

PENGARUH VARIASI WAKTU PADA FERMENTASI LIMBAH SERAI WANGI (*Cymbopogon nardus*) MENJADI BIOETANOL MENGGUNAKAN *Saccharomyces cerevisiae*

Rona Zafitri¹, Occa Roanisca^{1,a}, dan Ahmad Arsyadi¹

¹Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bangka Belitung
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Bangka, Bangka Belitung, 33172

^aEmail korespondensi: ronazafitri17@gmail.com

ABSTRAK

Distilasi serai (*Cymbopogon nardus*) menghasilkan limbah padat yang berpotensi digunakan sebagai bahan baku untuk produksi bioethanol. Penelitian tentang bioethanol dari limbah serai belum pernah dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan waktu fermentasi optimal untuk limbah serai dalam produksi bioethanol dan untuk menentukan karakteristik bioethanol yang dihasilkan dari berbagai waktu fermentasi. Metode penelitian yang digunakan meliputi delignifikasi, hidrolisis, fermentasi, dan distilasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bioethanol dari limbah serai memiliki karakteristik cairan jernih, bening, tanpa endapan, dan berbau alkohol. Nilai pH pada hari ke-3, 4, 5, dan 6 masing-masing sebesar 9,09; 8,14; 8,15; dan 6,94. Nilai viskositas pada hari ke-3 sebesar 1,13 Cp dan tetap konstan pada 1,17 Cp pada hari ke-4, 5, dan 6. Spektrum IR menunjukkan adanya kelompok -OH (alkohol) pada bilangan gelombang antara 3292 hingga 3312 cm⁻¹, kelompok C-H pada bilangan gelombang 2321 hingga 2362 cm⁻¹, kelompok C=O pada bilangan gelombang 1639 hingga 1645 cm⁻¹, dan kelompok C-O pada bilangan gelombang 982 hingga 1040 cm⁻¹. Analisis GCMS menunjukkan adanya etanol pada hari ke-4 dengan konsentrasi 98,39%, waktu retensi 1,399, dan massa molekul 46. Perubahan waktu mempengaruhi produksi dan karakteristik bioethanol yang dihasilkan. Waktu fermentasi optimal dalam studi ini adalah hari ke-4, dengan karakteristik yang memenuhi standar SNI (7390:12).

Kata kunci: Bioethanol, *Cymbopogon nardus*, Delignification, Fermentation, Viscosity

PENDAHULUAN

Serai wangi (*Cymbopogon nardus*) banyak ditemukan di berbagai daerah di Indonesia karena tanaman ini mudah untuk dibudidayakan dan memiliki banyak manfaat. Serai wangi merupakan tanaman penghasil minyak atsiri utama yaitu citronella yang diperoleh melalui proses penyulingan (A'yun *et al.*, 2021). Penyulingan serai wangi menghasilkan limbah yang biasanya tidak dimanfaatkan keberadaannya. Penyulingan daun serai wangi menghasilkan minyak atsiri sekitar 0,25% dan 99,75% limbah serai wangi padat (Santi, 2023). Limbah padat tersebut mengandung protein kasar 5,72%, serat kasar 34%, lemak 2,39% dan juga mengandung selulosa sebesar 44-45%, hemiselulosa 28-29%, dan lignin 17% (Permana, 2020 dan Bahndral *et al.*, 2024). Selulosa yang terkandung dalam limbah serai wangi sangat berpotensi sebagai bahan baku pembuatan bioethanol.

Bioethanol adalah bahan baku yang berbahan dasar dari tumbuh – tumbuhan yang mengandung gula, pati, dan selulosa. Bioethanol merupakan alternatif pengganti BBM untuk mengurangi penggunaan bahan bakar berbau fosil yang semakin hari semakin menipis. Umumnya bioethanol ini dihasilkan melalui proses fermentasi yang berfungsi untuk mengkonversi glukosa

menjadi etanol. Waktu fermentasi yang dilakukan dapat menentukan seberapa banyak kadar etanol yang akan dihasilkan. Oleh karena itu, optimasi waktu fermentasi dalam pembuatan bioethanol penting untuk dilakukan agar dapat mengetahui waktu fermentasi yang optimal dalam menghasilkan etanol.

