hasil fermentasi biomassa yang mengandung karbohidrat seperti pati, gula maupun selulosa yang tinggi (Dilla et al., 2024).

Bahan utama dalam proses pembuatan bioetanol biasanya mengandung pati yang berasal dari tumbuhan seperti singkong, jagung, sagu dan ubi jalar (Saragih et al., 2024). Kulit singkong dan kulit nangka merupakan limbah yang mudah ditemukan. Singkong merupakan hasil bumi yang dimanfaatkan sebagai pengganti beras, produk makanan seperti keripik, tape dan tapioka. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) produksi singkong di Indonesia mencapai 19,63 juta ton pada tahun 2025. Semakin banyak produksi singkong maka akan meningkatkan produksi limbah kulit singkong. Kulit singkong memiliki sumber pati yang cukup tinggi (Saragih et al., 2024). Kandungan karbohidrat pati pada kulit singkong mencapai 36,58% (Kurniasari & Widayatno, 2023), yang merupakan syarat utama dalam pembuatan bioetanol. Sementara produksi buah nangka berdasarkan data Badan

Pusat Statistik mencapai 8,7 juta ton pada tahun 2024 dan pada tahun 2023 sebesar 7,8 ton. Meningkatnya produksi buah nangka akan berpotensi menghasilkan peningkatan limbah kulit nangka. Limbah kulit nangka mengandung karbohidrat sebesar 15,87% (Chairunisya et al., 2023). Limbah kulit singkong dan kulit nangka berpotensi diolah menjadi sumber bahan bakar alternatif seperti bioetanol melalui proses hidrolisis, fermentasi dan destilasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Putri et al., (2024) menghasilkan bioetanol dari biji alpukat dengan penambahan nutrien berupa NPK dan Urea dengan variasi: A) 100% ragi (tanpa nutrien): B)100% NPK: C) 100% Urea: D) 50% NPK dan 50% Urea: E) 75% NPK dan 25% Urea. Lama waktu fermentasi divariasikan dalam 13, 19 dan 25 hari. Diperoleh bahwa penambahan nutrien dan lama fermentasi dapat meningkatkan aktivitas fermentasi mikroorganisme sehingga berpengaruh terhadap kadar etanol yang dihasilkan.

Pada penelitian ini memanfaatkan kombinasi dua bahan baku yaitu kulit singkong dan kulit nangka. Pemilihan kedua bahan ini didasarkan pada ketersediaan yang melimpah untuk dimanfaatkan. Penggabungan kedua bahan baku ini dilakukan untuk memperoleh komposisi substrat yang seimbang dan saling melengkapi. Kulit singkong memiliki kandungan karbohidrat dan pati yang cukup tinggi (Kurniasari & Widayatno, 2023), sehingga berpeluang sebagai sumber gula selama proses hidrolisis. Sementara kulit nangka mengandung selulosa dan gula alami yang dimanfaatkan sebagai sumber karbon. Oleh karena itu, kombinasi kedua ini dapat meningkatkan efisiensi hidrolisis serta ketersediaan gula reduksi yang diperlukan dalam proses fermentasi.

Bioetanol hasil fermentasi berpotensi dikembangkan sebagai bahan bakar energi alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Salah satu bentuk pemanfaatannya adalah sebagai bahan bakar pengganti maupun sebagai campuran dengan bahan bakar fosil pada kendaraan bermotor untuk mengurangi dampak pencemaran udara. Penggunaan bioetanol tidak hanya berperan dalam mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, tetapi juga mampu menurunkan emisi CO_2 karena dapat meningkatkan kualitas pembakaran di dalam mesin. Dari sisi karakteristik bioetanol memiliki sifat mudah menguap, mudah terbakar, larut dalam air dan ramah lingkungan (Nurusman et al., 2023).

Bioetanol diperoleh melalui proses hidrolisis untuk mengubah karbohidrat kompleks seperti pati menjadi gula sederhana. Berdasarkan penelitian yang

dilakukan oleh Musiyanti et al., (2025) hidrolisis memberikan peluang besar terjadinya pemutusan ikatan glikosidik dalam struktur selulosa untuk menghasilkan kadar etanol. Proses fermentasi akan mengubah senyawa kimia pada substrat organik melalui aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme dalam kondisi anaerob (tanpa oksigen). Lama fermentasi menjadi salah satu faktor penting dalam produksi bioetanol karena *S. cerevisiae* memerlukan waktu yang cukup untuk dapat menghasilkan bioetanol (Saragih et al., 2024).

Selama proses fermentasi, ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae)* membutuhkan nutrisi untuk menunjang pertumbuhan metabolisme. Penelitian ini menggunakan penambahan nutrien NPK dan urea untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme tersebut. Pupuk NPK mengandung unsur hara nitrogen, fosfor dan Kalium serta urea sebagai sumber nitrogen dalam mempercepat aktivitas mikroba. Pemberian NPK dan Urea memiliki peran yang serupa pada saat fermentasi bioetanol, yaitu sebagai nutrisi bagi mikroorganisme sehingga aktivitas metabolisme mikroba dalam mengubah gula menjadi etanol lebih optimal. Penelitian yang dilakukan oleh Lazuardi et al., (2024) menunjukkan kadar bioetanol tertinggi sebesar 32% dengan menggunakan mikroorganisme *S. cerevisiae*. Kadar bioetanol ini diperoleh dari bahan baku kulit pisang kepok dengan penambahan starter pada saat proses fermentasi. Penambahan nutrisi dalam media fermentasi dapat meningkatkan aktivitas metabolisme mikroorganisme sehingga produksi bioetanol dapat meningkat. Namun demikian, konsentrasi nutrisi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan ketidakseimbangan metabolisme sel dan berpotensi menghambat proses fermentasi. Nutrisi tersebut berfungsi dalam pembentukan asam amino, protein dan enzim dalam metabolisme fermentasi. Variasi sumber nutrien dalam media fermentasi dapat mempengaruhi produktivitas bioetanol.

