

Jurnal Biotek

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

Pemanfaatan Kulit Labu Kuning dan Kulit Pisang Raja Pada Pembuatan Bioetanol Konteks Teknologi Ramah Lingkungan

Gustin Pathonawiratama¹, Euis Nursaadah^{1*}, Rendy Wikrama Wardana¹, Sutarno¹,
Henny Johan¹

¹Universitas Bengkulu, Indonesia

*Correspondence email: euis@unib.ac.id

(Submitted: 04-06-2025, Revised: 18-06-2025, Accepted: 21-06-2025)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi limbah kulit labu kuning (*Cucurbita moschata*) dan kulit pisang raja (*Musa paradisiaca*) sebagai bahan baku produksi bioetanol, berdasarkan kadar alkohol yang dihasilkan. Proses produksi bioetanol meliputi tahap hidrolisis menggunakan HCl 5%, fermentasi selama 7 hari dengan penambahan nutrisi (NPK dan urea), dan pemurnian melalui destilasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi kulit labu dan kulit pisang dengan penambahan NPK menghasilkan kadar etanol tertinggi sebesar 13%. Sementara itu, kadar terendah sebesar 4% diperoleh dari fermentasi kulit pisang tanpa nutrisi tambahan. Penambahan nutrisi, khususnya NPK, terbukti meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam fermentasi alami, sehingga mempercepat konversi karbohidrat menjadi etanol. Dengan kandungan etanol yang dihasilkan, bioetanol dari limbah organik ini berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar campuran tipe E5 secara praktis, tanpa memerlukan modifikasi mesin kendaraan. Hasil ini menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah kulit buah dapat menjadi alternatif energi terbarukan yang ramah lingkungan dan ekonomis.

Kata Kunci: bioetanol, kulit labu kuning, kulit pisang raja

ABSTRACT

*This research aims to evaluate the potential of yellow pumpkin peel (*Cucurbita moschata*) and plantain peel (*Musa paradisiaca*) as raw materials for bioethanol production, based on the alcohol content produced. The bioethanol production process includes hydrolysis using 5% HCl, fermentation for 7 days with adding nutrients (NPK and urea), and purification through distillation. The research results show that the combination of yellow pumpkin peel and plantain peel, adding NPK, produces the highest ethanol content of 13%. Meanwhile, the lowest content of 4% was obtained from the fermentation of the plantain peel without additional nutrients. The addition of nutrients, particularly NPK, has been proven to enhance the activity of microorganisms in natural fermentation, thereby accelerating the conversion of carbohydrates into ethanol. With the ethanol content produced, the bioethanol from this organic waste can be used practically as E5-type blended fuel without requiring any modifications to vehicle engines. This result shows that fruit peel waste can be an environmentally friendly and economical alternative for renewable energy.*

Keywords: plantain peel, bioethanol, yellow pumpkin peel



Copyright©2025

How to cite: Pathonawiratama, G., Nursaadah, E., Wardana, R. W., Sutarno, S., & Johan, H. (2025). Pemanfaatan Kulit Labu Kuning dan Kulit Pisang Raja Pada Pembuatan Bioetanol Konteks Teknologi Ramah Lingkungan. *Jurnal Biotek*, 13(1), 112–126. <https://doi.org/10.24252/jb.v13i1.57561>

PENDAHULUAN

Saat ini terjadi kelangkaan energi atau dikenal sebagai krisis energi, karena pasokan energi tidak mencukupi untuk memenuhi permintaan. Salah satu penyebab utamanya adalah keterbatasan sumber daya alam seperti batu bara, minyak, dan gas yang tidak terbarukan (Bayu et al., 2020). Solusi yang dapat di gunakan untuk menanggulangi krisis energi adalah penggunaan energi biomassa. Sumber energi yang diperoleh dari sumber biomassa, pada umumnya berupa limbah. Limbah ini baik yang diperoleh dari hasil pengolahan pertanian, perkebunan dan hasil hutan sehingga diproses selanjutnya menjadi sumber energi terbarukan (Arsyad et al., 2023). Salah satu bentuk energi biomassa adalah bioetanol yang merupakan salah satu sumber energi terbarukan, merupakan bahan bakar alternatif yang menjanjikan karena dampaknya yang lebih kecil terhadap lingkungan dan memiliki potensi besar untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil (Sofiyanti et al., 2022). Bioetanol ini merupakan etanol yang dibuat dari biomassa yang mengandung komponen pati atau selulosa (Kurniati et al., 2021).

Bahan utama untuk proses pembuatan bioetanol biasanya bahan yang mengandung selulosa yang berasal dari tumbuhan seperti pati, ubi kayu, jagung, sagu, dan ubi jalar (Saragih et al., 2024). Labu kuning dan kulit pisang raja merupakan bahan baku yang mudah ditemukan, Labu kuning (*Cucurbita moschata*) mampu tumbuh di dataran rendah maupun dataran tinggi sehingga sangat cocok dengan kondisi geografis di Bengkulu. Labu kuning cukup melimpah di Indonesia tetapi masyarakat belum memanfaatkannya secara optimal (Manuseng et al., 2024). Menurut badan pusat statistik provinsi Bengkulu potensi kulit pisang raja di Bengkulu juga mencapai 222.151 kuintal selama 5 tahun terakhir. Kandungan karbohidrat pada daging buah labu kuning (*C. moschata*) mencapai 78,64% (Men et al., 2021), yang merupakan syarat penting dalam pembuatan bioetanol. Sementara itu limbah kulit pisang raja (*Musa paradisiaca var. Raja*) mengandung karbohidrat 18,50% (Wardefisni et al., 2020), sehingga penelitian tentang penggunaan bahan-bahan ini untuk produksi bioetanol tidak hanya relevan secara ilmiah tetapi juga memiliki nilai ekonomi dan lingkungan.