Penelitian-penelitian terkait bioethanol sebelumnya yaitu penelitian Herawati, (2021) memanfaatkan selulosa dari rumput gajah dengan waktu fermentasi selama 4 hari menggunakan *S. cerevisiae* menghasilkan kadar bioethanol sebesar 90,5423%. Penelitian lainnya Simanjuntak, *et al.*, (2024) memanfaatkan selulosa dari limbah kulit nanas dengan menggunakan bantuan *S. cerevisiae* pada proses fermentasinya menghasilkan kadar bioethanol tertinggi sebesar 57,32% pada hari ke-5. Azrin, *et al.*, (2023) melaporkan kadar bioethanol tertinggi yang dihasilkan dari memanfaatkan selulosa limbah kulit kopi dengan menggunakan *S. cerevisiae* yaitu sebesar 5,5331% pada hari ke-6.

Berdasarkan uraian diatas maka penting dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi waktu pada fermentasi limbah serai wangi menjadi bioethanol menggunakan *S. cerevisiae* yang bertujuan untuk mengetahui waktu optimal fermentasi dalam menghasilkan bioethanol.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Limbah hasil penyulingan serai wangi yang masih baru, Asam klorida (HCl), NPK (Nitrogen 16%, Phospat 16%, dan Kalium 16%), Urea (Nitrogen 46%), Natrium hidroksida (NaOH), Akuades, Fehling a, Fehling b, Asam sulfat (H₂SO₄), Kalium dikromat (K₂Cr₂O₇), dan jamur *Saccharomyces cerevisiae*.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu blender, mesh 100, pisau, neraca analitik, gelas kimia, botol kaca, oven, kertas pH universal, pipet tetes, corong, *hotplate*, kertas saring, termometer, spatula, piknometer, batang pengaduk, pH meter, *blender*, *rotary evaporator*, *stirrer*, *Gas Chromatography-Mass Spectrometry Shimadzu QP-2010s*, dan erlenmeyer.

Prosedur

Preparasi limbah serai wangi

Sampel limbah serai wangi dibersihkan dan dipotong kecil untuk mempermudah proses pengeringan, kemudian sampel dikeringkan menggunakan sinar matahari dan dioven selama 3 jam pada suhu 100°C. Setelah dikeringkan, sampel diblender hingga halus. Kemudian, sampel yang telah diblender diayak menggunakan mesh 100 untuk mendapatkan ukuran yang lebih halus (Herawati, 2021).

Proses delignifikasi sampel

Tepung limbah serai wangi ditimbang sebanyak 200 gram, lalu dimasukkan kedalam erlenmeyer 1000 ml. Kemudian ditambahkan larutan NaOH 14 %, setelah itu diinkubasi dalam water bath pada suhu 121°C selama 1 jam. Lalu, sampel disaring menggunakan kertas saring dan dicuci menggunakan akuades hingga pH netral kemudian dilakukan pengeringan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 1 jam (Herawati, 2021).

Proses hidrolisis sampel

Tepung limbah serai wangi yang telah dilakukan delignifikasi, ditimbang sebanyak 100 gram dan dihidrolisis menggunakan akuades sebanyak 1000 ml dan ditambahkan katalis HCl konsentrasi 3 N sebanyak 30 ml. Kemudian, larutan dipanaskan pada suhu 100°C selama 210 menit. Setelah itu, didinginkan sampai suhu ruang dan disaring (Herawati, 2021). Kemudian filtratnya dilakukan uji fehling a dan b untuk mengidentifikasi keberadaan glukosa dengan komposisi 1:1:1, hasil dinyatakan positif jika terdapat endapan merah bata setelah dipanaskan (Fitri dan Fitriana, 2020).

Proses fermentasi sampel

Filtrat yang telah dihidrolisis diukur dan disesuaikan pH-nya hingga mencapai pH 4 lalu ditambahkan starter *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 8% dari jumlah filtrat yang akan difermentasi. Kemudian ditambahkan nutrisi yaitu NPK (Nitrogen-Phospat-Kalium 16%) sebanyak 0,4 gr/L dan Urea (Nitrogen 46%) sebanyak 0,5 gr/L dari volume hasil hidrolisis. Setelah itu, sampel dimasukkan

kedalam wadah fermentasi dan ditutup (dalam keadaan anaerob) pada suhu 30°C (Herawati, 2021). Fermentasi sampel dilakukan dengan variasi waktu 3,4,5, dan 6 hari.

