

PEMBUATAN BIOETANOL MELALUI FERMENTASI AIR CUCIAN BERAS BERDASARKAN VARIASI MASSA DAN KONSENTRASI NUTRISI

Wahyudi^{1,*}, Mustafa², Kusyanto³, Alwathan⁴, Syarifuddin Oko⁵, Abdul Rahman⁶, Yolanda Tarok Allo^{7,**}

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda

⁶ Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda

⁷ Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda

ABSTRACT

Currently, fossil fuels are the primary energy source for Indonesia and even the world. Gasoline, natural gas, and coal are examples of fossil fuels. This is due to population growth amidst declining energy reserves in Indonesia and around the world. The government is currently promoting bioethanol production as an alternative energy source. Rice washing water can be used as a raw material for making bioethanol. This research aims to study the effect of nutrient type on the bioethanol content produced from rice washing water. The process involves two stages: starch hydrolysis using 1N HCl (pH 4-5) and 1% v/v glucoamylase enzyme to convert carbohydrates into glucose, followed by fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* for 3 days. The results of this study indicate that the type of nutrient added and the mass of the nutrient added affect the fermentation process. In the tofu dregs nutrient variation, the highest bioethanol content was 64.60% with a mass of 10 grams, and the lowest content was 0.60% with a mass of 4 grams. Meanwhile, for NPK nutrition, the highest bioethanol content is 17.09% with a mass of 10 grams, and the lowest content is 0.60% with a mass of 6 grams.

Keywords: *Rice washing water, Tofu dregs, Bioethanol, Nutrition*

ABSTRAK

Saat ini, energi fosil adalah sumber energi utama bagi Indonesia dan bahkan dunia. Bensin, gas alam, dan batu bara adalah contoh energi fosil. Hal ini disebabkan oleh peningkatan populasi di tengah penurunan cadangan energi di Indonesia dan di seluruh dunia. Pemerintah saat ini mendorong produksi bioetanol sebagai sumber energi alternatif. Air cucian beras dapat digunakan sebagai bahan baku untuk membuat bioetanol. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh jenis nutrisi terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan dari air cucian beras. Prosesnya melibatkan dua tahap: hidrolisis pati menggunakan HCl 1N (pH 4-5) dan enzim glucoamilase 1% v/v untuk mengubah karbohidrat menjadi glukosa, dilanjutkan dengan fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* selama 3 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jenis nutrisi yang ditambahkan dan massa nutrisi yang ditambahkan mempengaruhi proses fermentasi. Dalam variasi nutrisi ampas tahu, kadar bioetanol tertinggi adalah 64,60% dengan massa 10 gram, dan kadar terendah adalah 0,60% dengan massa 4 gram. Sedangkan nutrisi NPK, kadar bioetanol tertinggi adalah 17,09% dengan massa 10 gram, dan kadar terendah adalah 0,60% dengan massa 6 gram.

Kata Kunci: *Air cucian beras, Ampas tahu, Bioetanol, Nutrisi*

1. PENDAHULUAN

Sumber daya energi konvensional bahan bakar fosil termasuk minyak bumi, gas bumi dan batu bara sebagai sumber energi yang tidak terbarukan dengan segala permasalahannya, terutama kenaikan harga secara global setiap terjadinya krisis energi akibat faktor-faktor seperti cadangan yang berkurang sesuai dengan umur eksploitasinya, permintaan yang meningkat, jaminan pasokan yang terbatas dan pembatasan produksi serta penilaian dampak lingkungan yang ketat terhadap pemanasan global, harus dikurangi ketergantungannya dengan menggunakan sumber-sumber energi lainnya.

Bioetanol adalah bahan bakar alternatif yang dibuat dari bahan organik seperti tanaman atau limbah organik melalui fermentasi mikroorganisme [1]. Fermentasi menguraikan polisakarida menjadi gula sederhana, yang kemudian difermentasi menjadi bioetanol. Bioetanol merupakan senyawa etanol hasil proses dari pengolahan mikroorganisme (fermentasi) biomassa (air kelapa), dengan bantuan mikroorganisme. Kandungan