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh (Putri et al., 2024), yaitu pembuatan bioetanol dari biji alpukat dengan menambahkan nutrien (NPK dan Urea) dengan variasi yaitu: A) 100% ragi (tidak ada penambahan nutrien); B) 100% NPK ; C) 100% Pupuk Urea ; D) 50% NPK dan 50% Pupuk Urea; dan E) 75% NPK dan 25% Pupuk Urea. Namun pada penelitiannya hanya dilakukan dengan satu bahan utama yaitu menggunakan biji alpukat. Dengan proses fermentasi umumnya membutuhkan mikroorganisme seperti ragi untuk mengubah karbohidrat menjadi etanol.

Pada penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan dua bahan baku. Penggabungan kedua bahan ini dalam satu proses fermentasi membuka peluang untuk mendapatkan kadar etanol yang optimal. Kandungan karbohidrat tinggi pada kulit labu kuning dapat berfungsi sebagai sumber utama glukosa, sementara kulit pisang raja yang memiliki tekstur dan komposisi berbeda dapat mendukung ketersediaan nutrien tambahan dan memperkaya medium fermentasi. Kombinasi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi konversi karbohidrat menjadi etanol, serta menghasilkan produk akhir yang lebih ekonomis dan berkelanjutan secara lingkungan (Manuseng et al., 2024). Oleh karena itu, dengan mencampurkan kedua bahan ini akan menjadi strategi yang baik. Kulit labu kuning dapat berperan sebagai sumber utama karbohidrat, sedangkan kulit pisang raja dapat memperkaya media fermentasi dengan nutrien yang menunjang proses biokonversi.

Bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi limbah organik seperti kulit labu kuning dan kulit pisang raja memiliki potensi besar sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Salah satu bentuk pemanfaatannya adalah melalui pencampuran dengan bensin dalam berbagai rasio, yang dikenal sebagai bahan bakar campuran etanol (*blended fuel*). Campuran ini tidak hanya membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, tetapi juga menurunkan emisi gas rumah kaca dan meningkatkan angka oktan pada bahan bakar. Terdapat beberapa jenis campuran yang umum digunakan, seperti E5 (5 % etanol), E10 (10% etanol), E20–E25 (20–25% etanol), hingga E85 (85% etanol) yang digunakan pada kendaraan khusus (Monasari et al., 2021).

Pada proses pembuatan bioetanol akan melalui tahap fermentasi, yang memerlukan penambahan unsur nitrogen untuk proses pertumbuhan dan perkembangan mikroba (Fitria & Lindasari, 2021). Pada penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan berbeda yaitu mengganti peran ragi dengan

penambahan nutrisi seperti NPK dan urea, dengan harapan bahwa mikroorganisme liar yang secara alami terdapat dalam substrat dapat melakukan fermentasi. Selain itu, digunakan nutrisi tambahan berupa NPK dan urea untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme tersebut. NPK (Nitrogen, Fosfor, dan Kalium) serta urea sebagai sumber nitrogen berperan penting dalam mempercepat aktivitas mikroba (Sofiyanti et al., 2022), karena nitrogen dibutuhkan untuk sintesis protein dan enzim fermentatif, sementara fosfor dan kalium mendukung metabolisme energi dan keseimbangan ion dalam sel mikroorganisme (Suryani et al., 2017).

Pupuk NPK, yang mengandung 16% nitrogen (N), 16% fosfor (P), dan 16% kalium (K), adalah nutrisi tambahan yang digunakan dalam penelitian ini. 52% terakhir terdiri dari *filler*, atau bahan pengisi, dan zat pendukung lainnya yang membantu pupuk digunakan dengan lebih mudah dan menjaga bentuknya stabil (Artini & Wartana, 2023). Mineral *inert*, senyawa pelarut, dan agen anti-penggumpalan adalah contoh dari zat pendukung ini. Meskipun bagian terbesar pupuk ini adalah unsur makro (NPK), keberadaan bahan pengisi tidak memengaruhi peran utamanya dalam mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Selain NPK, digunakan juga urea sebagai nutrisi tambahan. Urea merupakan pupuk yang mengandung nitrogen sebesar 42% dalam bentuk nitrogen total (N), menjadikannya salah satu sumber nitrogen tertinggi di antara pupuk anorganik (Qomariyah et al., 2021). Sisanya, yaitu 58%, terdiri dari senyawa pembawa seperti karbon (dalam bentuk senyawa amida), hidrogen, dan oksigen, serta bahan pengisi lainnya yang tidak bersifat toksik bagi mikroorganisme.