Penelitian mengenai produksi bioetanol dari limbah pertanian berupa kulit pisang, biji alpukat maupun limbah pati lainnya telah banyak dilakukan. Namun, pemanfaatan campuran kulit singkong dan kulit nangka sebagai bahan baku pembuatan bioetanol masih sangat terbatas dan belum banyak dikaji. Kombinasi kedua bahan tersebut berpotensi menghasilkan gula reduksi yang dapat dimanfaatkan dalam produksi bioetanol. Selain itu, kajian pengaruh variasi nutrisi seperti penambahan NPK dan Urea pada kombinasi kulit singkong dan kulit nangka terhadap produksi bioetanol belum banyak dilakukan, termasuk dalam penentuan nutrisi terbaik untuk menghasilkan bioetanol secara optimal. Penggunaan nutrisi

menjadi faktor dalam penyediaan unsur hara yang mendukung aktivitas metabolisme *S. cerevisiae*. Bioetanol yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat dijadikan sebagai campuran bahan bakar berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7390:2007, dengan perbandingan E5 yang merupakan 5% etanol dan 95% bensin (Pathonawiratama et al., 2025).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variasi nutrisi fermentasi terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan dari kulit singkong dan kulit nangka serta menentukan kombinasi bahan baku dan nutrisi yang menghasilkan kadar bioetanol paling optimal. Selain itu, pemanfaatan kedua jenis limbah kulit singkong dan kulit nangka tersebut diharapkan dapat mengurangi volume limbah serta pengembangan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian eksperimen ini dilaksanakan di Laboratorium FKIP Universitas Bengkulu pada Bulan Januari hingga Februari 2026. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan bioetanol yaitu kulit singkong dan kulit nangka lapisan terluar (exocarp) yang diperoleh setelah daging buah dipisah. Alat dan bahan yang digunakan berupa satu set alat destilasi, copper, timbangan, alkoholmeter, gelas ukur, pH meter, botol bekas, botol vial 100mL, kulit singkong, kulit nangka, aquades, H_2SO_4 5%, ragi, NPK dan Urea. Pembuatan bioetanol dilakukan tahap persiapan, tahap hidrolisis, tahap fermentasi, tahap destilasi dan tahap uji hasil bioetanol (Lazuardi et al., 2024). Pada tahap persiapan, kulit singkong dan kulit nangka dipotong menjadi bagian kecil dan dicuci hingga bersih. Selanjutnya dikeringkan selama 2 hari dibawah sinar matahari untuk mengurangi kadar air (Putra & Purnama, 2019). Kemudian dihaluskan menggunakanan copper. Setiap bahan ditimbang dengan variasi sampel: (1) kulit singkong 100 g; (2) kulit nangka 100 g; (3) Kombinasi kulit singkong 50 g dan kulit nangka 50 g.Tahap kedua yaitu tahap hidrolisis. Hidrolisis merupakan penguraian senyawa polisakarida menjadi gula sederhana dengan bantuan H_2O dan penambahan larutan asam seperti asam klorida (HCL) dan asam sulfat (H_2SO_4). Pada penelitian ini digunakan asam sulfat (H_2SO_4) pada proses hidrolisis. Asam sulfat dipilih karena merupakan senyawa asam kuat. Proses hidrolisis ditunjukkan pada reaksi persamaan berikut:

$$(C_6H_{10}O_5)n + nH_2O \xrightarrow{H_2SO_4} nC_6H_{12}O_6$$

(Agustina et al., 2021)

Asam kuat memiliki reaktifitas yang lebih tinggi dalam menguraikan lapisan lignin pada selulosa dibandingkan asam lemah serta lebih mudah larut dalam proses reaksi (Agustina et al., 2021). H_2SO_4 berfungsi sebagai katalis untuk memutus ikatan glikosidik pada polisakarida, sehingga karbohidrat kompleks terdegradasi menjadi glukosa (gula sederhana). Proses ini adalah penguraian kandungan karbohidrat dalam bentuk selulosa menjadi monosakarida dan H_2O. Setiap sampel yang telah ditimbang dicampurkan dengan H_2O 500 mL dan H_2SO_4 5% kemudian dipanaskan satu persatu selama 30 menit pada suhu 90–95°C (Lazuardi et al., 2024). Setelah itu didinginkan pada suhu ruang. Selanjutnya ditambahkan ragi roti yang mengandung mikroorganisme *S. cerevisiae* sebagai agen fermentasi, dan nutrien seperti NPK dan Urea pada setiap sampel. Variasi nutrien yang ditambahkan dengan 4 komposisi: 1) Ragi roti (4g) (Chatimah et al., 2025); 2) Ragi roti (4g) + NPK (3g); 3) Ragi roti (4g) + Urea (2g); dan Ragi roti (4g) + NPK (3g) + Urea (2g) ditambahkan pada setiap sampel. Penentuan dosis nutrisi NPK 3 g dan Urea 2 g/500 mL substrat dipilih berdasarkan modifikasi dari penelitian sebelumnya oleh Qomariyah & Sindhuwati (2021). Pada penelitian ini menggunakan 2 ulangan dan data hasil penelitian dianalisis menggunakan uji non-parametrik Kruskal-Wallis karena data tidak memenuhi asumsi uji prasyarat ANOVA untuk mengetahui perbedaan kadar etanol antar perlakuan. Komposisi perlakuan sebagai berikut:

a. K1: Kulit singkong (100g) + Ragi roti (4g)
   S1: Kulit singkong (100g) + Ragi roti (4g) + NPK (3g)
   S2: Kulit singkong (100g) + Ragi roti (4g) + Urea (2g)
   S3: Kulit singkong (100g) + Ragi roti (4g) + NPK (3g) + Urea (2g)
b. K2: Kulit singkong (50g) & kulit Nangka (50g) + Ragi roti (4g)
   SN1: Kulit singkong (50g) & kulit Nangka (50g) + Ragi roti (4g) + NPK (3g)
   SN2: Kulit singkong (50g) & kulit Nangka (50g) + Ragi roti (4g) + Urea (2g)
   SN3: Kulit singkong (50g) & kulit Nangka (50g) + Ragi roti (4g) + NPK (3g) + Urea (2g)
c. K3: Kulit Nangka (100g) + Ragi roti (4g)

