

**ANALISIS KADAR BIOETANOL BERBAHAN BAKU LIMBAH AMPAS
TEBU (*Saccharum officinarum*) CAMPURAN KULIT JAGUNG (*Zea mays*)
PADA KONTEKS TEKNOLOGI RAMAH LINGKUNGAN**

**Vazella Lavenia Lorenza¹, Rendy Wikrama Wardana², Ariefa Primair Yani³,
Purwanti Widhy Hastuti⁴, M. Lutfi Firdaus⁵**
Universitas Bengkulu^{1,2,3,5}, Universitas Negeri Yogyakarta⁴
vazellalavenialorenza@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk melihat kadar bioetanol yang dihasilkan oleh ampas tebu dan kulit jagung dengan komposisi ragi, NPK serta urea. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah eksperimen dengan perbandingan yang telah ditentukan dan variabel waktu fermentasi 7, 14 dan 21 hari. Data kuantitatif dianalisis dengan menghitung rata-rata kadar bioetanol dan volume bioetanol yang disajikan dalam bentuk tabel. Sementara itu, data kualitatif dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar bioetanol tertinggi terdapat pada komposisi A (ragi 100%) dengan kadar bioetanol senilai 36,7% yang difermentasi selama 21 hari. Kadar bioetanol terendah terdapat pada komposisi B (urea 100%) dengan kadar bioetanol senilai 3,3% waktu fermentasi 7 hari. Kesimpulan pada penelitian ini adalah volume bioetanol tidak berpengaruh terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan, namun pengaruh tersebut tidak konstan terhadap variabel, karena kadar bioetanol dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti lama waktu fermentasi, bahan yang digunakan dan kondisi mikrobiologis pada proses fermentasi.

Kata Kunci: Ampas Tebu, Bioetanol, Kulit Jagung, Teknologi Ramah Lingkungan

ABSTRACT

This study purpose to see the levels of bioethanol produced by bagasse and corn husks with yeast, NPK and urea compositions. The method used in the study was an experiment with a predetermined ratio and fermentation time variables of 7, 14, and 21 days. Quantitative data were analyzed by calculating the average bioethanol levels and bioethanol volumes presented in table form. Meanwhile qualitative data were analyzed descriptively. The results showed that the highest bioethanol levels were in composition A (100% yeast) with a bioethanol content of 36,7% fermented for 21 days. The lowest bioethanol levels were in composition B (100% Urea) with a bioethanol content of 3,3% fermentation time of 7 days. The conclusion of this study shows that the volume of bioethanol has no effect on the levels of bioethanol produced, but this is not constant, because it can be influenced by other factors such as the duration of fermentation time, the materials used and the microbiological conditions during the fermentation process.

Keywords: *Sugarcane Bagasse, Bioethanol, Corn Husk, Environmentally Friendly Technology.*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi penduduk di Indonesia yang cukup besar disertai kemajuan teknologi secara tidak langsung meningkatkan penggunaan bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil adalah kebutuhan yang penting bagi Indonesia karena masih menjadi sumber utama energi (Herlina et al., 2019). Selama berabad-abad sumber energi tak terbarukan, seperti batu bara, gas alam dan minyak bumi telah menjadi tulang punggung ekonomi dunia. Masalah lingkungan yang signifikan seperti pencemaran udara dan emisi karbon terlibat dalam perubahan iklim juga disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil. Selain itu, tingginya ketergantungan terhadap bahan bakar fosil telah menyebabkan ketidakstabilan ekonomi dan politik di beberapa negara yang bergantung kepadanya. Hal tersebut menimbulkan adanya dorongan agar beralih ke energi yang berkepanjangan dengan upaya pengurangan pemakaian bahan bakar fosil dan investasi dalam teknologi energi terbarukan semakin meningkat. Maka dari itu, timbul sebuah inovasi yang disebut bahan bakar alternatif.

Biomassa adalah salah satu jenis energi terbarukan (Safari et al., 2017). Energi yang berasal dari berbagai macam bahan organik dikenal sebagai energi biomassa. Biomassa dianggap lebih ramah lingkungan karena dapat menyerap kandungan karbon dioksida tanaman berdasarkan siklus karbon. Bahan bakar berkelanjutan dari tanaman tersebut digunakan sebagai bahan baku yang diproduksi untuk mencegah penumpukan atau akumulasi karbon pada atmosfer. Biomassa terbuat dari tanaman yang terdiri dari senyawa lignoselulosa yang mengandung komponen lignin, hemiselulosa, dan selulosa. Salah satu sumber energi ketersediaan biomassa tanaman yang cukup melimpah menjadikan tanaman mengalami proses konversi yang cukup besar. Cara mengkonversi biomassa dapat menggunakan cara biologis, kimia atau fisika. Konversi lignoselulosa menjadi bioetanol adalah satu proses konversi biomassa sebagai energi terbarukan.