* Korespondensi penulis: Wahyudi, email wahyudi@polnes.ac.id

** Mahasiswa tingkat Sarjana (S1)

biomassa (air kelapa) berupa asam-asam amino, asam organik, dan mineral serta zat gula [2]. Meskipun bahan baku seperti jagung, ubi jalar, singkong, dan tebu yang mengandung banyak karbohidrat dapat digunakan untuk membuat bioetanol, konsumsi besar dari bahan-bahan ini dapat mengganggu kebutuhan pangan [1]. Sebagai alternatif, air leri, atau limbah cucian beras, dapat digunakan untuk membuat bioetanol. Komponen terbesar beras adalah karbohidrat yang sebagian besar terdiri dari pati yang berjumlah 85 – 90%. Kandungan yang lain selain karbohidrat adalah selulosa, hemiselulosa dan pentosan. Zat pati tertinggi terdapat pada bagian endosperm, makin ke tengah kandungan patinya makin menipis [3]. Air cucian beras memiliki kandungan nutrisi yang berlimpah, diantaranya karbohidrat berupa pati, lemak, protein gluten, selulosa, hemiselulosa, gula dan vitamin yang tinggi [4]. Air cucian beras juga mengandung beberapa unsur kimia seperti vitamin B1, nitrogen, fosfor, dan unsur hara lainnya yang banyak terdapat pada pericarpus dan aleuron yang ikut terkikis [5].

Air cucian beras mengandung karbohidrat, protein, dan berbagai mineral yang dapat dihidrolisis menjadi glukosa pada pH 4-4,5 dengan menambah nutrisi seperti urea dan Nitrogen, Phospat dan Kalium (NPK). Adapun komposisi yang terkandung dari air cucian beras antara lain yaitu, karbohidrat (30%), protein (7%), zinc (11%), kalsium (10%), fosfor (17%), besi (8%), kalium (2%), thiamine (9%), riboflavin (6%) [6]. Nilai pH optimal untuk pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* adalah antara 2,5 – 4,5 [7]. Dari kandungan karbohidrat dalam air cucian beras, maka dapat dihidrolisis untuk menghasilkan glukosa. Glukosa kemudian difermentasi secara anaerob menjadi bioetanol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* [8]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*, kondisi terbaik dan difermentasi menjadi bioetanol dapat dicapai. Selama fermentasi, nutrisi seperti nitrogen dari NPK dan urea diperlukan untuk pertumbuhan mikroba. Penelitian ini mengamati pengaruh berbagai jenis nutrisi terhadap produksi bioethanol [9]. Selama proses pertumbuhan dan perkembangan, *Saccharomyces cerevisiae* memerlukan nutrisi untuk menyediakan energi, nitrogen, mineral dan vitamin [10].

Pada penelitian sebelumnya, limbah air cucian beras telah digunakan secara luas untuk membuat bioetanol, tetapi jumlah bioetanol yang dihasilkan masih rendah. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan produksi bioetanol dari limbah air cucian beras. Penemuan penelitian sebelumnya akan digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini.

Adlin et al. [11] melakukan penelitian dengan menggunakan hidrolisis asam HCl dengan konsentrasi 10% dan 20%, netralisasi dengan NaOH 1 N, dan difermentasi dengan ragi *saccharomyces cerevisiae* sebanyak 5 gram, 8 gram, dan 10 gram.

Penelitian serupa dilakukan dengan menggunakan air cucian beras untuk membuat bioetanol melalui hidrolisis dan fermentasi dengan menggunakan urea dan NPK sebagai nutrisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hidrolisis menggunakan HCl 20% dengan 10 gram ragi dan waktu fermentasi selama 4 hari menghasilkan kadar bioetanol 2,91%. Penelitian serupa dilakukan dengan enzim glukoamilase 1%, 2%, dan 3% w/v, hidrolisis pati dilakukan dengan HCl 1N pada pH 4-5. Fermentasi dilakukan dengan *saccharomyces cerevisiae* selama 3, 4, 5, 6, dan 7 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hidrolisis menggunakan enzim glukoamilase 3% menghasilkan kadar glukosa tertinggi, dan kadar bioetanol tertinggi sebesar 13% dihasilkan selama fermentasi selama 7 hari [12].