N1: Kulit Nangka (100g) + Ragi roti (4g) + NPK (3g)

N2: Kulit Nangka (100g) + Ragi roti (4g) + Urea (2g)

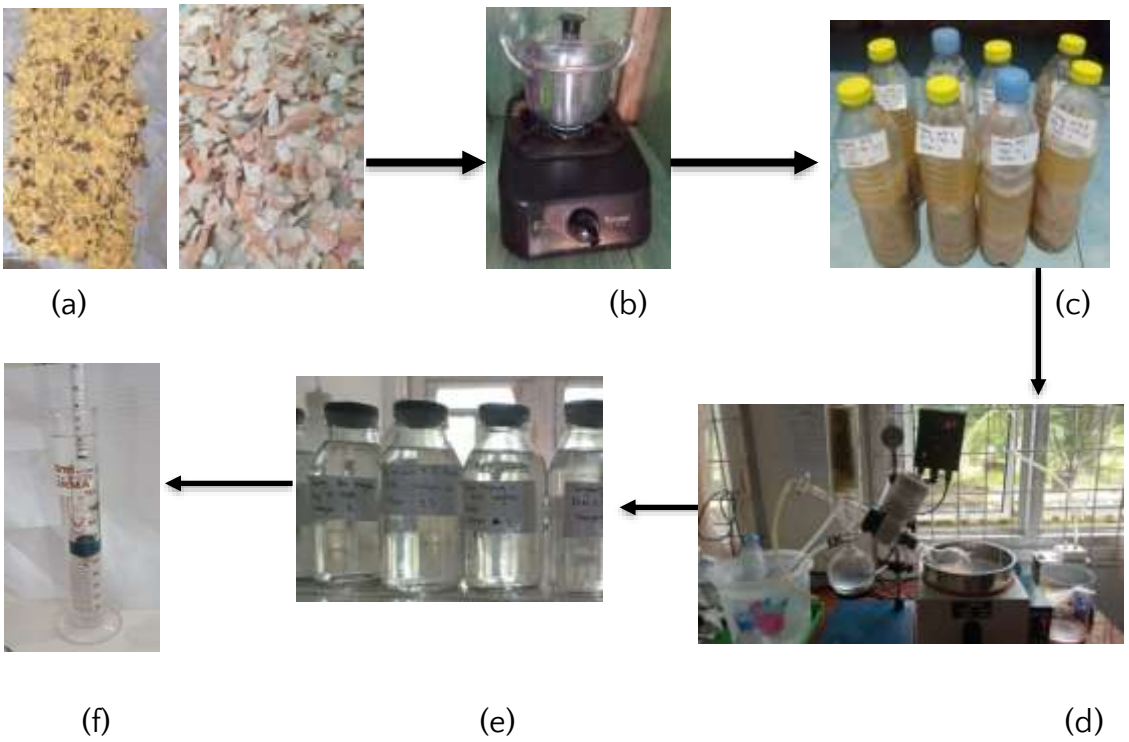
N3: Kulit Nangka (100g) + Ragi roti (4g) + NPK (3g) + Urea (2g)

Sampel dimasukkan kedalam botol berdasarkan variasi nutrien untuk proses fermentasi. Fermentasi dilakukan untuk pemecahan gula sederhana menjadi karbon dioksida (CO_2) dan alkohol (Pradigdo et al., 2021) yang berlangsung selama 9 hari (Qomariyah & Sindhuwati, 2021). Perubahan reaksi glukosa menjadi alkohol dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$C_6H_{12}O_{6(s)} \longrightarrow 2C_2H_5OH_{(i)} + 2CO_{2(9)}$$

(Agustina et al., 2021).

Dilanjutkan dengan penyaringan sampel agar terpisah dari campuran bahan hingga menghasilkan larutan pada setiap sampel. Tahap keempat adalah proses destilasi pada titik didih 78°C (Raju et al., 2024) selama 60 menit untuk menghasilkan uap etanol. Selama proses destilasi, suhu dijaga konstan sesuai dengan titik didih etanol. Hasil destilasi yang diperoleh dicatat berdasarkan volume yang dihasilkan. Volume hasil destilasi yang diperoleh sebanyak 100 mL, kemudian dimasukkan kedalam botol vial dan ditutup rapat. Tahap kelima yaitu analisis kadar etanol pada bioetanol menggunakan alkoholmeter analog (Lorenza et al., 2025) dengan rentang pengukuran 0-100%v/v yang memiliki keterbatasan resolusi pengukuran, sehingga perubahan kecil kadar etanol tidak terdeteksi secara presisi dengan memasukkan destilat masing-masing sampel yang sudah didestilasi sebanyak 100 mL kedalam gelas ukur, kemudian alkohol meter dicelupkan kedalam destilat tersebut. Batas yang tercelup pada permukaan destilat menunjukkan kadar alkohol pada sampel yang diuji (Hermanto et al., 2020). Data kuantitatif kadar bioetanol akan disajikan dalam bentuk tabel. Data kualitatif dianalisis secara deskriptif. Berikut tahapan pembuatan bioetanol kulit singkong dan kulit nangka.