Sebagai sumber alternatif terbarukan, bioetanol adalah energi yang berasal dari bahan biologis. Bahan-bahan yang digunakan pada pembuatan bioetanol sebagian besar berasal dari bahan pangan. Hal ini menunjukkan bahwa menggunakan bioetanol sebagai sumber energi alternatif dalam bentuk bahan bakar dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dan tingkat polusi udara (Lovisia, 2022). Bioetanol adalah salah satu biofuel sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dan sifatnya yang terbarukan (Wusnah et al., 2019). Adapun menurut Herlina et al. (2019) dalam studinya mengatakan bahwa bioetanol merupakan salah satu jenis alkohol yaitu etanol yang dihasilkan oleh tanaman. Bioetanol adalah komponen yang dihasilkan melalui cara biologi (enzimatik dan fermentasi). Proses menghasilkan bioetanol untuk memisahkan titik-titik antara cairan etanol dan air disebut dengan proses titik azeotrop (Farhan & Susila, 2019).

Bioetanol didapatkan melalui hasil fermentasi ragi (*yeast*), terutama bakteri *Saccharomyces cerevisiae* atau *Zymomonas mobilis*, dari bahan yang mengandung gula seperti glukosa, sukrosa dan fruktosa (Herlina et al., 2019). Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil fermentasi yaitu, mikroorganisme, nilai pH (keasaman), suhu dan makanan mikroorganisme (Putri et al., 2024). Pada fase ini, gula akan diubah menjadi etanol dan karbon dioksida. Bioetanol memiliki

kandungan utama berupa alkohol. Waktu fermentasi merupakan variabel yang berhubungan dengan tahap pertumbuhan mikroorganisme selama fermentasi, sehingga akan mempengaruhi hasil fermentasi. Waktu yang singkat akan menghasilkan kadar bioetanol yang rendah, demikian sebaliknya, kadar bioetanol yang dihasilkan akan menurun jika proses fermentasi dilakukan dalam waktu yang terlalu lama (Hikmah, 2019). Fermentasi oleh *S. cerevisiae* lebih efektif menghasilkan etanol sebesar 5,1-91,8% (Qomariyah & Sindhuwati, 2021).

Bioetanol memiliki rumus unsur C_2H_5OH dengan formula bangunan CH_3-CH_2-OH , tetapi sering kali ditulis dengan $EtOH$. Bioetanol dapat diproduksi dari biomassa yang mengandung gula, pati dan selulosa (Arlianti, 2018). Bioetanol dapat dijadikan sebagai bahan bakar minyak. Hal ini selaras dengan pandangan Nurjanah et al. (2021) yang menerangkan bahwa bioetanol adalah sumber energi berkelanjutan yang efektif. Bioetanol dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar jika memiliki kemurnian 90%-95% (Nanlohy et al., 2023). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7390-2008, bioetanol dapat dijadikan sebagai campuran bahan bakar jika memiliki kualitas kemurnian senilai 99,5%-100%.

Etanol merupakan salah satu jenis alkohol yang mempunyai kandungan oksigen yang lebih tinggi untuk meningkatkan pembakaran dan meningkatkan jumlah nilai oktan serta ramah lingkungan. Proses reaksi etanol atau alkohol akan menghasilkan HO_2 dan CO_2 dalam jumlah yang lebih rendah (Khairiah & Ridwan, 2021). Berdasarkan prinsipnya, bahan bakar bioetanol memiliki dampak positif berupa lingkungan yang lebih bersih di beberapa negara melalui diberlakukannya undang-undang perlindungan lingkungan. Oleh karena itu, kebutuhan akan proses produksi bioetanol yang efisien dapat mengalami peningkatan.

Potensi sumber energi bioetanol dari limbah pertanian seperti ampas tebu dan kulit jagung sangat besar di Indonesia. Ampas tebu (*S. cerevisiae*) adalah sisa dari proses penggilingan tebu atau residu yang telah diekstrak dari airnya selama proses pemurnian gula ataupun melalui mesin penggiling tebu. Ampas tebu mengandung kadar gula tinggi (glukosa), yang berarti mengandung substrat ligniselulostik potensial untuk produksi bioetanol. Selulosa tinggi memungkinkannya digunakan sebagai media untuk pertumbuhan mikroorganisme pada produksi enzim selulase. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yuniarti et al. (2018) serat *bagasse* atau komposisi kimia ampas tebu terdapat pada tabel berikut.

Tabel 1. Komposisi Kimia Ampas Tebu

Kandungan	Kadar (%)
Abu	3
Lignin	22
Selulosa	37
Sari	1
Pentosa	27
SO_2	3

Ampas tebu dapat dijadikan bioetanol karena mengandung substrat ligniselulostik yang berpotensi sebagai bahan pembuatan bioetanol. Ampas tebu mengandung kadar gula tinggi yang dapat diperbarui, ekonomis, dan ketersediaannya yang banyak. Proses hidrolisis dapat mengkonversi kandungan

gula dalam ampas tebu menjadi glukosa, yang kemudian bisa dijadikan sebagai bahan dasar untuk produksi bioetanol melalui fermentasi mikroorganisme.