Proses destilasi/pemurnian sampel

Pemurnian sampel dilakukan menggunakan rotary evaporator pada temperatur 78°C (Mulyadi, *et al.*, 2023). Kemudian, destilat hasil pemurnian dilakukan uji kualitatif dengan mereaksikan sampel masing-masing sebanyak 5 tetes menggunakan kalium dikromat 2% dan asam sulfat (Kolo, *et al.*, 2021). Setelah itu, destilat hasil pemurnian juga dilakukan analisis dan karakteristiknya menggunakan GCMS untuk mengetahui kadar etanol dan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi etanol serta pengujian organoleptik, pH, dan viskositas mengacu pada SNI (7390:2012).

Karakterisasi Bioetanol Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan melalui pengamatan visual secara langsung. Pengamatan ini mencakup penilaian terhadap setiap penampilan seperti warna, kejernihan, dan aroma dari sampel hasil fermentasi limbah serai wangi yang telah dilakukan pemurnian (Andana, *et al.*, 2020).

pH

Uji pH dilakukan menggunakan pH meter yang dibiarkan selama 15-30 menit agar stabil. Kemudian, elektroda dibilas menggunakan akuades dan dikeringkan dengan tisu. Setelah itu, elektroda dicelupkan kedalam setiap sampel uji sampai diperoleh pembacaan skala yang stabil (Syauqi dan Inasari, 2020)

Viskositas

Viskositas dilakukan menggunakan viskometer ostwald dengan cara mengukur waktu yang diperlukan pada setiap sampel uji untuk melewati pipa kapiler dari titik A ke titik B yang mengalir dalam pengaruh gaya gravitasi (Sulistiawan dan Nurdiansyah, 2022).

FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

Analisis FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) menggunakan spektrometer FT-IR *Shimadzu-8201pc*. Sampel uji ditetaskan pada pellet KBr lalu dikeringkan dan dianalisis dengan rentang gelombang 4000-400 cm⁻¹ (Noviani, *et al.*, 2014 dan Gamah, *et al.*, 2023).

GCMS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*)

Analisis GCMS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*) menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry Shimadzu QP-2010s*. Sampel uji diinjeksikan masing-masing sebanyak 1µL ke dalam instrumen sehingga diperoleh data waktu retensi dan area sampel pada kromatogram (Noviani, *et al.*, 2014 dan Anggriani, *et al.*, 2020)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Delignifikasi

Delignifikasi pada proses pembuatan bioetanol berfungsi untuk menghilangkan kadar lignin yang

dapat mengganggu proses hidrolisis. Struktur tanaman selulosa dan hemiselulosa dilindungi oleh lignin yang bersifat tahan terhadap degradasi asam sehingga dapat menyebabkan katalis asam sulit mengakses dan menghidrolisis selulosa dan hemiselulosa tersebut (Safitri, *et al.*, 2018). Penggunaan NaOH 14% pada penelitian ini berfungsi untuk merusak struktur lignin tanpa merusak kandungan selulosa serta konsentrasi 14% merupakan konsentrasi optimum dalam mendegradasi lignin dan meningkatkan selulosa (Herawati, 2021). Pada penelitian ini terjadi perubahan warna pada sampel sebelum didelignifikasi dari berwarna hijau kecoklatan menjadi coklat kehitaman dan struktur sampel menjadi lunak setelah didelignifikasi.

Hidrolisis

Hidrolisis bertujuan untuk mengkonversi selulosa menjadi glukosa. Zulnazri, *et al.*, (2024) melaporkan penggunaan katalis HCl pada hidrolisis bioetanol kulit pisang menghasilkan glukosa yang tinggi sehingga kadar etanol yang didapatkan juga cenderung lebih tinggi. Kemudian sampel disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan larutan (filtrat) dengan residu. Filtrat yang dihasilkan berwarna bening kekuningan dengan aroma seperti teh.