Penelitian tentang pembuatan bioetanol dari pati tepung buah sukun (*Artocarpus altilis*), dengan menambah ampas tahu untuk memberikan nutrisi kepada mikroba. α -amilase dan glukoamilase digunakan untuk melakukan hidrolisis melalui fase *likuifikasi* sebelum fermentasi. Jumlah ampas tahu yang digunakan adalah 0,75%, 1,5%, dan 2,25% b/v, dengan waktu fermentasi 6, 8, dan 10 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada hari keenam penambahan ampas tahu menghasilkan 18,4 mililiter bioetanol dengan tingkat destilat tertinggi 0,75% [13].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi nutrisi terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan dari air cucian beras dengan menambah variasi nutrisi selama proses fermentasi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan nutrisi selama proses fermentasi meningkatkan kadar bioethanol. Oleh karena itu, penelitian ini akan menyelidiki pengaruh variasi nutrisi terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan dari air cucian beras.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan analisa kadar bioetanol, termasuk glukosa dan etanol, di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda. Bahan baku berupa air cucian beras yang diperoleh dari air bekas cucian beras yang digunakan sehari – hari di rumah dan ampas tahu diperoleh dari Kec. Selili, Kota Samarinda. Pada penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan sebagai berikut: alat yang digunakan adalah pH meter, kondensor, pipet volume, batang pengaduk, neraca analitik, corong, buret, erlenmeyer, labu ukur, pipet

tetes, plat panas, kertas saring, unit destilasi, gelas beaker, mantel panas, bak air, dan botol kaca yang digunakan sebagai fermentor. Dan bahan yang digunakan termasuk air cucian beras, ampas tahu, urea, Nitrogen, Phospat dan Kalium (NPK), enzim *glukoamilase*, dan ragi tipe Na Kok Liong (NKL).

Penelitian diawali dengan menyiapkan bahan baku berupa sampel air cucian beras sebanyak 1500 mL, kemudian dilakukan penyaringan menggunakan kain kasa untuk menghilangkan pengotor pada air cucian beras. Selanjutnya melakukan preparasi nutrisi ampas tahu dengan terlebih dahulu menjemur ampas tahu, kemudian dipanaskan menggunakan oven pada suhu 100 °C hingga benar benar kering. Ampas tahu yang telah kering kemudian dihaluskan menggunakan blender hingga didapatkan tepung ampas tahu lalu disimpan [14].

Prosedur selanjutnya adalah hidrolisis pati. Menyiapkan sebanyak 1500 mL air cucian beras, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1 liter. Setelah itu, ditambahkan HCl 1 N hingga pH asam mencapai kondisi pH 4,5, lalu aduk agar larutan homogen. Masukkan larutan ke dalam gelas kimia kemudian larutan dipanaskan hingga suhu 60 °C. Setelah kondisi operasi terjaga (60 °C), maka dilakukan penambahan enzim *glukoamilase* 1% (v/v) pada sampel. Lalu dimasukkan air cucian beras ke dalam labu leher tiga dan dipanaskan dengan suhu 60 °C selama 6 jam. Setelah dingin, hasil hidrolisis disaring untuk diambil filtrat glukosanya [15]. Kemudian filtrat glukosa dianalisa menggunakan metode *Luff Schoorl*.

Ditetapkan pH sebesar 4,5 untuk tahap fermentasi, kemudian ditambahkan NaOH apabila bersifat asam atau menambahkan H₂SO₄ apabila filtrat bersifat basa. Sterilisasi fermentor. Dimasukkan sampel sebanyak 200 mL masing masing ke dalam 6 buah fermentor, kemudian ditambahkan 50 gram *Saccharomyces cerevisiae* dengan variasi NPK sebanyak 4, 6, 8, 10, 12 gram dan urea sebanyak 4 gram serta untuk variasi ampas tahu sebanyak 4, 6, 8, 10, 12 gram dan urea sebanyak 4 gram. Setelah itu, dilakukan proses fermentasi selama 72 jam dengan wadah tertutup. Kemudian destilasi hasil fermentasi dengan suhu 78 °C.

