

Bioetanol dari Limbah Sekam Padi sebagai Sumber Energi Terbarukan

Intan Farhani¹
Indah Sawitri²
Pramita Desi Hariningsih³
Ida Farida⁴
Omay Sumarna⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Kimia, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Setiabudhi No.229, Bandung

¹Korespondensi penulis: intanfarhani@upi.edu

Article Info: Received: December 04, 2024 Accepted: March 05, 2025 Available online: April 12, 2025

DOI: 10.30588/jeemm.v9i1.2052

Abstract: The purpose of this research is to make laboratory-scale bioethanol from agroindustrial waste, namely rice husk through hydrolysis, fermentation, and distillation methods, determine %yield, and characterize bioethanol. The method used was experimental. The results and conclusions obtained are bioethanol that smells like tape, colorless with %yield as much as 3,32%, density of 0.8818 g/mL, viscosity of 0.7408 cP, and blue flame formed during the flame test. Based on the characterization results, the bioethanol obtained has not met the SNI standards, which is suspected because it still contains water content caused by less pure ethanol from the distillation process.

Keywords: biofuels, bioethanol, lignocellulosa, rice husk, energy

Abstrak: Tujuan penelitian ini adalah membuat bioetanol skala laboratorium dari limbah agroindustri, yaitu sekam padi melalui metode hidrolisis, fermentasi, dan destilasi, menentukan %yield, dan mengkarakterisasi bioetanol. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan melibatkan proses hidrolisis, fermentasi, dan destilasi. Hasil dan kesimpulan yang didapatkan yaitu bioetanol berupa cairan tidak berwarna yang berbau seperti tape dengan %yield sebanyak 3,32%, massa jenis sebesar 0.8818 g/mL, viskositas sebesar 0.7408 cP, dan terbentuk api berwarna biru pada saat uji nyala. Berdasarkan hasil karakterisasi, bioetanol yang didapatkan belum memenuhi standar SNI 7390:2008 yang diduga karena masih mengandung kadar air yang disebabkan oleh kurang murninya etanol hasil proses destilasi.

Kata Kunci: bahan bakar nabati, bioetanol, lignoselulosa, sekam padi, energi

I. Pendahuluan

Bioetanol merupakan bahan bakar nabati organik yang digunakan sebagai alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Proses produksi bioetanol melibatkan berbagai tahapan operasi yang bertujuan menghasilkan etanol berkualitas tinggi dari biomassa lignoselulosa, sebuah sumber daya terbarukan yang dapat mendukung keberlanjutan lingkungan. Biomassa ini biasanya berasal dari limbah pertanian yang memiliki biaya rendah, ketersediaan melimpah, dan terdiri dari komponen utama seperti selulosa, hemiselulosa, serta lignin [1]. Salah satunya adalah bioetanol dari limbah agroindustri, yaitu sekam padi.

Sekam padi (RH) menyumbang sekitar 20% dari berat total gabah dan merupakan limbah agroindustri yang murah dan melimpah. Namun, pemanfaatan kembali limbah ini, terutama RH, masih sangat terbatas, sehingga berpotensi menyebabkan polusi yang signifikan. Oleh karena itu, mengolah RH secara efisien menjadi produk bernilai tambah akan memberikan manfaat

ekonomi sekaligus mendukung pelestarian lingkungan [2]. Pada penelitian ini sekam padi digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