Kemudian untuk memastikan hasil filtrat merupakan glukosa dilakukan uji fehling a dan fehling b. Hasil yang didapatkan terdapat endapan merah bata pada tabung reaksi setelah dipanaskan yang menunjukkan bahwa hasil positif adanya glukosa. Aldehid teroksidasi menjadi asam karboksilat dan ion Cu^{2+} direduksi menjadi Cu^+ kemudian berikatan dengan ion OH^- membentuk endapan Cu_2O (merah bata).

Fermentasi

Fermentasi bertujuan untuk mengkonversi glukosa menjadi etanol menggunakan mikroba dalam keadaan anaerobik. Mikroba yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Saccharomyces cerevisiae* karena memiliki kemampuan fermentasi yang baik dalam mengkonversi glukosa menjadi etanol dan aman digunakan (Chusna, *et al.*, 2024). Penelitian Utari dan Daulay, (2024) mengenai bioetanol limbah ampas tebu menyatakan pH ideal *Saccharomyces cerevisiae* yaitu pH 4-4,5 dan suhu 25-30°C. Penambahan NPK 16% yaitu NPK dengan kadar nitrogen (N) 16%, fosfor (P) 16% dan kalium (K) 16% serta urea 46% yaitu urea dengan kadar nitrogen (46%) pada penelitian ini berfungsi sebagai nutrisi untuk mikroba.

Destilasi

Destilasi atau pemurnian pada penelitian ini menggunakan destilasi *rotary vacuum evaporator* karena menghasilkan destilat bioetanol yang lebih tinggi dibandingkan destilasi sederhana. Destilasi *rotary vacuum evaporator* memiliki tekanan yang lebih tinggi, sistem kondensasi, dan kondesor yang lebih baik dibandingkan destilasi sederhana sehingga menghasilkan destilat (etanol) yang lebih tinggi (Husin, *et al.*, 2022). Destilat sampel bioetanol limbah serai wangi yang dihasilkan dilakukan perhitungan persentase *yield*. Hasil data nilai *yield* bioetanol tertera

pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil data *yield*

Sampel	Volume Destilat (ml)	Volume Larutan Fermentasi (ml)	Yield (%)
3 hari	250	375	66
4 hari	300	375	80
5 hari	285	375	76
6 hari	270	375	72

Berdasarkan Tabel 1 persentase nilai *yield* mengalami peningkatan dihari ke-4 kemudian terjadi penurunan pada hari ke-5 dan 6. Menurut Riza, *et al.*, (2023) semakin lama waktu fermentasi maka volume destilat yang dihasilkan semakin besar sampai batas waktu tertentu dan kemudian mengalami penurunan. Penurunan *yield* bioetanol disebabkan karena kematian mikroba akibat kehabisan nutrisi yang memperlambat proses konversi etanol dan etanol yang dihasilkan terkonversi menjadi asam asetat.

Uji kualitatif bioetanol menggunakan 2% kalium dikromat dan asam sulfat menunjukkan hasil positif adanya etanol dengan perubahan warna sampel menjadi biru. Perubahan warna menjadi biru dikarenakan Cr^{6+} (kuning) tereduksi menjadi Cr^{3+} (biru) sehingga menyebabkan alkohol teroksidasi menjadi asam asetat.

Organoleptik

Pengujian organoleptik pada bioetanol limbah serai wangi bertujuan untuk mengevaluasi penampilan meliputi warna, bentuk, dan aroma sampel. Bioetanol yang dihasilkan pada hari ke-3,4,5, dan 6 yaitu berbentuk cairan jernih, tidak berwarna dan tidak terdapat endapan serta berbau menyengat khas alkohol. Hal ini sesuai dengan SNI (7390:2012) mengenai spesifikasi uji bioetanol yaitu jernih, tidak terdapat endapan dan berbau menyengat khas alkohol serta sejalan dengan penelitian Andana, *et al.*, (2020) yang melaporkan penampilan bioetanol yang dihasilkan yaitu jernih dan tidak berwarna serta memiliki aroma yang berbau menyengat khas alkohol.