Gambar 1. Tahapan Produksi Bioetanol dari kulit singkong dan kulit nangka: (a) Persiapan bahan baku, (b) hidrolisis, (c) fermentasi, (d) destilasi, (e) bioetanol hasil destilasi, dan (f) pengukuran kadar etanol menggunakan alkohol meter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Fermentasi Bioetanol

Hasil penelitian eksperimen pembuatan bioetanol bahan baku kulit singkong dan kulit nangka melalui tahapan persiapan, hidrolisis, fermentasi, destilasi dan hasil analisis etanol yang dihasilkan dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kadar Etanol Hasil Fermentasi (Rata-rata ± SD)

Variasi Bahan	Fermentasi (hari)	Nutrisi	Kadar Etanol (%) pada Ulangan		Rata-rata ± SD
			Ul.1	Ul.2	
Kulit Singkong	9	Ragi (N0)	6	6	6,00±0,00
		Ragi + NPK (N1)	4	4	4,00±0,00
		Ragi + Urea (N2)	4	4	4,00±0,00
		Ragi + NPK + Urea (N3)	3	3	3,00±0,00
Kulit singkong + kulit Nangka		Ragi (N0)	5	5	5,00±0,00
		Ragi + NPK (N1)	3	3	3,00±0,00
		Ragi + Urea (N2)	3	3	3,00±0,00
		Ragi + NPK + Urea (N3)	3	3	3,00±0,00
Kulit nangka		Ragi (N0)	3	3	3,00±0,00
		Ragi + NPK (N1)	3	3	3,00±0,00
		Ragi + Urea (N2)	2	2	2,00±0,00
		Ragi + NPK + Urea (N3)	2	2	2,00±0,00

Berdasarkan tabel 1, hasil kadar etanol yang dihasilkan berkisar antara 2% hingga 6%. Untuk melihat pengaruh nutrisi pada perlakuan dapat dilihat pada tabel 2:

Tabel 2. Hasil Uji Kruskal-Wallis terhadap kadar bioetanol berdasarkan perlakuan

Variasi	Perlakuan	n	Mean Rank	Chi-Square(x^2)	df	Sig.(p)	Keterangan
Bahan	B1	8	17,75	11,84	2	0,003	Berbeda nyata
	B2	8	13,25				
	B3	8	6,50				
Nutrisi	N0	6	18,50	8,62	3	0,035	Berbeda nyata
	N1	6	13,17				
	N2	6	10,50				
	N3	6	7,83				
Ulangan	U1	12	12,50	0,00	1	1,00	Tidak berbeda nyata
	U2	12	12,50				

Hasil uji Kruskal-Wallis terhadap seluruh kombinasi perlakuan menunjukkan terdapat perbedaan terhadap kadar bioetanol antar perlakuan ($p < 0,05$). Selain itu, pengukuran pH dilakukan menggunakan pH meter pada akhir proses fermentasi sebelum dilakukan destilasi. Nilai pH akhir digunakan sebagai parameter pendukung dalam mengetahui kondisi fermentasi. Nilai pH dapat dilihat pada tabel 3:

Tabel 3. Nilai pH

Variasi Bahan	Nilai pH			
	Ragi (N0)	Ragi + NPK (N1)	Ragi + Urea (N2)	Ragi + NPK + Urea (N3)
Kulit Singkong	3,58	3,48	3,37	3,16
Kulit Singkong + Kulit Nangka	3,49	2,92	3,01	2,92
Kulit Nangka	3,52	3,22	3,22	3,16

Berdasarkan tabel diatas terlihat bahwa kadar etanol dipengaruhi oleh variasi kulit singkong dan kulit nangka dan jenis nutrisi yang digunakan selama proses fermentasi. Pada penelItian ini, diperoleh nilai pH akhir yang diperoleh berada dibawah kisaran pH optimum untuk fermentasi bioetanol. Variasi pH dipilih karena

penelitian bertujuan untuk melihat pengaruh kombinasi nutrisi dan bahan baku terhadap hasil fermentasi. Kondisi pH yang kurang optimal disebabkan oleh terbentuknya senyawa asam organik seperti asam asetat dan asam laktat dari aktivitas mikroorganisme. Akibatnya, kondisi media menjadi sangat asam sehingga aktivitas *S. cerevisiae* dapat terganggu. Meskipun demikian, fermentasi sampel variasi kulit singkong dengan ragi menghasilkan kadar etanol sebesar 6% dengan nilai pH 3,58. Nilai ini merupakan kadar etanol tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa kulit singkong memiliki kandungan karbohidrat pati yang tinggi (Kurniasari & Widayatno, 2023).

Pati yang terhidrolisis menjadi glukosa lebih mudah dimanfaatkan oleh *S.cerevisiae* selama proses fermentasi sehingga pembentukan etanol berlangsung lebih optimal. Penggunaan ragi menghasilkan bioetanol tertinggi karena ragi mengandung khamir *S. cerevisiae* yang mampu mengubah gula menjadi etanol. Pada kondisi tersebut, glukosa hasil hidrolisis dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk menghasilkan bioetanol. Selain itu, nilai pH yang berada pada kondisi asam menunjukkan adanya aktivitas mikroorganisme selama proses fermentasi. Kondisi medium yang tidak terlalu asam masih optimum bagi ragi untuk menjalankan aktivitas metabolisme sehingga pembentukan etanol menjadi lebih optimal dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Selanjutnya pada sampel variasi kulit singkong dengan ragi dan NPK kadar etanol dihasilkan sebesar 4% dengan nilai pH 3,48. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan sampel variasi kulit singkong dengan ragi. Penurunan kadar etanol ini disebabkan oleh penambahan nutrisi yang tidak seimbang sehingga aktivitas metabolisme tidak bekerja secara optimal. Nutrisi seperti nitrogen, fosfor dan kalium dapat membantu pertumbuhan mikroorganisme selama proses fermentasi, namun jika jumlahnya tidak sesuai maka dapat menurunkan efisiensi pembentukan bioetanol (Putri, et al., 2024). Selain itu, kondisi medium yang semakin asam juga dapat menyebabkan aktivitas fermentasi menjadi kurang optimal (Qomariyah & Sindhuwati, 2021).