Bahan bakar nabati menawarkan sejumlah manfaat penting. Pertama, bahan ini mudah diperoleh karena berasal dari biomassa yang melimpah dan tersedia secara luas [3]. Kedua, pembakarannya menghasilkan siklus karbon dioksida (CO_2) yang seimbang, sehingga tidak meningkatkan akumulasi CO_2 di atmosfer [6]. Ketiga, bahan bakar nabati memiliki potensi besar untuk mendukung aplikasi ramah lingkungan. Keempat, penggunaannya memberikan manfaat yang signifikan dalam aspek lingkungan, ekonomi, dan kesejahteraan konsumen. Terakhir, sifatnya yang dapat terurai secara hayati (biodegradable) mendukung keberlanjutan dengan mengurangi dampak lingkungan, memperbaiki kualitas udara, membantu mitigasi perubahan iklim, dan mendorong ekonomi sirkular [4,5,6,7]. Bioetanol memiliki potensi untuk mengurangi ketergantungan pada impor minyak bumi, meningkatkan neraca pembayaran dan ketahanan energi suatu negara [8]. Produksi bioetanol yang hemat biaya tidak hanya memenuhi permintaan bahan bakar fosil tetapi juga mengurangi kenaikan harga, meningkatkan permintaan bahan baku [9].

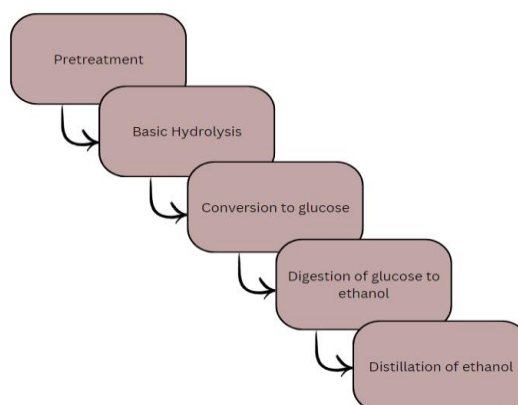
Sebuah studi membahas siklus hidup produksi bioetanol dari limbah biomassa seperti tongkol jagung, jerami jagung, dan jerami gandum. Proses melibatkan perlakuan awal, hidrolisis, fermentasi, dan distilasi. Hasilnya menunjukkan bahwa tongkol jagung memiliki manfaat energi bersih tertinggi dan dampak lingkungan terendah dibandingkan bahan baku lainnya. Penelitian ini memberikan dasar teoritis untuk pengolahan hijau bioetanol dan pemanfaatan produk sampingan bernilai tinggi seperti xilosa dan lignin [10]. Dengan demikian, diperlukan studi lanjutan mengenai pembuatan bioetanol dari sumber lain. Tujuan penelitian ini adalah membuat bioetanol skala laboratorium dari limbah agroindustri, yaitu sekam padi melalui metode hidrolisis, fermentasi, dan destilasi, menentukan %yield, dan mengkarakterisasi bioetanol.

II. Bahan dan Metode

2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah limbah sekam padi yang berasal dari Kabupaten Bandung, NaOH 5%, ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Alat yang digunakan adalah peralatan kaca, grinder, mesh 60, oven, neraca analitik, pH meter, kertas saring, hot plate, set alat destilasi, termometer, magnetic stirrer, krus, piknometer, viskometer.

2.2 Tahapan Riset



Gambar 1. Sistematika Kegiatan

2.2.1 Pengumpulan limbah Sekam Padi dan perlakuan awal

Merujuk pada penelitian Tulashie (2021) dengan beberapa modifikasi, bahan baku dicuci menggunakan air mengalir selanjutnya dikeringkan menggunakan oven selama 2 hari pada suhu 50°C. Sekam padi selanjutnya dihaluskan menggunakan grinder dan diayak menggunakan mesh 60. Limbah serbuk sekam padi yang telah diolah sebelumnya ditimbang sebanyak 100 g dan dimasukkan ke dalam kantong plastik agar aman dari pengaruh kelembaban [11].

2.2.2 Perlakuan Alkali Awal

Tahap pertama pretreatment alkali dari sampel serbuk sekam padi dilakukan dengan menggunakan larutan NaOH 5% (b/b) pada suhu 60°C selama 2 jam dengan rasio padatan dan cairan sebesar 1: 10 b/b. Setelah pretreatment, sampel campuran serbuk sekam padi dibilas hingga mencapai pH netral 7-8 dan kemudian disaring secara vakum dan disimpan pada suhu 4°C untuk digunakan di kemudian hari [12].