pH

Nilai pH bioetanol pada hari ke-3 tidak memenuhi sedangkan pada hari ke-4,5 dan 6 memenuhi standar. Hasil data nilai pH dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil data pH

Sampel	Hasil	SNI (7390:2012)	Memenuhi/Tidak Memenuhi
3 hari	9,09		Tidak Memenuhi
4 hari	8,14	6,5-9,0	Memenuhi
5 hari	8,15		Memenuhi
6 hari	6,94		Memenuhi

Hal ini dikarenakan mikroba berada pada fase adaptasi sehingga etanol yang terbentuk pada hari

ketiga sangat sedikit dan tingginya pH juga dapat disebabkan oleh penambahan nutrisi yaitu urea yang bersifat basa. Namun pH pada hari ke 4,5 dan 6 mengalami penurunan, pada hari ke-4 memiliki pH sebesar 8,14, hari ke-5 sebesar 8,15 dan hari ke-6 sebesar 6,94. Hal ini dikarenakan glukosa telah terkonversi menjadi bioetanol oleh mikroba dan menghasilkan produk samping berupa asam-asam organik seperti asam asetat, asam piruvat, asam laktat dan asam suksinat sehingga menyebabkan pH menurun (Rizaldi, *et al.*, 2022).

Viskositas

Viskositas sampel bioetanol pada hari ke-3 viskositas bioetanol belum memenuhi standar. Namun pada hari ke-4,5 dan 6 memenuhi SNI (7390:2012) dengan nilai sebesar 1,17 Cp. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi maka semakin besar nilai viskositas yang didapatkan. Menurut Gulo, *et al.*, (2025) kemungkinan penyebab rendahnya viskositas bioetanol yaitu lama waktu fermentasi dan interaksi mikroba yang tidak optimal.

Selain itu, Farhani, *et al.*, (2025) menyatakan bahwa viskositas bioetanol yang rendah dapat disebabkan karena etanol yang dihasilkan kurang murni dan masih banyak mengandung pengotor seperti air dan produk samping hasil fermentasi pada bioetanol akibat proses destilasi yang belum optimal. Kadar etanol yang sedikit juga dapat menyebabkan nilai viskositas menjadi rendah. Muhammad, *et al.*, (2023) melaporkan viskositas bahwa semakin rendah kadar etanol maka semakin rendah pula nilai viskositas yang akan dihasilkan.

FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

Uji FTIR yang bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada sampel bioetanol limbah serai wangi. Hasil data spektrum IR bioetanol dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil data spektrum FTIR

Sampel	Bilangan gelombang (cm ⁻¹) dan gugus fungsi			
	OH	C-H	C=O	C-O
Etanol	3318	2963	-	1032
3 hari	3292	2321	1638	982
4 hari	3311	2362	1639	1018
5 hari	3312	2329	1645	1032
6 hari	3299	2334	1640	1040

Berdasarkan data spektrum, pada penelitian ini terdapat gugus fungsi -OH, C-H dan C-O yang menunjukkan adanya senyawa etanol. Sedangkan gugus

C=O menunjukkan adanya senyawa pengotor. Pada penelitian ini destilat sampel bioetanol yang didapatkan masih banyak mengandung produk samping atau senyawa pengotor dari fermentasi seperti asam asetat, metil ester, aseton, dan senyawa non etanol lainnya yang menunjukkan bahwa proses pemurnian yang dilakukan pada penelitian ini belum cukup murni.

GCMS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*)