Selain ampas tebu, kulit jagung juga merupakan bagian dari tumbuhan yang banyak mengandung biomassa lignoselulosa. Jagung merupakan salah satu tanaman makanan pokok yang banyak dikonsumsi di Indonesia, sehingga menghasilkan limbah alami dalam jumlah yang cukup besar. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), produksi jagung di Indonesia sangat melimpah. Pada tahun 2021, produksi jagung nasional mencapai 13,4 juta ton, kemudian meningkat menjadi 16,5 juta ton pada tahun 2022. Pada tahun 2023, produksinya tercatat sebesar 14,77 juta ton dan diperkirakan akan mencapai 15,21 juta ton pada tahun 2024. Kondisi tersebut menunjukkan betapa pentingnya jagung untuk pertumbuhan perekonomian secara keseluruhan dan subsektor tanaman pangan. Hanya 5% dari tanaman jagung yang digunakan untuk industri pangan yaitu biji jagung, sementara 95% dari tanaman jagung termasuk limbah alami seperti batang, daun, tongkol, dan kulit jagung (Ginting, 2015).

Penggunaan kulit jagung sebagai bahan baku bioetanol dapat berkontribusi dalam mengurangi masalah lingkungan, karena kulit jagung belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat, sehingga seringkali menjadi tumpukan sampah yang mencemari lingkungan. Menurut Agustina et al. (2016), kandungan lignin 15,7%, selulosa 36,81% dan hemiselulosa 27,01%. Sementara itu, menurut penelitian yang dilakukan oleh Ginting (2015) menunjukkan hasil dari kandungan kulit jagung atau komposisi kulit jagung dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Komposisi Kimia Kulit Jagung

Kandungan	Kadar (%)
Selulosa	42,31±0,7
Lignin	12,58±0,2
Abu	4,16±0,26
Kristalinitas	34,57 ± 0,91
Lainnya	40,95%

Berdasarkan kandungan kimia dari kulit jagung yang memiliki kadar selulosa yang cukup tinggi, kulit jagung dapat dijadikan sebagai bahan baku produksi bioetanol. Fungsi utama selulosa dalam produksi bioetanol adalah untuk mengkonversi menjadi bioetanol melalui proses hidrolisis kemudian dilanjutkan dengan fermentasi. Berdasarkan kandungan kulit jagung tersebut, jagung sangat berpotensi untuk dijadikan bioetanol (Agustina et al., 2016).

Pada dasarnya, hanya sedikit dari tebu dan jagung yang dioptimalkan untuk suatu produk tanpa memanfaatkan limbahnya. Potensi tebu dan jagung biasanya hanya dimanfaatkan sebagai bahan makanan seperti es jagung, es tebu, serta limbahnya dimanfaatkan sebagai pakan ternak dan pupuk. Namun usaha pemanfaatan ampas tebu dan kulit jagung belum optimal karena belum seluruh limbah terserap dengan maksimal. Salah satu dari bagian tanaman tersebut yang kurang dimanfaatkan menjadi energi alternatif adalah ampas tebu dan kulit jagung. Melimpahnya ampas tebu dan kulit jagung di wilayah Universitas Bengkulu bagian belakang yang disebabkan oleh beberapa penjual es tebu dan es jagung menyebabkan bertambahnya limbah yang berpotensi mencemari lingkungan.

Penelitian yang dilakukan oleh Lazuardi et al., (2024) mendapatkan hasil kadar bioetanol setelah dilakukan destilasi adalah senilai 32% kadar bioetanol tertinggi dengan menggunakan mikroorganisme *S. cerevisiae*, kadar bioetanol ini dihasilkan dari bahan baku kulit pisang kepok yang melalui beberapa proses seperti penambahan starter pada saat proses fermentasi. Penelitian ini relevan dengan studi yang dilakukan karena menggunakan metode yang sama dalam produksi bioetanol, tetapi memiliki perbedaan dari bahan baku yang digunakan.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini menghadirkan inovasi dengan mengembangkan bioetanol dari campuran limbah ampas tebu dan kulit jagung, yang mana kedua bahan ini belum dikaji secara komprehensif dan belum pernah dicampurkan menjadi satu dalam pembuatan bioetanol sebelumnya. Penggabungan bahan ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi fermentasi serta memanfaatkan limbah yang lebih optimal. Selain itu, pendekatan ini berpotensi menghasilkan bioetanol dengan rendemen yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan satu jenis bahan baku saja, sehingga dapat memberikan kontribusi baru dalam pengembangan energi terbarukan yang lebih berkelanjutan serta informasi yang diperoleh dari penelitian ini dapat menjadi acuan bagi peneliti selanjutnya yang ingin mengembangkan penelitian di bidang yang sama. Maka dari itu pada kesempatan ini peneliti memanfaatkan potensi limbah ampas tebu dan kulit jagung untuk dianalisis sebagai bahan baku pembuatan bioetanol yang ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan dengan cara eksperimen. Hal ini dilakukan untuk melihat kadar bioetanol yang dihasilkan dari limbah ampas tebu yang dicampur dengan kulit jagung, dengan 4 perlakuan dan 3 variabel waktu yang masing-masing 3 kali pengulangan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2024 hingga Januari 2025 di Sumber Belajar Ilmu Hayati (SBIH) Ruyani, Kota Bengkulu.