2.2.3 Hidrolisis Basa dan Fermentasi

Merujuk pada penelitian Tulashie (2021) dengan beberapa modifikasi, tiga puluh gram (25 g) ragi diinokulasikan ke setiap hidrolisat untuk fermentasi. Sebelum penambahan ragi, hidrolisat dipindahkan ke dalam bejana fermentasi untuk menyediakan area permukaan yang luas dan untuk memungkinkan fermentasi berlangsung secara efektif. Fermentasi dilakukan pada suhu kamar 30°C. *Saccharomyces cerevisiae* dipilih untuk proses fermentasi karena merupakan mikroorganisme yang paling sering digunakan untuk fermentasi bioetanol. Periode fermentasi adalah 12 hari. Reaksi fermentasi adalah antara zymase, kompleks enzim yang mengkatalisis fermentasi gula menjadi etanol dan karbon dioksida, dan hidrolisat [11].

2.2.4 Distilasi

Merujuk pada penelitian Tulashie (2021), distilasi dilakukan dalam kisaran suhu 78 hingga 83 °C. Distilasi diulang sebanyak 2 kali untuk memastikan bahwa bioetanol murni telah terkumpul. Hasil etanol yang diperoleh disimpan dalam botol kaca [11].

2.3.5 Karakterisasi

Karakterisasi bioetanol yang dihasilkan dilakukan dengan menguji densitas, viskositas, dan uji nyala. Uji densitas menggunakan piknometer, uji viskositas menggunakan viskositas Ostwald, dan uji nyala dilakukan di krus dengan sumber api berasal dari korek api. Hasil akhir densitas diukur sebagai g/mL, viskositas sebagai cPa dan digunakan pula viskositas air sebagai pembanding, kemudian dalam uji nyala hanya diamati secara langsung ada atau tidaknya api.

III. Hasil dan Pembahasan

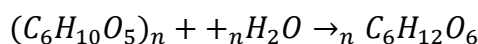
3.1 Proses Hidrolisis

Hidrolisis merupakan proses terurainya senyawa kimia kompleks menjadi komponen yang lebih sederhana dengan bantuan air. Proses ini melibatkan reaksi antara molekul air dengan senyawa yang dihidrolisis. Hidrolisis selulosa adalah spesifik dari hidrolisis yang terjadi pada selulosa, yaitu polisakarida yang merupakan komponen utama dinding sel tanaman. Proses ini memecah selulosa menjadi monomer gula penyusunnya yaitu glukosa.

Proses hidrolisis selulosa dapat dilakukan dengan berbagai cara hidrolisis, salah satunya adalah hidrolisis basa. Hidrolisis basa merupakan proses pemecahan selulosa menjadi gula

sederhana dengan menggunakan larutan basa sebagai katalis. Katalis yang digunakan adalah natrium hidroksida (NaOH). Dalam hidrolisis selulosa, basa membantu memecah ikatan β -1,4-glikosida dalam struktur selulosa.

Dalam penelitian, sekam padi yang digunakan sebanyak 100 gram dengan menggunakan larutan NaOH 5% sebanyak 1000 mL. Campuran ini dipanaskan pada suhu 60 C dan diaduk menggunakan *stirrer* dengan kecepatan 350 rpm selama 2 jam. Setelah itu dicuci menggunakan air sampai pH netral. Reaksi umum dari hidrolisis selulosa menjadi glukosa adalah sebagai berikut:



Jumlah selulosa yang terkandung di dalam sekam padi adalah 50%. Sehingga, secara stoikiometri dapat diketahui kadar bioetanol yang dihasilkan. Kandungan selulosa dalam 100 gram sekam padi:

$$100 \text{ gram} \times 0,5 = 50 \text{ gram selulosa}$$

Massa molar dari selulosa ($C_6H_{10}O_5$) adalah 162,1406 g/mol. Sehingga dapat diketahui jumlah mol dari selulosa:

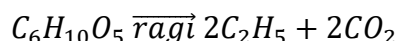
$$n = \frac{\text{massa}}{Mr} = \frac{50 \text{ gram}}{162,1406 \text{ g/mol}} = 0,308 \text{ mol.}$$

Dari 1 mol selulosa dapat menghasilkan 1 mol glukosa, sehingga jumlah mol glukosa yang dihasilkan sekitar 0,308 mol.

3.2 Proses Fermentasi

Fermentasi merupakan proses biologis yang berlangsung dalam kondisi anaerob, di mana ragi mengubah glukosa menjadi etanol dan karbon dioksida. Kondisi fermentasi, seperti suhu, pH, dan konsentrasi substrat, sangat mempengaruhi efisiensi proses. Suhu ideal untuk aktivitas enzimatis ragi biasanya berkisar antara 30–35°C, sedangkan pH optimal berada pada rentang 4,0–5,5. Dalam proses ini, suhu berada pada suhu kamar yaitu sekitar 25-27°C. Adapun pH berada direntang 5-6,5. Keberadaan senyawa penghambat seperti lignin sisa hidrolisis juga perlu diperhatikan, karena dapat menurunkan aktivitas ragi. Oleh karena itu, langkah pra-perlakuan sekam padi untuk memisahkan lignin dari fraksi selulosa dan hemiselulosa menjadi penting guna memastikan hasil fermentasi yang optimal.

Proses fermentasi dalam pembuatan bioetanol dari sekam padi melibatkan konversi glukosa menjadi etanol oleh mikroorganisme ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Glukosa yang dihasilkan dari hidrolisis basa lignoselulosa dipecah oleh enzim dalam ragi melalui proses glikolisis dan fermentasi alkohol. Reaksi utama dalam fermentasi sebagai berikut:



Persamaan ini menunjukkan bahwa satu molekul glukosa menghasilkan dua molekul etanol (C_2H_5OH) dan dua molekul karbon dioksida (CO_2). Dalam konteks stoikiometri, kadar selulosa dalam sekam padi adalah 50% dari total massa. Dari persamaan ini, kita dapat menghitung banyaknya etanol yang akan dihasilkan secara teoritis:

$$\begin{aligned} \text{mol ETOH} &= 2 \times \text{mol glukosa} = 2 \times 0,308 \text{ mol} = 0,616 \text{ mol} \\ \text{volume etanol} &= \frac{\text{mol ETOH} \times \text{mr. ETOH}}{\rho_{\text{ETOH}}} = \frac{0,616 \text{ mol} \times 46 \text{ g/mol}}{0,789 \text{ g/mL}} = 35,91 \text{ mL} \end{aligned}$$

3.3 Destilasi

Setelah proses fermentasi selesai, campuran yang dihasilkan tidak hanya mengandung etanol dan air, tetapi juga berbagai komponen lain seperti residu seluler, garam mineral, dan senyawa organik lainnya. Oleh karena itu, tahap pemurnian sangat diperlukan untuk memperoleh etanol dengan kemurnian tinggi. Salah satu metode yang umum digunakan adalah distilasi, yang memanfaatkan perbedaan titik didih antara etanol (76–78,37°C) dan air (100°C). Proses ini dilakukan dengan memanaskan campuran secara bertahap, sehingga menghasilkan uap yang kaya akan etanol. Uap ini kemudian dikondensasikan menjadi cairan dengan kemurnian yang lebih tinggi. Untuk meningkatkan kemurnian etanol hingga mencapai batas azeotrop (sekitar 95,6% etanol dan 4,4% air), distilasi bertingkat sering digunakan. Jika diperlukan pemisahan lebih lanjut dari campuran azeotrop, teknik tambahan seperti penggunaan agen pemisah (misalnya sikloheksana) atau teknologi distilasi tekanan variabel dapat diterapkan. Volume etanol yang dihasilkan dari proses destilasi ini adalah 56,75mL, dengan %yield dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Ethanol yield (\%)} &= \frac{[ETOH]_f - [ETOH]_0}{0,511 \times f \times [biomassa]_0 \times 1,111} \times 100\% \\ &= \frac{1L - 0,05675L}{0,511 \times 0,5 \times 100 \frac{mg}{L} \times 1,111} \times 100\% = 3,32\% \end{aligned}$$