Uji GCMS bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan senyawa yang terkandung dalam sampel bioetanol. Hasil data GCMS menunjukkan etanol terbentuk pada hari ke-4 dengan kadar etanol sebesar 98,39 % dan muncul pada waktu retensi 1,399 dengan massa molekul 46 pada *Mass spectrometry*. Hasil penelitian ini memiliki nilai waktu retensi yang tidak jauh berbeda dengan penelitian Simanjuntak, *et al.*, (2024) yang melaporkan bioetanol limbah kulit nanas memiliki waktu retensi sebesar 1,382 dengan kadar etanol sebesar 57,32% menggunakan analisis GCMS. Wandono, *et al.*, (2020) juga melaporkan penelitiannya mengenai bioetanol kulit nanas madu memiliki kadar etanol tertinggi pada hari ke-4 yaitu sebesar 95,66% dengan waktu retensi sebesar 1,238.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa fermentasi limbah serai wangi menghasilkan bioetanol terbaik pada hari ke-4 dengan kadar etanol sebesar 98,39% dan *yield* 80%. Bioetanol hari ke-4 memiliki karakteristik yang telah memenuhi SNI (7390:2012) yaitu berbentuk cairan jernih, tidak berwarna, tidak memiliki endapan dan berbau menyengat khas alkohol serta pH (8,14) dan viskositas (1,17 Cp). Spektrum IR menunjukkan adanya gugus fungsi khas etanol yaitu OH, C-H, C-O, dan C=O. Hasil GCMS menunjukkan adanya etanol pada waktu retensi 1,399 dengan massa molekul 46.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih diberikan kepada dosen pembimbing, Ibu Occa Roanisca, S.P., M.Si dan Bapak A. Arsyadi, S.Si., M.Si., M.Agr atas bimbingan dan dukungannya dalam penelitian ini. Terimakasih juga kepada Universitas Bangka Belitung atas fasilitas yang diberikan serta kepada keluarga dan rekan-rekan atas motivasi dan dukungannya. Semoga artikel ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

REFERENSI

- A'yun, Q., Hermana, B., dan Kalsum, U. 2021. Analisis Rendemen Minyak atsiri Serai Wangi (*Cymbopogon nardus (L.)*) pada Beberapa Varietas. *Jurnal Pertanian Presisi (Journal of Precision Agriculture)*, 4(2), pp. 160-173.
- Andana, A.D. 2020. Penggunaan Antioksidan Sebagai Upaya untuk Menghambat Proses Oksidasi