Alat dan Bahan

Alat pada proses pembuatan bioetanol ini meliputi, satu set alat destilasi, alkoholmeter, gelas ukur, erlenmeyer, corong kaca, spatula, timbangan analitik, termometer, pH meter, wadah plastik, wadah pembiakan, wadah aluminium dengan tutupnya, kompor dan as, pisau, gunting, alat tulis, label, dan botol vial. Bahan yang digunakan yaitu ampas tebu (*S. cerevisiae*) kulit jagung (*Z. mays*), HCl 5%, ragi, akuades, gula pasir, NPK dan urea.

Prosedur Penelitian

Pembuatan bioetanol pada penelitian ini melibatkan beberapa tahapan yaitu, tahap persiapan, tahap pembuatan starter, tahap hidrolisis, tahap fermentasi, dan tahap destilasi. Komposisi perbandingan campuran kedua bahan ini yaitu ampas tebu 75%: kulit jagung 25%. Perbandingan ini merupakan perbandingan ideal untuk mencampurkan kedua bahan, karena pada penelitian yang dilakukan oleh Anwar & Subagyo, (2020) perbandingan tersebut mendapatkan kadar bioetanol yang paling tinggi.

Tahap Persiapan

Tahap persiapan dilakukan dengan menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk memperoleh bahan baku dalam pembuatan bioetanol ampas tebu (*S. cerevisiae*) dengan campuran kulit jagung (*Z. mays*). Ampas tebu dan kulit jagung dengan berat total 300 gram, yaitu 225 gram ampas tebu dan 75 gram kulit

jagung yang sebelumnya dicuci bersih dan dijemur, lalu dihaluskan dengan menggunakan blender. Hal ini bertujuan untuk memudahkan enzim memecah struktur selulosa agar dapat diubah menjadi bioetanol.

Tahap Pembuatan Starter

Tahap pembuatan starter diawali dengan melarutkan 120 gram gula pasir dengan 240 mL air akuades, starter dibuat secara anaerob. Wadah untuk pembiakan disiapkan sebanyak 12 botol, dan larutan ditambahkan pada masing-masing wadah pembiakan sebanyak 20 mL. Komposisi tambahan nutrient ditambahkan sesuai dengan variasi yang telah ditentukan dan diaduk sampai sempurna. Adapun komposisi yang digunakan yaitu, a) ragi 100%; b) urea 100%; c) NPK 100%; d) NPK 50% dan urea 50%. Ditutup wadah pembiakan dengan rapat dan disimpan di tempat gelap pada suhu kamar dengan waktu 24 jam. Adanya variasi komposisi bertujuan untuk melihat kadar bioetanol mana yang lebih efektif dan optimal setelah dilakukannya percobaan.