Analisa Kadar Glukosa Metode *Luff Schoorl* (SNI 01-2891-1992) dilakukan dengan menimbang secara seksama sampel ±5 gram ke dalam erlenmeyer 500 mL, lalu ditambahkan 200 mL larutan HCl 3%, kemudian dididihkan selama 3 jam dengan pendingin tegak. Setelah itu, dinginkan dan netralkan dengan larutan NaOH 30% (dengan lakmus atau fenoltallein). Kemudian ditambahkan sedikit CH₃COOH 3% agar suasana larutan agak sedikit asam. Lalu pindahkan isinya ke dalam labu ukur 500 mL dan impitkan hingga tanda garis, kemudian di saring. Setelah itu, dipipet 10 mL hasil penyaringan ke dalam erlenmeyer 500 mL, kemudian tambahkan 25 mL larutan *Luff Schoorl* (dengan pipet) dan diletakkan batu didih serta di masukkan 15 mL aquades. Kemudian dipanaskan campuran dengan nyala api yang tetap. Diusahakan agar larutan dapat mendidih dalam waktu 3 menit (gunakan stopwatch), dididihkan terus selama tepat 10 menit (dihitung dari saat mulai mendidih dan gunakan stopwatch) kemudian dengan cepat dinginkan dalam bak berisi es. Setelah dingin, ditambahkan 15 mL larutan KI 20% dan 25 mL H₂SO₄ 25% secara perlahan – lahan. Kemudian dititrasi dengan larutan tio 0,1 N (gunakan indikator kanji 1%). Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung kadar karbohidrat dan kadar glukosa sampel.

$$Kadar\ Glukosa = \frac{ws-fp}{w} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

$$Kadar\ Karbohidrat = 0,90 \times Kadar\ Glukosa \dots\dots\dots(2)$$

Analisa kadar etanol dilakukan menggunakan alat kromatografi gas. Buka kran gas nitrogen dan hidrogen, serta hidupkan kompresor udara. Hidupkan GC, lalu setel kondisi operasi GC. Hidupkan komputer, buka program GC, dan tunggu hingga muncul menu *real-time analysis* dengan mengklik dua kali hingga status *ready*. Pilih menu *quantitation*, kemudian pilih menu eksternal standar, dan masukkan nama etanol. Pada menu set up, isikan *stop time*. Setelah status *ready*, injeksikan larutan standar. Tunggu hingga semua puncak muncul di layar, lalu hentikan analisis. Injeksi sampel dan tunggu hingga semua kromatogram sampel muncul. Catat semua hasil pengamatan. Setelah analisis selesai, turunkan suhu alat. Setelah suhu turun, matikan alat.

$$Kadar\ Glukosa = \frac{Area\ Sampel}{Area\ Standard} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Penentuan densitas bioetanol diawali dengan menimbang piknometer berukuran 10 mL kosong lalu berat piknometer kosong tersebut dicatat. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam piknometer hingga piknometer penuh. Piknometer yang telah berisi sampel tersebut ditimbang kembali dan berat piknometer yang berisi sampel dicatat.

$$\rho = \frac{(Mass\ Pikno+Sampel)-(Massa\ Pikno\ Kosong)}{Volume\ Pikno} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan air cucian beras sebagai bahan untuk menghasilkan bioetanol. Dari penelitian ini yang divariasikan adalah massa nutrient dan jenis nutrient. Jenis nutrient yang digunakan adalah ampas tahu dan NPK. Adapun hasil penelitian bioetanol yang diperoleh adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil analisa glukosa Metode *Luff Schoorl*

No	Parameter Uji	Hasil
1	Kadar Glukosa	2,4 %
2	Kadar Karbohidrat	2,16 %

Tabel 2. Yield Bioetanol variasi Ampas Tahu dan NPK

No	Variasi Nutrisi (gram)	Yield Bioetanol (%)	
		Ampas Tahu	NPK
1	4	1,26	1,06
2	6	1,32	1,26
3	8	1,36	1,36
4	10	1,47	1,76
5	12	2,90	2,63

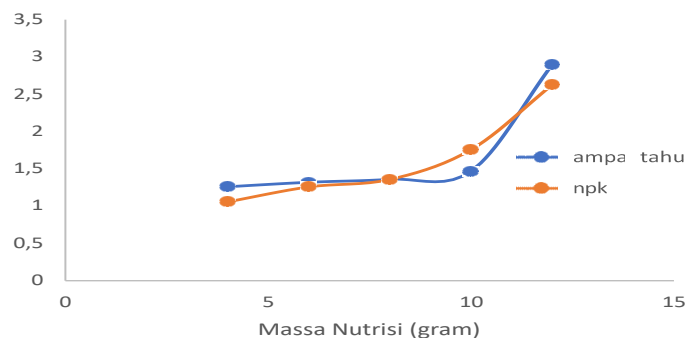
Tabel 3. Densitas Bioetanol

No	Variasi	Hasil (g/mL)
1	Ampas tahu	0,90
2	NPK	0,97

Tabel 4. Kadar Bioetanol masing-masing variasi (dengan variasi massa ampas tahu dan NPK: 4, 6, 8, 10, 12 gram)