Pada sampel variasi kulit singkong dengan urea, kadar etanol yang dihasilkan sebesar 4% yang menunjukkan nilai sama yang dihasilkan dengan sampel kulit singkong dengan NPK dan nilai pH 3,37. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan urea sebagai sumber nitrogen belum mampu meningkatkan kadar etanol. Medium yang asam dapat menyebabkan aktivitas fermentasi kurang optimal (Qomariyah & Sindhuwati, 2021). Urea merupakan sumber nitrogen yang dapat membantu proses

metabolisme mikroorganisme selama fermentasi. Namun dalam kondisi tertentu, penambahan nitrogen yang berlebihan dapat mempengaruhi metabolisme sehingga produksi bioetanol tidak maksimal (Putri, et al., 2024).

Pada sampel variasi kulit singkong dengan ragi, NPK dan urea, kadar etanol dihasilkan sebesar 3% yang merupakan kadar etanol terendah pada variasi bahan baku kulit singkong dengan nilai pH 3,16. Kelebihan nutrisi dalam media fermentasi menyebabkan mikroorganisme lebih banyak menggunakan energi untuk pertumbuhan sel dibandingkan menghasilkan etanol sebagai produk metabolik (Putri, et al., 2024). Nilai pH yang rendah menunjukkan kondisi medium yang asam. Pada umumnya, kisaran pH optimum untuk fermentasi oleh *S. cerevisiae* berada pada rentang pH 4-5, sehingga kondisi pH yang berada di luar kisaran tersebut dapat menyebabkan aktivitas ragi mulai terhambat (Qomariyah & Sindhuwati, 2021). Kondisi ini menyebabkan proses konversi gula menjadi etanol tidak berlangsung secara maksimal. Pada sampel variasi campuran kulit singkong dan kulit nangka dengan ragi menghasilkan kadar etanol sebesar 5% dengan nilai pH 3,49. Nilai ini sedikit lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan kulit singkong. Kondisi ini dipengaruhi karena adanya kulit nangka yang mengandung karbohidrat jenis pati yang rendah sesuai dengan penelitian (Meyrinta et al., 2018) kandungan karbohidrat yang berasal dari komponen lignoselulosa berupa selulosa dan hemiselulosa memiliki struktur kompleks serta terikat dengan lignin yang sulit terurai menjadi gula sederhana. Selama proses hidrolisis kandungan pati pada bahan baku akan diuraikan menjadi gula sederhana yang akan dibutuhkan dalam membentuk etanol selama proses fermentasi melalui bantuan mikroorganisme.

Pada sampel campuran kulit singkong dan kulit nangka dengan ragi dan NPK, kadar etanol dihasilkan sebesar 3% dengan nilai pH 2,92. Nilai ini menunjukkan bahwa penambahan NPK tidak memberikan peningkatan terhadap produksi etanol pada bahan baku campuran antara kulit singkong dan kulit nangka. Rendahnya kadar etanol ini disebabkan oleh karakteristik bahan yang mengandung lignoselulosa pada kulit nangka, sehingga proses hidrolisis kurang optimal. Struktur lignin yang kompleks menghambat pemecahan polisakarida menjadi gula sederhana, sehingga jumlah glukosa yang tersedia sebagai substrat fermentasi menjadi terbatas. Nutrisi yang ditambahkan berupa NPK belum mampu memberikan peningkatan terhadap bioetanol yang dihasilkan.

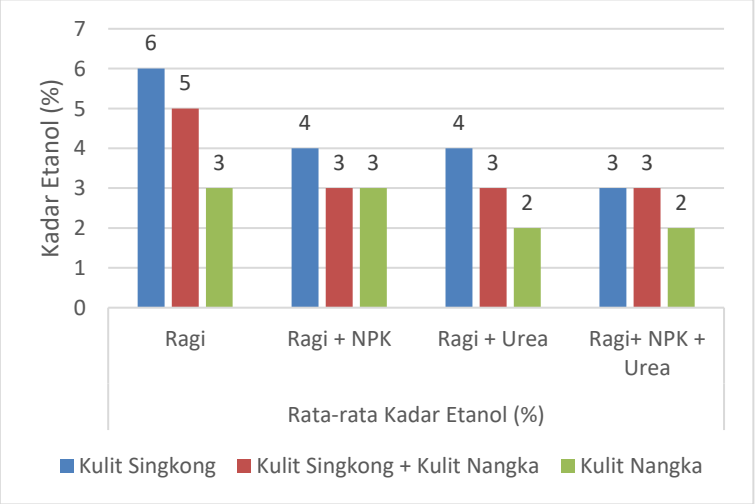
Pada sampel variasi campuran kulit singkong dan kulit nangka dengan penambahan ragi dan urea menghasilkan kadar etanol sebesar 3% dengan nilai pH 3,01. Nilai ini sama dengan perlakuan campuran kulit singkong dan kulit nangka dengan ragi dan NPK. Selanjutnya pada sampel variasi campuran kulit singkong dan kulit nangka dengan ragi, NPK dan urea, kadar etanol dihasilkan sebesar 3% dengan nilai pH 2,92. Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh perlakuan pada bahan baku campuran menghasilkan kadar etanol berkisar 3-5%. Hal ini terjadi karena karakteristik substrat campuran kulit singkong dan kulit nangka lebih berpengaruh terhadap kesediaan dibandingkan variasi nutrisi yang diberikan (Putri, et al., 2024). Selain itu kondisi medium yang semakin asam menyebabkan aktivitas fermentasi oleh *S. cerevisiae* menjadi kurang optimal (Qomariyah & Sindhuwati, 2021) sehingga etanol yang dihasilkan lebih rendah.