Volume yang didapatkan jauh lebih besar dari volume teoritis, diduga bahwa destilat yang didapatkan masih mengandung senyawa lain yang tidak terpisahkan secara sempurna.

Kelebihan destilasi meliputi kesederhanaan proses dan kemampuan untuk menghasilkan etanol dengan kemurnian tinggi. Namun, destilasi memiliki beberapa kekurangan, seperti konsumsi energi yang tinggi, terutama pada tahap penguapan, dan keterbatasan dalam memisahkan campuran azeotrop tanpa menggunakan teknik tambahan seperti distilasi azeotropik atau penambahan bahan kimia. Meskipun demikian, distilasi tetap menjadi metode pemisahan yang andal dan banyak digunakan dalam skala laboratorium maupun industri.

4 Karakterisasi Bioetanol

4.1 Densitas

Densitas merupakan pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi densitas (massa jenis) suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya [13]. Dalam penelitian ini, maka densitas yang dimaksud adalah massa bioetanol (gram) dalam setiap volume (mL). Untuk mengetahui densitas dari suatu cairan, yang dalam kasus ini ialah bioetanol, maka dilakukan menggunakan piknometer. Adapun cara menghitungnya adalah sebagai berikut:

$$\rho = \frac{(\text{massa piknometer} + \text{bioetanol}) - \text{massa piknometer kosong}}{\text{volume bioetanol}}$$

Berdasarkan rumus tersebut, maka didapatkan densitas bioetanol adalah 0,8818 g/mL.

Untuk mengetahui apakah bioetanol yang didapat dapat bekerja dengan baik pada mesin kendaraan, maka diperlukan standar untuk bioetanol tersebut. Berdasarkan SNI 7390:2008 mengenai Spesifikasi Uji Bioetanol, untuk densitas pada 25°C adalah 0,786 g/mL. Sehingga, apabila ditarik kesimpulan, maka densitas dari bioetanol yang didapatkan masih belum masuk ke dalam standar nasional untuk dijadikan sebagai bahan bakar. Diduga yang menyebabkan

adanya perbedaan yang cukup jauh dari standar ini adalah kandungan air dalam bioetanol masih tinggi dikarenakan proses destilasi yang dilakukan belum sempurna dengan tidak dilakukannya destilasi bertingkat. Selain itu dalam pengukuran densitas, suhu ruang pengujian juga dapat menjadi faktor lain yang membedakan nilai densitas tersebut. Namun, jika dibandingkan dengan percobaan sebelumnya yang telah dilakukan oleh peneliti lain dalam membuat bioetanol dari sumber nabati didapatkan densitas 0,8969 g/mL [14] dan 0,879 g/mL [15]. Sehingga dapat disimpulkan bahwa memang untuk memurnikan etanol dengan cara destilasi ini masih sedikit sulit untuk dilakukan dengan sangat sempurna dan perlu ditingkatkan lagi untuk ketelitiannya.