- Bioetanol dari Singkong Karet (*Manihot glaziovii*). *Unesa Journal of Chemistry*, 9(1), pp. 36-43.
- Anggriani, D., Kalsum, U., dan Nurjannah, N. 2020. Pengaruh Konsentrasi Enzim Silanase dan *Saccharomyces Cerevisiae* dalam Pembuatan Bioethanol dari Limbah Kulit Singkong dengan Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan. *Journal of Chemical Process Engineering*, 5(2), pp. 44-49.
- Azrin, M., Bahri, S., Nurlaila, R., Meriatna, M., Muarif, A., dan Fibarzi, W.U. 2023. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kulit Kopi Secara Fermentasi Menggunakan Ragi Roti. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 3(2), pp. 151-162.
- Bahndral, A., Shams, R., Dash, K. K., Ali, N. A., Shaikh, A. M., dan Kovács, B. 2024. *Microwave assisted extraction of cellulose from lemon grass: Effect on techno-functional and microstructural properties*. *Journal of Agriculture and Food Research*, 16, pp. 101170.
- Chusna, F.M.A., Cahaya, S., dan Aprianita, S. 2024. Optimasi Pembuatan Bioetanol dari Limbah Bonggol Jagung Berdasarkan Beda Waktu Fermentasi dan Berat Ragi. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(1), pp. 8140-8145.
- Farhani, I., Sawitri, I., Hariningsih, P.D., Farida, I., dan Sumarna, O. 2025. Bioetanol dari Limbah Sekam Padi sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Energi: Energi, Manufaktur, dan Material*, 9(1), pp. 009-016.
- Fitri, A.S., dan Fitriana, Y.A.N. 2020. Analisis Senyawa Kimia pada Karbohidrat. *Sainteks*, 17(1), pp. 45-52.
- Gamah, G., Nastiti, K., dan Aryzki, S. 2023. Profil Senyawa Alkaloid dengan Metode Spektroskopi Inframerah (FTIR) dan Penetapan Kadar Total Alkaloid dari Ekstrak Daun Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.). *Journal Pharmaceutical Care and Sciences*, 4(1), pp. 168-181.
- Gulo, K.H. 2024. Analisis Bioethanol Berbahan Ampas Sagu (*Metroxylon Spp*) dengan Metode Separated Hydrolysis and Fermentation (Shf) Berbantuan Katalis Asam Sulfat (H₂SO₄) dan Enzimatik (*Doctoral dissertation*, Unimed).
- Herawati, N. 2021. Pembuatan Bioetanol dari Rumput Gajah dengan Proses Hidrolisis Asam. *Jurnal Redoks*, 6(1), pp. 35-51.
- Husin, H., Susanti, D., Masykur, M., dan Athaillah, T. 2022. Pengaruh Suhu dan Waktu Destilasi pada Ekstraksi dan Destilasi Sederhana Tape Singkong. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, 8(2), pp. 324-333.
- Kolo, S. M. D., Presson, J., dan Amfotis, P. 2021. Produksi Bioetanol Sebagai Energi Terbarukan dari Rumput Laut *Ulva Reticulata* Asal Pulau Timor. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 17(2), pp. 159.
- Muhammad, M., Sulhatun, S., Jalaluddin, J., Meriatna, M., dan Marpaung, S.A. 2023. Karakterisasi Bioetanol dari Pelepah Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 12(1), pp. 34-48.
- Mulyadi, D., Mulyani, R., dan Hidayah, L. 2023. Pengaruh Konsentrasi Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) pada Proses Fermentasi Limbah Kulit Buah Sukun (*Artocarpus altilis*) dalam Pembuatan Bioetanol. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 4(3), pp. 154-161.
- Noviani, H., Supartono, S., dan Siadi, K. 2014. Pengolahan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sengon Laut Menjadi Bioetanol Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2).
- Permana, P. 2020. Kombinasi Jerami Padi dan Limbah Penyulingan Serai Wangi Fermentasi dalam Ransum terhadap Kecernaan Bahan Kering (KCBK), Bahan Organik (KCBO), dan Protein Kasar (KCPK) Secara *In Vitro* (*Doctoral dissertation*, Universitas Andalas).
- Riza, M.A., Azhari, A., Bahri, S., Ibrahim, I., dan Suryati, S. 2023. Produksi Bioetano dari Nira Aren Melalui Proses Fermentasi Menggunakan Ragi Roti. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 3(2), pp. 236-246.
- Rizaldi, L.H., Rinjani, F.U., dan Amrullah, S. 2022. *The effect of fermentation time on bioethanol levels from sugar cane (saccharum officinarum)*. *Jurnal Agrotek Ummat*, 9(3), pp. 182-189.
- Safitri, R., Anggita, I.D., Safitri, F.M., dan Ratnadewi, A.A.I. (2018). Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dalam Proses Hidrolisis Selulosa dari kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus costaricensis*) untuk Produksi Bioetanol. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar Vol. 9*, pp. 438-442.
- Simanjuntak, F.L.B., Yerizam, M., dan Meidinariasty, A. 2024. Pemanfaatan Limbah Kulit Nanas Menjadi Bioetanol dengan Variasi Konsentrasi Ragi dan Lama Fermentasi. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(4).
- Sulistiawan, A., dan Nurdiansyah, D. 2022. Pengembangan Bioetanol dari Umbi Iles-Iles dengan Metode Fermentasi Hidrolisisat untuk Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 17(3), pp. 455.
- Syauqi, A., dan Inasari, S.S. 2020. Pemanfaatan Limbah Kulit Nanas (*Ananas comosus L.*) Menjadi Bioetanol dengan Penambahan Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) yang Berbeda. *Buletin Loupe*, 16(02), pp. 67-73.

- Utari, D., dan Daulay, A.H. 2024. Optimasi Waktu Fermentasi untuk Peningkatan Kualitas Bioetanol dari Limbah Ampas Tebu. *Jurnal Redoks*, 9(1), pp. 17-22.
- Wandono, E.H., Kusdiyantini, E., dan Hadiyanto, H. 2020. Efektivitas Limbah Kulit Kering Nanas Madu (*Ananas comosus l. Merr*) untuk Pembuatan Bioetanol dengan Proses Fermentasi dan Distilasi. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 1(2), pp. 45-53.
- Zulnazri, Z., Muarif, A., Dewi, R., dan Authar, M. 2024. Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Raja Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dengan Metode Hidrolisis dan Fermentasi. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 4(2), pp. 278-288.