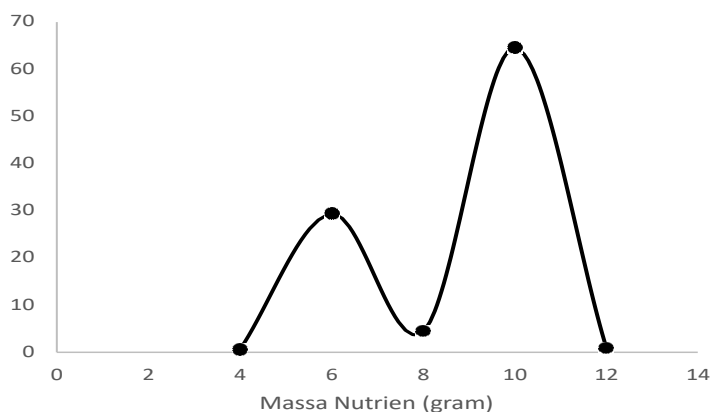
No	Variasi (gram)	Kadar Bioetanol Ampas Tahu (%)	Massa Bioetanol Ampas Tahu (gram)	Kadar Bioetanol NPK (%)	Massa Bioetanol NPK (gram)
1	4	0,60	0,02	9,24	0,32
2	6	29,38	1,16	1,06	0,04
3	8	4,42	0,18	10,42	0,42
4	10	64,60	2,86	17,09	0,91
5	12	0,86	0,07	13,35	1,06

Tabel 2 dan 3 menunjukkan hasil rendemen dari proses destilasi bioetanol. Persentase produk yang diperoleh dari perbandingan volume awal dan akhir sampel disebut sebagai rendemen. Berdasarkan gambar 1, pengaruh variasi massa nutrient terhadap nilai rendemen ditunjukkan oleh hasil analisis nilai rendemen bioetanol. Nilai rendemen yang dihasilkan berkisar antara 4,4% dan 6%, dengan nilai rata-rata 5,1%.



Gambar 1. Pengaruh perlakuan massa nutrisi terhadap yield bioetanol

Perbandingan massa nutrisi selama proses fermentasi dapat berdampak pada nilai rendemen yang dihasilkan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Rendemen tertinggi diperoleh pada variasi massa 12 gram, dengan nilai 6%, dan rendemen terendah diperoleh pada variasi massa nutrisi 4 gram, masing-masing dengan nilai 4,8%, dan 4,4%. Nilai rata-rata rendemen yang diperoleh meningkat seiring dengan jumlah massa nutrisi yang digunakan untuk proses fermentasi. Hal ini dikarenakan nutrisi tersebut berfungsi untuk mengubah glukosa menjadi etanol selama proses fermentasi. Fermentasi yang ideal menghasilkan bahan baku berkualitas tinggi, tetapi fermentasi yang tidak ideal menyebabkan konsentrasi etanol rendah, yang berdampak pada efisiensi dan kualitas proses saat destilasi