Tahap Hidrolisis

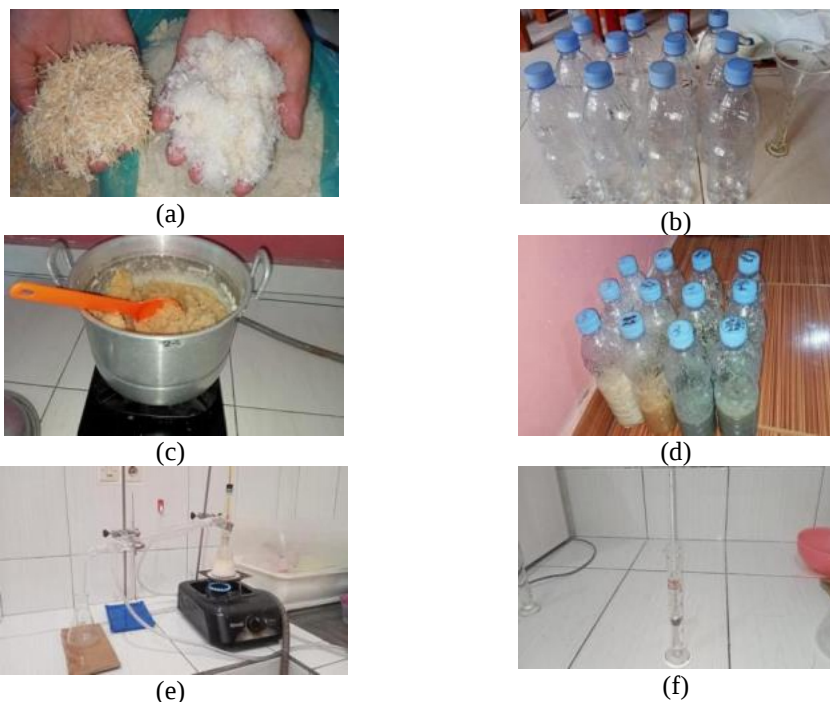
Pada tahap ini, dilakukan proses pemecahan senyawa kompleks selulosa menjadi gula sederhana yang lebih mudah difermentasi. Sebanyak 225 gram ampas tebu dan 75 gram kulit jagung dicampurkan sebagai bahan baku, kemudian ditambahkan larutan HCl 5% sebanyak 50 mL dan 3000 mL aquadest. Campuran ini kemudian diaduk merata dan dipanaskan pada suhu 90–100°C selama 90 menit untuk mempercepat proses hidrolisis. Proses pemanasan bertujuan untuk membantu pelepasan hemiselulosa dan lignin, sehingga kandungan selulosa lebih mudah dipecah. Setelah pemanasan, campuran didiamkan hingga mencapai suhu ruang. Sebelum masuk ke tahap fermentasi, pH larutan hasil hidrolisis diuji menggunakan pH meter untuk memastikan kondisi lingkungan sesuai bagi aktivitas mikroorganisme. Umumnya, pH yang diperoleh berada pada kisaran 4–5, yang merupakan kondisi optimal untuk fermentasi oleh *S. cerevisiae*.

Tahap Fermentasi

Fermentasi dilakukan untuk mengubah gula hasil hidrolisis menjadi bioetanol dengan bantuan mikroorganisme. Sebanyak 12 botol fermentasi disiapkan dan masing-masing diisi dengan 275 gram campuran ampas tebu dan kulit jagung hasil hidrolisis. Starter yang telah difermentasi sebelumnya ditambahkan ke dalam masing-masing botol sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan berdasarkan variasi perlakuan (ragi, urea, NPK). Proses fermentasi berlangsung dalam kondisi anaerob selama 7, 14, dan 21 hari pada suhu ruang. Setiap botol ditutup rapat untuk mencegah kontaminasi dari luar dan menjaga kondisi anaerobik yang diperlukan untuk fermentasi optimal. Selama proses ini, mikroorganisme akan memfermentasi gula menjadi etanol dan karbon dioksida.

Tahap Destilasi

Setelah fermentasi selesai, campuran disaring untuk memisahkan ampas dari cairan fermentasi. Filtrat sebanyak 150 mL dari masing-masing botol kemudian dimasukkan ke dalam alat distilasi untuk proses pemurnian. Destilasi dilakukan selama 90 menit. Uap alkohol yang terbentuk akan melewati kondensor, di mana uap tersebut didinginkan hingga kembali menjadi cairan. Hasil kondensasi ditampung dalam wadah pemisah untuk dikoleksi. Untuk mengukur kadar bioetanol yang dihasilkan, digunakan alkoholmeter. Pengukuran dilakukan secara cermat dan hasilnya dicatat dalam tabel sebagai data akhir dari proses produksi bioetanol.



Gambar 1. Prosedur penelitian, yaitu; (a) tahap persiapan, (b) tahap pembuatan starter, (c) tahap hidrolisis, (d) tahap fermentasi, (e) tahap destilasi, dan (f) pengukuran kadar bioetanol menggunakan alat alkoholometer.

Analisis Data

Pada penelitian ini, data dianalisis menggunakan metode analisis data kuantitatif dan kualitatif. Analisis data kuantitatif dilakukan dengan menghitung rata-rata kadar bioetanol dan volume bioetanol yang disajikan dalam bentuk tabel. Sementara itu, data kualitatif dianalisis secara deskriptif dengan kajian sistematis.

HASIL PENELITIAN

Hasil persentase rata-rata kadar bioetanol berbahan baku ampas tebu (*S. officinarum*) campuran kulit jagung (*Z. mays*) dengan penambahan ragi, pupuk urea, dan NPK dari komposisi berbeda setelah melalui proses destilasi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Rata-rata Kadar Bioetanol dan Volume Bioetanol

Komposisi Tambahan Nutrient	N	Variabel Waktu Fermentasi					
		7 Hari		14 Hari		21 Hari	
		VB (mL)	KB (%)	VB (mL)	KB (%)	VB (mL)	KB (%)
A (Ragi 100% 30gram)	3	45,7±6,0	6,3±1,5	50,7±2,1	18,7±1,5	60,3±2,5	36,7±0,6
B (Urea 100% 30gram)	3	44,7±1,5	3,3±0,6	59,7±3,5	16,3±0,6	57,3±3,8	30,3±1,1
C (NPK 100% 30gram)	3	37,3±2,5	4,3±0,6	55,3±5,0	14,7±1,5	43,7±3,5	28,3±0,6
D (Urea 50% 15gram dan NPK 50% 15gram)	3	56,7±4,7	4,7±0,6	52,7±2,5	16,7±0,6	53,3±0,6	33,3±1,5
Rata-rata ($\bar{x}$)		46,1	4,7	54,6	16,6	53,7	32,2