Pada sampel variasi kulit nangka dengan ragi menghasilkan kadar etanol sebesar 3% dengan nilai pH 3,52. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan pada kulit singkong. Kondisi ini disebabkan oleh kandungan karbohidrat pada kulit nangka didominasi oleh kandungan lignoselulosa yang sulit terurai menjadi gula sederhana. Selain itu, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fibonacci (2019) mengatakan bahwa kandungan air pada kulit nangka yang relatif tinggi menyebabkan konsentrasi gula menjadi lebih rendah. Pada sampel variasi kulit nangka dengan ragi dan NPK menghasilkan kadar etanol sebesar 3% dengan nilai pH 3,22. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan NPK tidak memberikan peningkatan terhadap produksi etanol. Kondisi ini disebabkan keterbatasan substrat karena rendahnya kandungan karbohidrat yang dihasilkan oleh kulit nangka dan proses hidrolisis yang kurang optimal. Pada sampel variasi kulit nangka dengan ragi dan urea, kadar etanol yang dihasilkan sebesar 2% dengan nilai pH 3,22 dengan penambahan urea. Nilai ini menunjukkan bahwa pada saat proses fermentasi berlangsung kurang optimal dalam pembentukan etanol. Hal ini disebabkan oleh kandungan lignoselulosa yang tinggi pada kulit nangka, sehingga proses hidrolisis kurang mampu menghasilkan gula sederhana dalam jumlah yang cukup sebagai substrat fermentasi. Demikian hal nya dengan sampel variasi kulit nangka dengan ragi, NPK dan urea menghasilkan kadar etanol sebesar 2% dengan nilai pH 3,16. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan nutrisi yang diberikan tidak meningkatkan kadar etanol yang dihasilkan. Kondisi ini menyebabkan variasi kulit nangka menghasilkan bioetanol paling rendah dibandingkan dengan bioetanol yang

dihasilkan oleh kulit singkong. Temuan ini didukung oleh penelitian (Pertiwi & Widyaningrum, 2022) yang memperoleh bioetanol dari kulit nangka tertinggi sebesar 3,16% dan terendah sebesar 0,92%. Sedangkan pada penelitian ini kadar etanol dari kulit nangka menghasilkan 2-3%.

Analisis kadar Etanol Berdasarkan Variasi Bahan Baku dan Variasi Nutrien

Hasil fermentasi yang telah diperoleh kemudian dianalisis pada grafik berikut untuk menunjukkan kadar etanol yang dihasilkan berdasarkan variasi perlakuan dan variasi nutrisi fermentasi.



Gambar 2. Kadar Etanol (%) pada kulit singkong dan kulit nangka dengan variasi nutrisi

Berdasarkan data grafik diatas, menunjukkan bahwa variasi nutrisi yang diberikan selama proses fermentasi memberikan pengaruh berbeda terhadap produksi etanol dari masing-masing bahan baku. Secara umum terlihat bahwa setiap perlakuan nutrisi menghasilkan kadar bioetanol yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan nutrisi selama proses fermentasi sangat mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dalam mengubah glukosa menjadi etanol. Dalam proses fermentasi bioetanol, mikroorganisme memanfaatkan gula sederhana untuk menghasilkan etanol dan karbon dioksida melalui fermentasi anaerob. Ketersediaan dan keseimbangan nutrisi dalam media fermentasi sangat berperan dalam mendukung aktivitas mikroorganisme dalam proses pembentukan bioetanol (Moiceanu et al., 2025). Penambahan nutrien seperti NPK (nitrogen, fosfor dan kalium) dan urea dapat membantu aktivitas metabolisme dalam proses fermentasi. Nutrien tersebut berfungsi sebagai sumber unsur hara yang dibutuhkan oleh mikroorganisme pada proses fermentasi untuk mengoksidasi gula menjadi

etanol lebih maksimal (Fathoni & Bate'e, 2025). Pada penelitian ini, kadar etanol yang diperoleh dipengaruhi oleh penambahan nutrisi, pH serta karakteristik bahan baku yang dimanfaatkan. Penambahan nutrien berupa NPK dan urea menyebabkan penurunan kadar etanol. Adanya penurunan ini diduga karena kelebihan nutrien yang diterima mikroorganisme. Hal ini menyebabkan mikroorganisme fokus dalam pembentukan sel bukan pembentukan bioetanol. Selain itu berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Qomariyah & Sindhuwati (2021) menjelaskan penambahan NPK dan urea yang berlebihan dapat menyebabkan sel *S. cerevisae* mengalami denaturasi akibat pH media yang semakin asam. Semakin banyak nutrien juga dapat menghambat kemampuan *S. cerevisiae* dalam menguraikan gula dengan optimal.