Kedua nutrisi tersebut memberikan unsur hara makro yang dibutuhkan untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme liar pada fermentasi. Nutrisi ini memungkinkan fermentasi berlangsung meskipun tanpa penambahan ragi. Namun, hasil fermentasi alami umumnya menghasilkan etanol dalam jumlah lebih rendah dibanding fermentasi menggunakan ragi komersial seperti *Saccharomyces cerevisiae* umumnya menghasilkan etanol dalam jumlah yang lebih tinggi dan stabil. Hal ini disebabkan oleh kemampuan metabolik ragi tersebut yang sudah terbukti efektif dalam mengubah gula menjadi etanol secara cepat dan efisien, terutama dalam kondisi anaerobik yang terkendali (Bahri et al., 2018).

Oleh karena itu, penambahan nutrisi NPK dan urea dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme liar yang secara alami terdapat dalam bahan kulit

labu kuning dan kulit pisang raja, dan memungkinkan terjadinya fermentasi alami yang menghasilkan etanol meskipun dalam jumlah yang lebih rendah dibanding fermentasi dengan ragi. Dengan adanya nutrisi ini, diharapkan mikroorganisme liar dapat berkembang dan melakukan fermentasi meskipun tanpa penambahan ragi secara langsung (Siregar et al., 2020).

Bioetanol yang dihasilkan pada penelitian ini berpotensi digunakan sebagai campuran bahan bakar pada perbandingan bahan bakar E5, perbandingan E5, merupakan campuran 5% etanol dan 95% bensin. Campuran E5 merupakan salah satu bentuk biofuel yang telah banyak digunakan secara global dan tidak memerlukan modifikasi mesin, karena dinilai mampu mengurangi emisi gas buang serta ketergantungan pada bahan bakar fosil (Sholeq & Susila, 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi limbah kulit labu kuning dan kulit pisang raja sebagai bahan baku bioetanol berdasarkan kadar alkohol yang dihasilkan. Penggunaan kombinasi bahan dengan karbohidrat tinggi diharapkan berpotensi dan dengan menambahkan nutrisi berupa NPK dan urea dapat menciptakan produksi bioetanol yang lebih optimal, sekaligus mengurangi volume limbah organik rumah tangga dan pertanian sehingga dapat mengurangi dampak negatif bagi lingkungan.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Penelitian dilaksanakan di Sumber Belajar Ilmu Hayati (SBIH) Ruyani, pada bulan Januari hingga bulan Februari 2025. Pada penelitian ini menggunakan kulit labu kuning dan kulit pisang raja sebagai bahan baku utama yang akan digunakan untuk pembuatan bioetanol. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu set alat destilasi, blender, timbangan, termometer, alkoholmeter, gelas ukur, pHmeter, botol vial 100 mL, kulit labu kuning dan kulit pisang raja, akuades, HCl 5%, NPK, dan Urea. Proses pembuatan bioetanol dilakukan melalui beberapa tahap yaitu tahap persiapan, tahap hidrolisis, tahap fermentasi, tahap destilasi, dan tahap uji hasil bioetanol (Lazuardi et al., 2024).

Tahap pertama yaitu tahap persiapan, kulit labu dan kulit pisang di potong kecil, ditimbang, dan dicuci bersih. Setelah itu, dihaluskan menggunakan blender dengan menambahkan akuades sebanyak 200 mL, dengan variasi massa sampel: (1) Kulit Labu Kuning (200 g) (2) Kulit Pisang Raja (200 g); (3) Kombinasi Kulit Labu

Kuning (100 g) & Kulit Pisang Raja (100 g). Bahan dipotong dan ditambahkan akuades untuk mempermudah proses penghalusan yang dilakukan untuk memperluas permukaan bahan sehingga dapat mempermudah pemecahan gula pada proses hidrolisis

Kemudian **tahap kedua** yaitu tahap hidrolisis. Hidrolisis merupakan pengubahan polisakarida menjadi glukosa menggunakan larutan asam tertentu. Biasanya larutan asam yang digunakan dalam hidrolisis asam seperti larutan asam klorida (HCl) maupun asam sulfat (H_2SO_4) (Chusna et al., 2024). Pada penelitian kali ini digunakan asam klorida (HCl) pada proses hidrolisis. Setiap sampel yang telah dihaluskan disaring terlebih dahulu, kemudian satu persatu dipanaskan selama 60 menit dengan suhu 90–95 °C dan menambahkan HCl 5% sebanyak 5 mL. Penambahan asam klorida atau HCl pada proses hidrolisis pembuatan bioetanol bertujuan untuk mempercepat reaksi dan sebagai katalisator yang memecahkan selulosa dan hemiselulosa menjadi glukosa (Herawati et al., 2021). Setelah itu didinginkan terlebih dahulu kemudian memasukkan masing-masing sampel ke dalam botol dan ditambahkan nutrisi sebelum difermentasi. Nutrien yang digunakan adalah berupa NPK yang mengandung yang mengandung 16% nitrogen (N), 16% fosfor (P), dan 16% kalium (K), serta urea yang mengandung 42% nitrogen. Penambahan nutrisi dilakukan sebagai nutrisi mikroba pada saat fermentasi, mikroba membutuhkan nutrisi untuk melangsungkan metabolisme dan pertumbuhannya. Variasi nutrisi yang ditambahkan dengan 4 komposisi 1) tanpa nutrisi; 2) NPK (5g); Urea (5g); dan NPK (2,5 g) & Urea (2,5g), ditambahkan pada setiap sampel, dengan komposisi berikut:

- a. K1: Kulit Labu Kuning (200g) tanpa nutrisi
 - L1: Kulit Labu Kuning (200g) + NPK (5g)
 - L2: Kulit Labu Kuning (200g) + Urea (5g)
 - L3: Kulit Labu Kuning (200g) + NPK (2,5 g) & Urea (2,5g)
- b. K2: Kulit Pisang Raja (200g) tanpa nutrisi
 - P1: Kulit Pisang Raja (200g) + NPK (5g)
 - P2: Kulit Pisang Raja (200g) + Urea (5g)
 - P3: Kulit Pisang Raja (200g) + NPK (2,5 g) & Urea (2,5g)
- c. K3: Kulit Labu Kuning (100g) + Kulit Pisang Raja (100g) tanpa nutrisi
 - LP1: Kulit Labu Kuning (100g) + Kulit Pisang Raja (100g) + NPK (5g)
 - LP2: Kulit Labu Kuning (100g) + Kulit Pisang Raja (100g) + Urea (5g)
 - LP3: Kulit Labu Kuning (100g) + Kulit Pisang Raja (100g) + NPK (2,5 g) & Urea (2,5g)

Setelah di masukkan kedalam botol dan ditambahkan nutrient kemudian masuk **tahap ketiga** yaitu tahap fermentasi. Fermentasi dilakukan untuk pemecahan gula sederhana (glukosa) menjadi karbondioksida (CO₂) dan alkohol (Pradigdo et al., 2021). Fermentasi dilakukan selama 7 hari. Setelah difermentasikan selama 7 hari. **Tahap keempat** adalah tahap destilasi, peralatan destilasi di siapkan dan dirangkai dengan benar, kemudian hasil fermentasi disaring terlebih dahulu dan masukkan kedalam Erlenmeyer letakkan pada alat destilasi, waktu destilasi dilakukan selama 60 menit. Hasil destilasi dimasukkan ke dalam botol vial yang ditutup, kemudian **tahap kelima** adalah analisis kadar alkohol. Bioetanol dianalisis kadar alkoholnya menggunakan Alkoholmeter. Data kuantitatif akan disajikan dengan tabel data kadar bioetanol yang dihasilkan. Sedangkan data kualitatif akan dianalisis dengan kajian deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Fermentasi Bioetanol dari Variasi Bahan dan Nutrien

Hasil penelitian eksperimen pembuatan bioetanol melalui beberapa tahap yaitu tahap persiapan, hidrolisis, fermentasi, destilasi, dan analisa etanol yang dihasilkan, pada tabel 1 berikut:

Variasi Bahan	Tabel 1. Hasil Kadar Etanol				
	Lama Fermentasi (Hari)	Kadar Alkohol%			
		Tanpa Nutrien	NPK	Urea	NPK & Urea
Kulit Labu Kuning	7	6	11	9	10
Kulit Pisang Raja	7	4	8	9	10
Kulit Labu + Kulit Pisang	7	7	13	11	12

Berdasarkan Tabel 1 di atas hasil etanol dari fermentasi kulit labu kuning, dengan penambahan beberapa variasi nutrient. Variasi pertama adalah sebagai kontrol adalah sebanyak 6%. Ini menunjukkan bahwa mikroorganisme pada saat fermentasi masih mampu mengubah glukosa menjadi etanol. Kemudian pada komposisi labu kuning yaitu dengan variasi penambahan NPK menghasilkan kadar etanol tertinggi yaitu sebanyak 11%, NPK mengandung unsur makro penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme selama proses fermentasi, Fosfor membantu dalam pembentukan ATP, sedangkan nitrogen dibutuhkan untuk sintesis protein mikroba (Susmanto et al., 2020). Hal ini menunjukkan bahwa unsur hara lengkap dalam NPK sangat mendukung pertumbuhan mikroorganisme pada proses fermentasi dalam

menghasilkan etanol. Variasi dengan penambahan nutrient urea menghasilkan kadar etanol 9%. Urea sebagai nitrogen tunggal cukup mempengaruhi dalam proses fermentasi. Meskipun tidak seoptimal pada penambahan NPK yang merupakan yang mengandung unsur hara yang lebih lengkap dari urea. Sementara itu pada variasi dengan penambahan NPK dan urea masing-masing 2,5 g menghasilkan kadar etanol sebanyak 10%. Hasil ini menunjukkan bahwa penggabungan kedua nutrisi juga mampu meningkatkan kadar etanol meskipun tidak melampaui efektivitas pada penambahan NPK saja.