Keterangan: VB (volume bioetanol setelah destilasi), KB (kadar bioetanol setelah destilasi), N (pengulangan)

Pengukuran kadar bioetanol pada setiap sampel dalam penelitian ini dilakukan dengan menerapkan perlakuan masing-masing sebanyak 3 kali

pengulangan. Hal ini bertujuan untuk mengamati pengaruh variasi waktu fermentasi dan variasi komposisi terhadap persentase kadar bioetanol yang dihasilkan. Pengukuran kadar bioetanol ini dilakukan dengan menggunakan alkoholmeter. Penelitian oleh Lazuardi et al., (2024) mendapatkan hasil kadar bioetanol tertinggi yaitu pada komposisi ragi 100% dengan variabel waktu 25 hari, seperti pada penelitian ini yang mendapatkan hasil kadar bioetanol tertinggi pada komposisi A ragi 100% akan tetapi penelitian ini menggunakan variabel waktu 21 hari.

PEMBAHASAN

Bioetanol memiliki kelebihan dapat mengurangi emisi CO₂ sampai dengan 18% (Wusnah et al., 2019). Bioetanol dianggap lebih ramah lingkungan karena dapat menyerap kandungan karbon dioksida tanaman yang dihasilkan dari bioetanol berdasarkan siklus karbonnya. Tanaman ini dimanfaatkan sebagai bahan dasar dalam produksi bahan bakar, sehingga dapat mencegah penumpukan karbon pada atmosfer. Bahan baku yang diolah menjadi bioetanol pada penelitian ini adalah ampas tebu (*S. officinarum*) campuran kulit jagung (*Z. mays*) yang berdasarkan kandungannya berpotensi untuk memproduksi bioetanol. Pemilihan bahan ini juga didasarkan pada upaya pengurangan limbah yang berpotensi untuk mencemari lingkungan.

Penambahan asam klorida atau HCl pada proses hidrolisis pembuatan bioetanol bertujuan untuk mempercepat reaksi dan meningkatkan selektivitas serta sebagai katalisator yang memperbesar keaktifan air. Bioetanol yang dihasilkan dari penelitian ini adalah hasil fermentasi *S. officinarum* dengan campuran *Z. mays* oleh *S. cerevisiae* serta juga NPK dan urea. Menurut Qomariyah & Sindhuwati (2021) *S. cerevisiae* dapat menghasilkan bioetanol sebesar 5,1-91,8%. Pertumbuhan dan perkembangan dalam proses tersebut memerlukan unsur nitrogen sebagai nutrisi bagi mikroba. Penambahan NPK dan urea adalah salah satu metode untuk memenuhi pertumbuhan *S. cerevisiae* pada saat proses fermentasi berlangsung, hal ini dikarenakan NPK dan urea dapat meningkatkan kandungan protein karena urea mengandung nitrogen. *S. cerevisiae* yang berfungsi dalam proses anaerob harus terjaga steril dari udara yang masuk maupun keluar, agar tidak mengganggu sistem kerja selama fermentasi berlangsung (Yuniarti et al., 2018).

Sebelum fermentasi dan destilasi dilakukan, pH cairan diukur dengan pH meter. Perlakuan ini dapat berpengaruh pada produksi suatu bioetanol (Hidayati et al., 2022). Taslim et al., (2017) menyatakan bahwa nilai pH adalah keadaan asam basa suatu media fermentasi yang berkaitan pada pertumbuhan dan aktivitas mikroba. *Potential of Hydrogen* (pH) antara 4-5 merupakan pH yang ideal untuk produksi suatu bioetanol karena pada rentang ini mikroorganisme dapat berfungsi secara optimal. Kematian sel mikroba dapat diakibatkan oleh pH yang terlalu tinggi (basa) atau terlalu rendah (asam), yang dapat mempengaruhi laju fermentasi. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya jumlah mikroorganisme selama proses reduksi glukosa menjadi bioetanol (Cika et al., 2022). Subjek penelitian ini berjumlah 36 sampel dengan perlakuan yang telah ditentukan. Hal ini karena dilakukannya 3 kali pengulangan pada setiap variabel, untuk meminimalisir kemungkinan kesalahan data dalam penelitian.