Bahan baku yang memiliki kandungan karbohidrat tinggi seperti kulit singkong mampu menghasilkan kadar etanol dalam jumlah tinggi karena relatif lebih mudah terurai sehingga mempermudah mikroorganisme dalam memanfaatkan kandungan karbohidrat yang tersedia (Kurniasari & Widayatno, 2023). Sebaliknya, bahan baku yang memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi seperti kulit nangka cenderung menghasilkan etanol yang lebih rendah. Hal ini disebabkan karena struktur lignoselulosa yang kompleks memerlukan tahapan hidrolisis yang lebih lama (Pertiwi & Widyaningrum, 2022). Kandungan lignin dan serat yang cukup tinggi pada kulit nangka menghambat aktivitas mikroorganisme pada bahan baku sehingga proses fermentasi kurang optimal. Akibatnya, jumlah gula yang dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk menghasilkan bioetanol menjadi lebih sedikit. Selain itu, pH yang dihasilkan pada setiap perlakuan berada pada kisaran 2,92–3,58. Nilai pH menjadi salah satu faktor pendukung yang mempengaruhi keberhasilan proses fermentasi. Pada umumnya, kisaran pH optimum untuk proses fermentasi oleh *S. cerevisiae* berada pada kisaran pH 4–5. Semakin rendah nilai pH kondisi medium menjadi semakin asam sehingga aktivitas *S. cerevisiae* dapat menurun (Qomariyah & Sindhuwati, 2021).

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah organik kulit singkong dan kulit nangka dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol setelah melalui proses fermentasi selama 9 hari. Variasi bahan baku dan penambahan nutrisi memberikan pengaruh terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan. Kulit singkong dengan penambahan ragi menghasilkan kadar etanol tertinggi sebesar 6%, sedangkan kulit nangka menghasilkan etanol terendah sebesar 2%. Hal ini menunjukkan bahwa

karakteristik substrat, terutama kandungan pati pada kulit singkong dan komponen lignoselulosa pada kulit nangka berpengaruh terhadap ketersediaan gula sederhana untuk proses fermentasi. Pemanfaatan limbah kulit singkong dan kulit nangka sebagai bahan baku bioetanol menunjukkan potensi pengembangan energi alternatif terbarukan yang ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, E., Safitri, G. I., Fatiha, I. I., Pratama, M. I., Rahmania, Safitri, R., Andiarna, F., & Hidayati, I. (2021). Pemanfaatan Limbah Kulit Buah dan Sayur Sebagai Bahan Bakar Bioetanol dengan Variasi Konsentrasi Katalis Utilization. *Jurnal Teknik Kimia USU*, *10*(1), 1–6. https://idjpcr.usu.ac.id/jtk/article/download/4552/3742

Chairunisya, R. A., Hutomo, G. S., & Noviyanty, A. (2023). Menggunakan Asam Klorida Pada Berbagai Konsentrasi *Pectin Extraction of Jackfruit* (Artocarpus heterophyllus) Fruit Skin. *Jurnal Agrotekbis*, *11*(3), 590–600. http://jurnal.faperta.untad.ac.id/index.php/agrotekbis/id/article/view/1730/1783

Chatimah, H., Ibrahim, I., Ginting, Z., & Kurniawan, E. (2025). Pembuatan Bioetanol dari Campuran Kulit Singkong dan Kulit Pisang Kepok dengan Proses Fermentasi Menggunakan Ragi Roti. *Chemical Engineering Journal Storage*, *4*(Agustus), 435–444. https://ojs.unimal.ac.id/cejs/article/download/20304/9844

Desti, I. (2022). Literature RIview : Upaya Energi Bersih dan Terjangkau. *Jurnal Sains Edukatika Indonesia*, *4*(1), 8–11. https://jurnal.uns.ac.id/jsei/article/download/70928/39315

Dilla, R., Putri, S., & Sari.N. (2024). Pengolahan Limbah Cair Pt Energi Agro Nusantara Dengan Metode Hidrolisis Basa Dan Fermentasi. *Jurnal Integrasi Proses*, *13*(2), 99–104. https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip/article/download/27607/13092

Fathoni, A., & Bate'e, T. (2025). Studi Literatur Potensi Pemanfaatan Limbah Dapur sebagai Bahan Baku Bioetanol Skala Rumah Tangga. *Jurnal Pendidikan, Sosial Dan Humaniora*, *4*(4), 5823–5833. https://al-haramjournal.com/index.php/PESHUM/article/download/10101/7371

Fibonacci, A. (2019). Sintesis Alkohol Dari Limbah Nangka (Artocarpus heterophyllus) sebagai Campuran Bahan Bakar Minyak (biofuel) Anita. *Walisongo Journal Of Chemistry*, *2*(1), 17–25. https://journal.walisongo.ac.id/index.php/wjc/article/download/4043/2028

Hermanto, D., Andayani, I. G. A. S., Honiar, R., & Shofiyana, L. M. (2020). Penentuan Kandungan Etanol dalam Makanan dan Minuman Fermentasi Tradisional Menggunakan Metode Kromatografi Gas. *Chempublish Journal*, *5*(2), 105–115. https://online-journal.unja.ac.id/chp/article/download/8979/10520

Kurniasari, A. E., & Widayatno, T. (2023). Pemanfaatan kulit singkong (Manihot Esculenta) sebagai bahan dasar pembuatan pulp dengan metode titrasi. *Jurnal Sain Dan Teknik*, *5*(2), 102–110. https://journals.penerbitjurnal.com/index.php/teknik/article/download/11/11

Lazuardi, P. R., Yani, A. P., Rendy Wikrama Wardana, M. U., & Hayat, M. S. (2024). Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok Kuning (Musa acuminata balbisiana) Sebagai Bahan Baku Bioetanol Konteks Teknologi Ramah Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sain*, *7*(1), 139–148. DOI :10.31539/bioedusains.v7i1.9651