Gambar 2. Kadar bioetanol nutrisi ampas tahu

Gambar 2, menunjukkan bahwa semakin banyak massa nutrisi yang digunakan maka kadar bioetanol yang dihasilkan semakin meningkat. Dimana dapat dilihat dari gambar bahwa pada waktu 3 hari dengan massa 4 gram nutrisi ampas tahu sudah terbentuk 0,6% walaupun mengalami penurunan pada penggunaan massa 6 gram. Setelah itu, kadar etanol meningkat lagi pada massa 8 gram dan terus bertambah pada perlakuan 10 gram menjadi 64,6%.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jenis nutrisi yang ditambahkan dan massa nutrisi yang ditambahkan mempengaruhi proses fermentasi. Dalam variasi nutrisi ampas tahu, kadar bioetanol tertinggi adalah 64,60% dengan massa 10 gram, dan kadar terendah adalah 0,60% dengan massa 4 gram. Sedangkan nutrisi NPK, kadar bioetanol tertinggi adalah 17,09% dengan massa 10 gram, dan kadar terendah adalah 0,60% dengan massa 6 gram.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat Politeknik Negeri Samarinda (P2M POLNES) yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian ini, serta segala pihak yang telah mendukung demi kelancaran berjalannya pengabdian kepada masyarakat ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Arlianti, "Bioetanol sebagai sumber green energy alternatif yang potensial di Indonesia," *Unistek*, vol. 5, no. 1, pp. 16–22, 2018, doi: 10.33592/unistek.v5i1.280.
- [2] L. Marlina dan W. N. Hainun, "Pembuatan bioetanol dari air kelapa melalui fermentasi dan destilasi-dehidrasi dengan zeolit," *Jurnal TEDC*, vol. 14, no. 3, pp. 255–260, 2020.
- [3] A. A. Agustri, "Preparasi dan karakterisasi bioplastik dari air cucian beras dengan penambahan kitosan," Skripsi, Program Studi Pendidikan Kimia, FKIP, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia, 2012.
- [4] H. Astuti, N. Kusuma, N. Dwianita, dan Kuswyasari, "Efektivitas pertumbuhan jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) dengan variasi media kayu sengon (*Paraserianthes falcataria*) dan sabut kelapa (*Cocos nucifera*)," *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, vol. 2, no. 2, 2013.
- [5] R. Hidayatullah, "Pemanfaatan limbah air cucian beras sebagai substrat pembuatan nata de leri dengan penambahan kadar gula pasir dan starter berbeda," Skripsi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta, Indonesia, 2012.
- [6] M. Murniati, S. S. Handayani, dan D. K. Risfianty, "Bioetanol dari limbah biji durian (*Durio zibethinus*)," *Jurnal Pijar MIPA*, vol. 13, no. 2, pp. 155–159, 2018, doi: 10.29303/jpm.v13i2.761.
- [7] M. Afriani, "Pengaruh fermentasi dan konsentrasi ragi roti terhadap kadar bioetanol dari fermentasi glukosa hasil hidrolisis selulosa tandan kosong kelapa sawit," Skripsi, Departemen Kimia, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia, 2012.
- [8] I. Solihat dan S. R. Setyawati, "Pembuatan bioetanol dari biji bintang (Cerbera manghas L.) dengan proses fermentasi ragi dan hidrolisis menggunakan asam sulfat," *Warta Akab*, vol. 44, no. 2, pp. 113–119, 2021, doi: 10.55075/wa.v44i2.19.
- [9] K. Syamsu dan K. Elshahida, "Pembuatan keju nabati dari kedelai menggunakan bakteri asam laktat yang diisolasi dari dadih," *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, vol. 28, no. 2, pp. 154–160, 2018, doi: 10.24961/j.tek.ind.pert.2018.28.2.154.
- [10] A. Cahyaningtyas dan C. Sindhuwati, "Pengaruh penambahan konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* pada pembuatan etanol dari air tebu dengan proses fermentasi," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 7, no. 2, pp. 89–94, 2023, doi: 10.33795/distilat.v7i2.207.
- [11] I. A. Adlin, E. W. Rusmana, dan S. Fathona, "Pengaruh konsentrasi asam klorida, komposisi yeast, dan waktu fermentasi dalam pembuatan bioetanol dari air leri," *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, vol. 3, no. 2, pp. 79–86, 2019.
- [12] J. Riyanto, D. W. Karmiadi, dan S. Sudiro, "Analisis kinerja sistem mekanik," *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, vol. 9, no. 3, pp. 46–53, 2019.
- [13] L. H. Rahayu, R. W. Sudrajat, dan E. Riniharsari, "Teknologi pembuatan tepung ampas tahu untuk produksi aneka makanan bagi ibu rumah tangga di Kelurahan Gunungpati, Semarang," vol. 7, pp. 68–76, 2016.
- [14] P. Susmanto, Y. Yandriani, B. Dania, dan E. Ellen, "Pengaruh jenis nutrien dan waktu terhadap efisiensi substrat dan kinetika reaksi fermentasi dalam produksi bioetanol berbahan baku biji durian," *Jurnal Integrasi Proses*, vol. 9, no. 2, pp. 1–9, 2020, doi: 10.36055/jip.v9i2.8056.
- [15] A. Riyanto, M. Hanif, Y. Darni, S. R. Utami, dan L. Lismeri, "Produksi gula reduksi dari batang ubi kayu dengan hidrolisis menggunakan asam encer dan induksi medan elektromagnetik," *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, vol. 13, no. 1, pp. 8–14, 2019, doi: 10.23955/rkl.v13i1.8840.