Berdasarkan data yang diperoleh pada table 3, menunjukkan bahwa adanya pengaruh terhadap waktu fermentasi, yaitu semakin lama waktu yang digunakan

pada fermentasi yang berlangsung, maka kadar bioetanol yang dihasilkan akan semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat pada hasil bioetanol disetiap minggunya yang mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Pada minggu pertama kadar bioetanol yang dihasilkan dari komposisi tambahan nutrient B (urea 100%) mendapatkan nilai kadar bioetanol terendah dibandingkan dengan komposisi lainnya. Pada minggu kedua dan ketiga komposisi tambahan nutrient C (NPK 100%) menghasilkan kadar bioetanol yang rendah dibandingkan dengan komposisi lainnya terutama komposisi B.

Beberapa faktor yang dapat memepengaruhi laju pertumbuhan mikroorganisme pada saat proses fermentasi berlangsung, yaitu NPK memiliki nilai pH lebih asam dibandingkan pupuk urea yang memiliki pH sedikit asam, urea juga memiliki nitrogen yang lebih tinggi sehingga dapat meningkatkan konsentasi bioetanol yang dihasilkan. Penggunaan massa NPK juga berpengaruh pada kadar bioetanol yang dihasilkan, massa NPK yang terlalu tinggi akan menyebabkan pertumbuhan mikroba menjadi terhambat dan aktivitas tidak optimal, sehingga hasil yang didapatkan cenderung menurun dan mempengaruhi pembentukan bioetanol dibanding komposisi lainnya yang konsisten. Volume bioetanol tidak berpengaruh terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan, namun pengaruh tersebut tidak konstan terhadap variabel, karena kadar bioetanol dapat dipengaruhi oleh faktor lain, seperti lama waktu fermentasi, bahan yang digunakan dan kondisi mikrobiologis pada proses fermentasi.

Kadar bioetanol dapat dilihat pada tabel dengan masing-masing variasi tambahan nurtient A, B, C dan D yang selalu bertambah disetiap variabel waktu. Kadar bioetanol optimum terdapat pada komposisi A variabel waktu 21 hari atau minggu ketiga dengan nilai kadar bioetanol 36,7%, sedangkan kadar bioetanol terendah terdapat pada komposisi B variabel waktu 7 hari dengan nilai kadar bioetanol 3,3%. Pengukuran kadar bioetanol ini menggunakan alat alkoholmeter. Menurut Maharani et al., (2023) alkoholmeter memiliki prinsip kerja yang berdasarkan berat jenis campuran alkohol dan air yang terkandung daalam hasil fermentasi, kadar bioetanol ditunjukan pada skala bagian atas alkoholmeter. Volume bioetanol tertinggi yaitu pada variabel waktu 14 hari dengan rata-rata volume 54,6mL, sedangkan volume bioetanol paling rendah yaitu pada variabel waktu 7 hari dengan rata-rata volume 46,1 mL.

SIMPULAN

Simpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa volume bioetanol tidak memiliki pengaruh terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan, namun hal tersebut tidak konstan, karena dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor lain, seperti durasi waktu fermentasi, bahan yang digunakan dan kondisi mikrobiologis selama proses fermentasi. Hasil kadar bioetanol akan semakin meningkat jika menggunakan waktu fermentasi yang cukup lama, selama belum mencapai waktu optimum. Variabel waktu yang digunakan pada penelitian ini belum mencapai waktu optimum, karena tidak adanya penurunan kadar bioetanol yang dihasilkan pada setiap minggunya. Kadar bioetanol tertinggi diperoleh pada komposisi A, yaitu 100% ragi dengan kadar bioetanol senilai 36,7% variabel waktu fermentasi 21 hari, kadar bioetanol terendah diperoleh pada komposisi B, yaitu 100% urea pada waktu 7 hari dengan kadar bioetanol senilai 3,3%.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, R., Ratman, M., & Said, I. (2016). Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol dari Kulit Jagung Manis (*Zea mays saccharata*). *Jurnal Akademika Kimia*, 5(4), 197–201. <https://doi.org/10.22487/j24775398.2017.v3.i1.8229>
- Anwar, F., & Subagyo, R. (2020). Pembuatan Bioetanol Berbahan Baku Ampas Tebu dan Kulit Pisang dengan Variasi Massa Ragi. *Jurnal Rotary*, 2(1), 123. <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/rot/article/view/2009>
- Arlianti, L. (2018). Bioetanol sebagai sumber *green energy* alternatif yang potensial di Indonesia. *Unistek*, 5(1), 16–22. <https://doi.org/10.33592/unistek.v5i1.280>
- Cika, A. F., Uztamila, Y., Effendy, A. S., Syarif, A., & Hajar, I. (2022). Pengaruh pH Fermentasi dan Putaran Pengadukan pada Fermentasi Molases terhadap Produksi Bioetanol. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, 2(1), 561–567. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.107>
- Farhan, H., & Susila, I. W. (2019). Pemanfaatan Ampas Tebu (*Bagasse*) sebagai Bahan Bakar Alternatif Bioetanol dengan Metode Distilasi Menggunakan Batu Kapur Mesh 80 dengan Variasi Berat dan Suhu Pemanasan Batu Kapur. *Jurnal Teknik Mesin Unesa (JTM)*, 7(2), 83–88. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/29980>
- Herlina, H., Ruyani, A., Zamzaili, Z., & Budiyanto, B. (2019). Studi Potensi Talas Liar sebagai Sumber Bioetanol dan Implementasinya pada Pembelajaran Biologi. *PENDIPA Journal of Science Education*, 3(1), 28–32. <https://doi.org/10.33369/pendipa.v3i1.6922>
- Hidayati, M., Sapalian, K. D., Febriana, I., & Bow, Y. (2022). Pengaruh pH dan Waktu Fermentasi Molase menjadi Bioetanol Menggunakan Bakteri EM4. *Jurnal Publikasi Penelitian Terapan dan Kebijakan*, 5(1), 33–40. <https://doi.org/10.46774/pptk.v5i1.394>
- Hikmah, H., Fadhillah, H. N., & Putra, M. D. (2019). Bioetanol Hasil Fermentasi Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca*) dengan Variasi Ragi melalui Hidrolisis Asam Sulfat. *Jurnal EnviroScienteeae*, 15(2), 195. <https://doi.org/10.20527/es.v15i2.6950>
- Khairiah, H., & Ridwan, M. (2021). Pengembangan Proses Pembuatan Bioetanol Generasi Ii dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 9(4), 233–240. <https://doi.org/10.21776/ub.jpa.2021.009.04.5>
- Lazuardi, P. R., Yani, A. P., Wardana, R. W., Uliyandari, M., & Hayat, M. S. (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), 139–148. <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v7i1.9651>
- Lovisia, E. (2022). Bioetanol dari Singkong Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Science and Physics Education Journal (SPEJ)*, 6(1), 8–14. <https://doi.org/10.31539/spej.v6i1.5007>