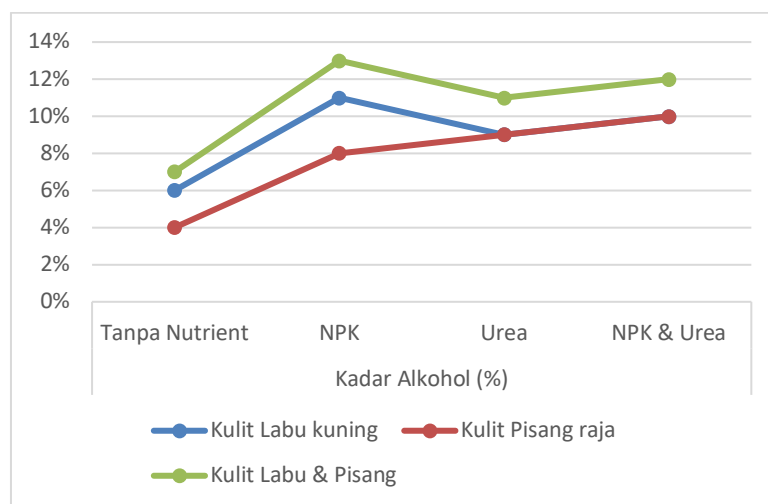
Hasil analisis kadar etanol yang dilakukan dari fermentasi variasi bahan kulit pisang raja. Pada variasi kontrol yaitu tanpa penambahan apapun menghasilkan kadar etanol berupa 4%. Ini menunjukkan bahwa kulit pisang dapat menghasilkan etanol dengan fermentasi alami meskipun masih rendah karena unsur hara yang masih terbatas sebagai pendukung pertumbuhan mikroorganisme pada saat fermentasi. Kemudian pada variasi dengan penambahan nutrient NPK menghasilkan kadar etanol sebanyak 8%. Ini menunjukkan NPK yang unsur nitrogen, fosfor, dan kalium dapat berperan dalam mendukung pertumbuhan mikroorganisme saat proses fermentasi, sehingga etanol yang dihasilkan meningkat signifikan dibanding variasi kontrol. Selanjutnya pada variasi penambahan nutrient urea menghasilkan kadar etanol sebanyak 9%. Pada variasi ini urea yang mengandung nitrogen tinggi menghasilkan etanol yang lebih efektif dibanding NPK. Nitrogen dari urea sangat penting dalam pertumbuhan mikroorganisme, sehingga fermentasi dapat lebih efisien. Variasi penambahan nutrisi NPK dan urea menghasilkan kadar etanol tertinggi, yaitu 10%. Ini menunjukkan bahwa perpaduan unsur hara dari kedua jenis nutrisi memberikan dukungan yang optimal bagi pertumbuhan dan metabolisme mikroorganisme saat fermentasi. Adanya keseimbangan antara nitrogen, fosfor, dan kalium dari NPK dan nitrogen dari urea mempengaruhi fermentasi yang baik.

Hasil kadar etanol dari variasi campuran kulit labu kuning dan kulit pisang raja. Pada variasi kontrol tanpa penambahan apapun menghasilkan kadar etanol berupa 7%. Jika dibandingkan dengan variasi NPK, Urea, dan NPK+urea menghasilkan kadar etanol yang lebih tinggi, ini menunjukkan bahwa dari bahan tersebut menghasilkan kadar etanol yang lebih optimal, ini disebabkan karena keseimbangan nutrisi alami yang lebih baik bagi kombinasi kedua bahan bagi mikroorganisme. Kemudian pada variasi penambahan nutrisi NPK dan urea kadar

etanol meningkat secara signifikan menghasilkan kadar etanol sebanyak 13%, 11%, dan 12%, ketika menambahkan nutrisi kepada kombinasi bahan dapat memberikan efek ganda, dimana kombinasi bahan memberikan keragaman nutrisi awal, nutrisi tambahan seperti NPK dan urea juga berperan dalam mempercepat pertumbuhan mikroorganisme dan meningkatkan efisiensi pada proses fermentasi.

Analisis Kadar Etanol Berdasarkan Variasi Perlakuan dan Penambahan Nutrien

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



Grafik 1. Kadar Etanol (%) Berdasarkan Variasi Substrat dan Jenis Nutrien

Pada grafik di atas, menunjukkan bahwa sampel tersebut mengalami peningkatan kadar etanol berdasarkan penambahan NPK & Urea. Sesuai dengan penjelasan, penambahan nutrisi berfungsi sebagai pendukung pertumbuhan mikroorganisme pada proses fermentasi (Kusuma et al., 2020). Pada hasil variasi kontrol menunjukkan bahwa hasil fermentasi dengan campuran kulit labu kuning dan kulit pisang raja menghasilkan kadar etanol yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan tunggal. Hal ini menunjukkan adanya efek sinergis yang terjadi pada kombinasi substrat, karena keseimbangan nutrisi alami dari kedua limbah tersebut mendukung aktivitas mikroba saat fermentasi (Fariha et al., 2020).

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan kadar etanol tertinggi pada variasi campuran kulit labu kuning dan kulit pisang raja dengan penambahan nutrisi NPK, yaitu sebanyak 13%. Saat kedua bahan tersebut dikombinasikan, dapat menjadi substrat yang lebih beragam dan melimpah, sehingga pada saat fermentasi mikroorganisme memiliki lebih banyak substrat yang akan diubah menjadi

bioetanol. Saat fermentasi kombinasi dari kedua bahan dapat menghasilkan enzim-enzim alami dari masing-masing bahan yang saling memecahkan pati dan gula sederhana menjadi lebih cepat (Kalsum et al., 2022). Ini dapat meningkatkan jumlah gula yang akan difermentasikan sehingga kadar etanol yang dihasilkan lebih tinggi daripada menggunakan bahan baku tunggal.