Lorenza, V. L., Wardana, R. W., Yani, A. P., Hastuti, P. W., & Firdaus, M. L. (2025). Analisis Kadar Bioetanol Berbahan Baku Limbah Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) Campuran Kulit Jagung (*Zea mays*) Pada Konteks Teknologi Ramah Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, *8*(2), 228–238. DOI: https://doi.org/10.31539/bioedusains.v8i2.14894

Maryam, Yana, S., Hamdiah, C., & Ikhbar, S. (2024). *Dampak Lingkungan dan Keuntungan Finansial : Evaluasi Bio-Ekonomi dari Energi Terbarukan*. *IX*(1), 7823–7830. https://jse.serambimekkah.id/index.php/jse/article/download/410/307

Meyrinta, K. A., Putri, R. D., & Fatoni, R. (2018). Pembuatan Bioetanol Dari Jerami Nangka Dengan Metode Fermentasi Menggunakan Saccharomyces Cereviseae. *Jurnal Integrasi Proses*, *7*(1), 32–38. https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip/article/download/2893/2566

Moiceanu, G., Dincă, M. N., Paraschiv, G., & Zăbavă, B. Ștefania. (2025). Valorization Of Agricultural Waste For Sustainable Biofuel Production - A Review Valorificarea Deșeurilor Agricole Pentru Producerea Sustenabilă De Biocombustibili – O Sinteză. *Inmateh - Agricultural Engineering*, *77*(3), 1291–1324. DOI: https://doi.org/10.35633/inmateh-77-104

Musiyanti, S. F., Puspa, D., & Meidinariasty, A. (2025). Konversi Selulosa Dari Limbah Kulit Nangka Melalui Hidrolisis Asam Sebagai Bahan Baku Bioetanol. *Jurnal Serambi Engineering*, *X*(4), 15524–15530. https://jse.serambimekkah.id/index.php/jse/article/view/1235

Nurusman, A. A., Widyaningrum, T., Nisa, R. K., Utami, L. B., Studi, P., Biologi, P., Keguruan, F., Dahlan, U. A., Selatan, J. R., Yogyakarta, D. I., Biologi, P. S., Sains, F., Ahmad, U., Selatan, J. R., & Yogyakarta, D. I. (2023). Pengaruh Konsentrasi Crude Enzim Bacillus Subtilis Terhadap Kadar Gula Dan Bioetanol Hasil Fermentasi Kulit Singkong Menggunakan Zymomonas mobilis. *Jurnal Ilmiah Biologi*, *11*(2), 1542–1552. https://ojspanel.undikma.ac.id/index.php/bioscientist/article/download/9491/5227

Pathonawiratama, G., Nursaadah, E., Wardana, R. W., Sutarno, & Johan, H. (2025). Pemanfaatan Kulit Labu Kuning dan Kulit Pisang Raja Pada Pembuatan

Bioetanol Konteks Teknologi Ramah Lingkungan Gustin. *Jurnal Biotek*, *1827*, 112–126. https://doi.org/10.24252/jb.v13i1.57561

Pertiwi, D., & Widyaningrum, T. (2022). The Effect of Crude Enzyme Ratio Aspergillus niger and Trichoderma reesei Against Sugar and Bioethanol Content of Fermented Jackfruit Skin (Artocarpus heterophyllus Lamk.) Diana. *Metamorfosa:Journal of Biological Sciences*, *9*(September), 390–396. https://doi.org/10.24843/metamorfosa.2022.v09.i02.p18

Pradigdo, S. F., Arifan, F., Broto, W., & Noviana, S. N. (2021). Pemanfaatan Kulit Kentang dalam Pembuatan Bioetanol dengan Metode Hidrolisa Asam di Desa Sikunang. *Jurnal Penellitian Terapan Kimia*, *02*(April), 12–20. https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/pentana/article/download/15075/7707

Prastika, A., & Muzakhar, S. (2023). Analysis of Utilization of Biomass Waste as a Base for Renewable Energy Development in Jember Regency. *Jurnal Kajian Ilmiah Dan Teknologi Teknik Mesin*, *8*(1), 19–29. https://doi.org/10.32528/jp.v8i1.472.

Putra, M. A. H., & Purnama, H. (2019). Pengaruh Waktu Pengeringan Dan Rasio Bahan Baku/Starter *Zymomonas mobilis* Pada Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Kulit Kopi Robusta. *Simposium Nasional RAPI XVIIII –*, *1963*, 420–425. https://proceedings.ums.ac.id/index.php/rapi/article/download/1402/1370.

Putri, Z. S., Ruyani, A., Uliyandari, M., Wardana, R. W., & Sukarso, A. A. (2024). Pengaruh Penambahan Nutrient (Npk Dan Pupuk Urea) Terhadap Bioethanol Hasil Fermentasi Biji Alpukat (Persea americana Mill .). *Jurnal Ilmiah Biologi*, *12*(1), 662–670. https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i1.11283.

Qomariyah, L., & Sindhuwati, C. (2021). Pengaruh Penambahan Npk Dan Urea Pada Pembuatan Etanol Dari Air Tebu Melalui Proses. *Jurnal Teknologi Separasai*, *7*(9), 82–88. https://doi.org/10.33795/distilat.v7i2.186

Raju, E. S., Riwu, D. B. N., Pah, J. C. A., Studi, P., & Mesin, T. (2024). *Pengaruh Lama Waktu Pemanasan Terhadap Kadar Alkohol Moke Dengan Sistem Destilasi Sederhana*. *11*(02), 47–54. https://ejurnal.undana.ac.id/index.php/LJTMU/article/download/16587/7509.

Saragih, A. S., Daulay, A. H., & Mashura. (2024). Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong Menjadi Bioetanol Dengan Variasi Waktu Fermentasi. *Jurnal Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan*, *9*, 31–36. https://doi.org/10.31851/redoks.v9i1.14154