- Maharani, M., Bakrie, M., Kunci, K., & Durian, B. (2021). Pengaruh Jenis Ragi, Massa Ragi dan Waktu Fermentasi pada Pembuatan Bioetanol dari Limbah Biji Durian. *Jurnal Redoks*, 6(1). <https://doi.org/10.31851/redoks.v6i1.5200>
- Nanlohy, H. Y., Riupassa, H., Bao, B., & Marianingsih, S. (2023). Community Empowerment Through The Utilization of Coconut Sap Into Bioethanol In Sabron Sari Village, Jayapura Regency. *Community Empowerment Journal*, 8(7), 1086–1092. <https://doi.org/10.31603/ce.9589>
- Nurjanah, R., Aznury, M., Kimia, J. T., Sriwijaya, N., Negara, J. S., Besar, B., Palembang, K., & Selatan, S. (2021). Variasi Produksi Bioetanol dari Ampas Tebu: A Review. *Jurnal Kinetika*, 12(2), 64–67. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/article/view/3440>
- Putri, Z. S., Ruyani, A., Uliyandari, M., Wardana, R. W., & Sukarso, A. A. (2024). Pengaruh Penambahan Nutrient (NPK dan Pupuk Urea) terhadap Bioetanol Hasil Fermentasi Biji Alpukat (*Persea americana* Mill.). *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 12(1), 662. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i1.11283>
- Qomariyah, L., & Sindhuwati, C. (2023). Pengaruh Penambahan NPK dan Urea pada Pembuatan Etanol dari Air Tebu melalui Proses Fermentasi. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), 82–88. <https://doi.org/10.33795/distilat.v7i2.186>
- Safari, S., Bahri, S., Soekarno Hatta, J., & Bumi Tadulako Tondo Palu, K. (2017). Pemanfaatan Kulit Jagung (*Zea mays*) untuk Produksi Glukosa Menggunakan Kapang *Trichoderma* sp. *Jurnal Kovalen*, 3(1), 17–23. <https://doi.org/10.22487/j24775398.2017v3.i1.8229>
- Taslim, M., Mailoa, M., & Rijal, M. (2017). Pengaruh pH dan Lama Fermentasi terhadap Produksi Etanol dari *Sargassum crassifolium*. *BIOSEL (Biology Science and Education): Jurnal Penelitian Science dan Pendidikan*, 6(1), 13–25. <https://doi.org/10.33477/bs.v6i1.129>
- Wusnah, W., Bahri, S., & Hartono, D. (2019). Proses Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* B.C) secara Fermentasi. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 8(1), 48. <https://doi.org/10.29103/jtku.v8i1.1915>
- Yuniarti, D. P., Hatina, S., & Efrinalia, W. (2018). Pengaruh Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi pada Pembuatan Bioetanol dengan Bahan Baku Ampas Tebu. *Jurnal Redoks*, 3(2), 1. <https://doi.org/10.31851/redoks.v3i2.2391>