Sedangkan kadar etanol terendah diperoleh pada komposisi variasi kontrol kulit pisang raja tanpa penambahan nutrisi, menghasilkan kadar etanol sebanyak 4%. NPK memiliki unsur hara yang lengkap berupa nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme selama proses fermentasi, Fosfor membantu dalam pembentukan ATP, sedangkan nitrogen dibutuhkan untuk sintesis protein mikroba (Susmanto et al., 2020). Hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme pada saat fermentasi masih mampu mengubah glukosa menjadi etanol secara alami namun belum optimal dan masih membutuhkan nutrisi tambahan agar etanol yang dihasilkan lebih efektif. Kulit pisang raja mengandung gula sederhana dan kulit labu kuning mengandung karbohidrat kompleks (Ansori et al., 2022).

Pada variasi yang ditambahkan nutrisi NPK dan urea mengalami peningkatan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan nutrisi terhadap pembuatan etanol berpengaruh dalam meningkatkan kadar etanol yang dihasilkan. Pemberian nutrisi berpengaruh terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan melalui fermentasi kulit labu kuning, kulit pisang raja, serta campuran keduanya. Pada fermentasi kulit labu kuning dengan penambahan nutrisi NPK menghasilkan kadar bioetanol tertinggi, karena karbohidrat kompleks dalam bahan tersebut memerlukan unsur hara lengkap untuk mendukung proses fermentasi secara maksimal (Sofiyanti et al., 2022).

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan dari ketiga variasi bahan baku, kulit labu kuning, kulit pisang raja, dan campuran menghasilkan kadar etanol tertinggi dengan penambahan nutrisi yang berbeda. Pada hasil dari kulit labu kuning, kadar etanol tertinggi terdapat pada penambahan nutrisi NPK. Sementara itu, pada fermentasi kulit pisang raja, peningkatan kadar bioetanol justru terus berlanjut, dengan puncak hasil pada kombinasi nutrisi NPK dan urea. Pada hasil etanol dari kombinasi bahan kulit labu kuning dan kulit pisang raja menghasilkan kadar etanol tertinggi pada penambahan nutrisi NPK.

Perbedaan karakteristik bahan baku dan kebutuhan nutrisi mikroorganisme saat melakukan fermentasi terlihat pada penelitian ini. Kulit labu kuning kaya akan karbohidrat kompleks seperti pati dan serat yang memerlukan lebih banyak energi dan enzim untuk dipecah menjadi gula sederhana sebelum difermentasi menjadi etanol. Oleh karena itu, pemberian NPK, yang mengandung nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), sangat membantu. Nitrogen mendukung pertumbuhan mikroorganisme, fosfor mempercepat metabolisme energi, dan kalium menjaga keseimbangan ionik, sehingga fermentasi lebih efisien (Hidayat et al., 2024).

Kulit pisang raja yang mengandung gula sederhana dalam jumlah besar, seperti glukosa dan sukrosa, yang langsung dapat difermentasi tanpa proses hidrolisis yang kompleks (Wahyudi et al., 2023). Dalam kondisi ini, tambahan nitrogen saja, seperti dari urea, sudah cukup untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme dan mempercepat produksi etanol agar lebih optimal. Karena itu, kombinasi NPK dan urea, yang memperkaya suplai nitrogen, mempengaruhi hasil fermentasi kulit pisang menjadi lebih tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwasanya kebutuhan nutrisi saat fermentasi sangat bergantung pada jenis bahan baku yang digunakan. Untuk bahan baku dengan kandungan karbohidrat kompleks, seperti kulit labu kuning, NPK lebih efektif meningkatkan produksi bioetanol. Sementara itu untuk bahan baku yang kaya gula sederhana, seperti kulit pisang raja, penambahan nutrisi berupa nitrogen sederhana dari urea dapat memberikan hasil fermentasi yang maksimal.

Pada fermentasi kombinasi kulit labu kuning dan kulit pisang raja menghasilkan kadar etanol tertinggi pada penambahan nutrisi berupa NPK, ketika menambahkan nutrisi kepada kombinasi bahan, hal ini dapat memberikan efek ganda, dimana kombinasi bahan memberikan keragaman nutrisi awal, nutrisi tambahan seperti NPK juga berperan dalam mempercepat pertumbuhan mikroorganisme dan meningkatkan efisiensi pada proses fermentasi. Oleh karena itu pemilihan jenis nutrisi harus disesuaikan dengan karakteristik bahan untuk mengoptimalkan produksi bioetanol.

Kulit labu kuning menghasilkan kadar etanol lebih tinggi dari pada kadar etanol dari kulit pisang pada semua perlakuan, ini disebabkan karena pada kulit labu kuning memiliki kandungan pati yang lebih tinggi di bandingkan kandungan pati pada kulit pisang raja. Pada penelitian (Ansori et al., 2022) menyatakan bahwa labu kuning memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi yaitu mencapai sebesar

80,49%. Pati adalah sumber dari karbohidrat kompleks yang dapat dipecah menjadi gula sederhana dan kemudian difermentasi menjadi etanol. Selain itu, kandungan air yang tinggi dan enzim alami pada kulit labu kemungkinan juga turut membantu proses hidrolisis pati menjadi gula (Gumolung, 2019). Serat pada kulit labu biasanya lebih lunak dan jika dihaluskan akan menjadi seperti bubur dan mudah diuraikan. Ini juga mempengaruhi proses penguraian oleh mikroorganisme dan mempercepat akses terhadap gula yang terkandung di dalamnya.

Kulit pisang juga sebaliknya memiliki kandungan pati yang memungkinkan untuk dijadikan bioetanol, namun lebih rendah jika dibandingkan dengan kulit labu kuning. Kulit pisang juga memiliki serat yang lebih kental jika dihaluskan. Hal ini menyebabkan aktivitas mikroorganisme menjadi kurang optimal pada fermentasi kulit pisang, sehingga menghasilkan kadar etanol yang lebih rendah dibandingkan kulit labu kuning (Ahmad et al., 2021).

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah organik berupa kulit labu kuning dan kulit pisang raja memiliki potensi besar sebagai bahan baku bioetanol. Fermentasi selama 7 hari dengan penambahan nutrisi, khususnya pupuk NPK, secara konsisten meningkatkan kadar etanol yang dihasilkan. Efektivitas tertinggi dicapai pada kombinasi substrat kulit labu kuning dan kulit pisang raja dengan penambahan NPK, yang menghasilkan kadar etanol sebesar 13%. Hasil ini menunjukkan adanya efek sinergis dari kombinasi bahan dan nutrisi terhadap peningkatan efisiensi fermentasi.

Kadar etanol yang dihasilkan berada dalam kisaran yang memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar jenis E5 (5% etanol dan 95% bensin), tanpa memerlukan modifikasi mesin kendaraan. Dengan demikian, produksi bioetanol dari limbah kulit labu dan pisang tidak hanya berkontribusi pada pengelolaan limbah organik, tetapi juga memiliki prospek praktis sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Amri, I., Wani, W. S., Jurusan, D., Kimia, T., & Jurusan, M. (2021). *Pengaruh Pretreatment pada Fermentasi Bioetanol Generasi Kedua dari Serat Buah Kelapa Sawit*.
- Ansori, F. A. Z., Sarofa, U., & Anggreini, R. A. (2022). Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin dan Putih Telur terhadap Karakteristik Fisikokimia dan Organoleptik Sup Krim Instan Labu Kuning (*Curcubita moschata*). *Teknologi*

- Pangan : Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 13(2), 198–207. <https://doi.org/10.35891/tp.v13i2.3108>
- Arsyad, Yana, S., Radhiana, Ulfia, Fitriliana, & Juwita. (2023). Kendala Teknologi, Pendanaan dan Ketersediaan Bahan Baku Biomassa dalam Pengembangan Energi Terbarukan. *Jurnal Serambi Engineering*, 8, 4940–4946.
- Artini, N. P., & Wartana, G. N. (2023). Pengaruh Waktu Fermentasi pada Produksi Bioethanol dari Molase the Effect of Fermentation Time on Bioethanol Production From Molasses. *Surabaya: The Journal of Muhamadiyah Medical Laboratory Technologist*, 6(6), 87–96.
- Bahri, S., Aji, A., & Yani, F. (2018). Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok dengan Cara Fermentasi Menggunakan Ragi Roti. *Jurnal Teknologi Unimal*.
- Bayu, F., Azhar, T., & Wismadi, A. (2020). Kajian Mengenai Implementasi Pendekatan NZEB (Nerally Zero-Energy Building) Sebagai Solusi Kalangkaan Energi Konvensional. In *Seminar Karya & Pameran Arsitektur Indonesia*.
- Chusna, F. M. A., Cahaya, S., & Aprianita, S. (2024). Optimasi Pembuatan Bioetanol dari Limbah Bonggol Jagung Berdasarkan Beda Waktu Fermentasi dan Berat Ragi. *Jurnal Serambi Engineering*, 9. <https://doi.org/https://jse.serambimekkah.id/index.php/jse/article/view/36>
- Fariha, C. N., Setiawan, A., Ramadani, T. A., Teknik, P., Limbah, P., Kapal, J. P., Perkapalan, P., & Surabaya, N. (2020). Karakterisasi Sabut Siwalan (*Borassus flabellifer*) dan Kulit Pisang Raja (*Musa paradisiaca* var. Raja) dalam Proses Produksi Bioetanol. *SENTIKUIN*, 3(2020), 2–3. <https://pro.unitri.ac.id/index.php/sentikuin>
- Fitria, N., & Lindasari, E. (2021). Optimasi Perolehan Bioetanol dari Kulit Nanas (*Ananas cosmosus*) dengan Penambahan Urea, Variasi Konsentrasi Inokulasi Starter dan Waktu Fermentasi. *Urnal Online Insitut Teknologi Nasional*. <https://doi.org/https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v9i1.1-10>
- Gumolung, D. (2019). Analisis Proksimat Tepung Daging Buah Labu Kuning (*Cucurbita moschata*). *Fullerene Journ. Of Chem*, 4(1), 8–11.
- Herawati, N., Ahmad roni, K., & Fransiska, S. (2021). Pembuatan Bioetanol dari Rumput Gajah dengan Proses Hidrolisis Asam. *Jurnal Redoks*, 6(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.31851/redoks.v6i1.5566>
- Hidayat, F., Indraloka, A. B., & Utami, S. W. (2024). Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Kualitas Unsur Hara Nitrogen, Fosfor, dan Kalium pada Pupuk Trichokompos Kotoran Hewan Kambing Effect of Fermentation Duration on the Quality of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Nutrients in Goat Manure Trichocompost Fertilizer. *E-ISSN 3062-8849 The 2nd National Conference on Innovative Agriculture*. <https://doi.org/10.25047/nacia.v2i1.244>
- Kalsum, U., Safitri, L., Program,), & Kimia, S. T. (2022). Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Raja Secara Fermentasi Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* Production of Bioethanol from Plantain Peel by Fermentation *Saccharomyces cerevisiae* (Vol. 13, Issue 01).
- Kurniati, Y., Khasanah, I. E., & Firdaus, K. (2021). Kajian Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kulit Nanas (*Ananas comosus*. L). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 10(2), 95–101. <https://talenta.usu.ac.id/jtk>
- Lazuardi, P. R., Primair Yani, A., Wikrama Wardana, R., Uliyandari, M., & Syaipul Hayat, M. (2024). Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok Kuning (*Musa acuminata balbisiana*) Sebagai Bahan Baku Bioetanol Konteks Teknologi Ramah

- Lingkungan. *BIOEDUSAINS:Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 7(1), 2598–7453. <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v7i1.9651>
- Men, X., Choi, S. Il, Han, X., Kwon, H. Y., Jang, G. W., Choi, Y. E., Park, S. M., & Lee, O. H. (2021). Physicochemical, Nutritional and Functional Properties of Cucurbita moschata. In *Food Science and Biotechnology* (Vol. 30, Issue 2, pp. 171–183). The Korean Society of Food Science and Technology. <https://doi.org/10.1007/s10068-020-00835-2>
- Monasari, R., Firdaus, A. H., & Qosim, N. (2021). Pengaruh Penambahan Zat Aditif pada Campuran Bahan Bakar Bensin – Bioethanol Terhadap Specific Fuel Consumption. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.23887/jptm.v9i1.31797>
- Niftah Wardefisni, Z., Ayu Nafira, N., Nurma Wahyusi, K., Pembangunan Nasional, U., Timur, J., & Raya Rungkut Madya Gunung Anyar, J. (2020). *Studi Kesesuaian Katalisator Asam pada Proses Pembuatan Bioetanol dari Bahan Kulit Pisang Raja*.
- 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 Penelitian Terapan Kimia*, 02(1), 12–20.
- 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.). *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 12(1), 662. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i1.11283>
- Putu Adi Wira Kusuma, G., Ayu Nocianitri, K., Desak Putu Kartika Pratiwi, & Selatan, K. (2020). Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Karakteristik Fermented Rice Drink Sebagai Minuman Probiotik dengan Isolat Lactobacillus sp. F213. *Jurnal Itepa*, 9(2), 182–193.
- Qomariyah, L., Sindhuwati, C., Kimia, J. T., Malang, N., Soekarno, J., & No, H. (2021). *Pengaruh Penambahan NPK dan Urea pada Pembuatan Etanol dari Air Tebu Melalui Proses Fermentasi*. 2021(2), 82–88. <http://distilat.polinema.ac.id>
- Samsiar Manuseng, A., Wahyu Sintia, D., Aktawan, A., Santosa, I., Dahlan, A., & Ringroad Selatan, J. (2024). *Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Labu Kuning (Cucurbita Moschata Durh) dengan Variasi Penambahan Filler Ampas Tebu*.
- Saputri Saragih, A., Halim Daulay, A., & Masthura. (2024). *Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong menjadi Bioetanol dengan Variasi Waktu Fermentasi* (Vol. 9, Issue 1).
- Sholeq, Z. I., & Susila, W. (2019). *Analisa Kinerja Mesin dan Emisi gas Buang Sepeda Motor Berbahan Bakar Campuran Bioetanol dari Ampas Tebu dan Premium*. <https://doi.org/https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/31093>
- Siregar, I. A. P., Handayani, T., & Adisyahputra. (2020). Isolasi *Saccharomyces* dari Nira dan Tanah di Sekitar Tempat Tumbuh Aren (*Arenga pinnata*) Sebagai Agen Fermentasi Etanol pada Substrat Nira Aren *Isolation of Yeast Saccharomy*. <https://www.researchgate.net/publication/381880377>
- Sofiyanti, N., Iriani, D., Wahyuni, P. I., Idani, N., & Lestari, P. (2022). The Effect of Yeast, NPK and Fermentation Time in Bioethanol Fermentation from “Abacaxi” Pineapple Pericarp. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(4), 1132–1138. <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i4.4312>

- Suryani, Y., Hernaman, I., & Ningsih, D. (2017). The Effect of Urea and Sulfur Addition in Solid Waste Bioethanol Fermented by EM-4 on Contents of Crude Protein and Fiber. In *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu* (Vol. 5, Issue 1).
- Susmanto, P., Yandriani, Dania, B., & Ellen. (2020). Pengaruh Jenis Nutrient dan Waktu Terhadap Efisiensi Substrat dan Kinetika Reaksi Fermentasi dalam Produksi Bioetanol Berbahan Baku Biji Durian. *Jurnal Inetgrasi Proses*, 9.
- Wahyudi, D., Gusmiati, L. H., & Hapsari, L. (2023). Variasi Genetik dan Filogeografi Pisang Raja (*Musa spp.*) di Pulau Jawa Berdasarkan Sekuen Internal Transcribed Spacer. *Jurnal Biotek*, 11(2), 196–210. <https://doi.org/10.24252/jb.v11i2.40807>