4.2 Viskositas

Viskositas merupakan ukuran kekentalan fluida yang menyatakan besar kecilnya gesekan dalam fluida. Semakin besar viskositas fluida, maka semakin sulit suatu fluida untuk mengalir dan juga menunjukkan semakin sulit suatu benda bergerak didalam fluida tersebut [16]. Dalam pengujian karakterisasi viskositas ini, dilakukan menggunakan viskometer ostwald dengan spesifikasi 2 mL, App No.1050 603. Selain bioetanol, dilakukan juga pengujian viskositas dari aquades untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk mengalir dan melakukan perbandingan dengan rumus sebagai berikut:

$$\eta_{bioetanol} = \frac{\rho_{bioetanol} \times t_{bioetanol}}{\rho_{aquades} \times t_{aquades}} \times \eta_{aquades}$$

Dari rumus perhitungan tersebut, didapatkan viskositas dari bioetanol adalah 0,7408 cP.

Hasil viskositas yang didapatkan kemudian dibandingkan kembali pada nilai standar yang telah ditetapkan. Berdasarkan SNI 7390:2012 pada 25°C viskositas bioetanol seharusnya bernilai 1,17 cP. Apabila dibandingkan antara viskositas yang didapatkan dengan standar SNI, maka dapat dilihat bahwa adanya perbedaan yang cukup jauh. Hal ini juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Sama halnya dengan densitas, kadar air yang masih banyak dalam bioetanol, menyebabkan kecilnya nilai viskositas. Karena apabila semakin rendah nilai viskositas artinya kekentalan dari suatu cairan/fluida juga semakin rendah sehingga cairan dapat bergerak dengan cepat. Selain itu, suhu saat pengujian juga dapat menjadi salah satu faktor eksternal yang dapat diperhatikan.

4.3 Uji nyala

Pada bahan bakar/pelumas kendaraan biasanya akan diuji terlebih dahulu titik nyala dan juga titik api untuk mengetahui kualitasnya. Apabila semakin tinggi titik nyala dan titik api, maka semakin sulit untuk terbakar maka semakin baik untuk kendaraan. Pada penelitian pembuatan bioetanol ini, tidak dilakukan secara spesifik mengenai titik nyala dan titik api ini. Namun, dilakukan uji nyala saja untuk mengetahui keberadaan etanol dalam bioetanol yang telah diperoleh. Maka dari itu dengan pengujian ini dapat dibuktikan apakah etanol ini telah dimurnikan dengan baik atau belum.



Gambar 2. Uji nyala

Pada pengujian uji nyala ini, didapatkan hasil nyala api pada bioetanol. Adapun warna dari api yang dihasilkan ialah biru kemudian menjadi oranye dengan lama nyala api lebih dari 20 detik. Dari hasil uji nyala ini, maka dapat dipastikan ada etanol murni yang didapatkan pada bioetanol ini. Namun, karena ada sisa air saat api telah mati, maka dapat dipastikan juga bahwa cairan yang tidak habis saat dilakukan uji nyala ini merupakan air yang ikut saat proses destilasi.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan dari percobaan yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bioetanol berhasil didapatkan sebanyak 56,75 mL dengan ciri-ciri memiliki bau khas seperti tape, tidak berwarna, dan %yield sebanyak 3,32%. Selain itu, hasil pengujian dari berbagai macam karakterisasi didapatkan massa jenis sebesar 0.8818 g/mL, viskositas sebesar 0.7408 cP, dan terbentuk api berwarna biru pada saat uji nyala. Berdasarkan hasil karakterisasi, bioetanol yang didapatkan belum memenuhi standar SNI yang diduga karena masih mengandung kadar air yang disebabkan oleh kurang murninya etanol hasil proses destilasi.

Daftar Pustaka

- [1] Limayem and S. C. Ricke, 2012, Lignocellulosic biomass for bioethanol production: current perspectives, potential issues and future prospects, *Progress in Energy and Combustion Science*, 38, pp. 449-467
- [2] Ngoc Thuy Nguyen, Nhat Thong Tran, Tan Phat Phan, Anh Thu Nguyen, My Xuyen T. Nguyen, Nguyen Ngan Nguyen, Young Ho Ko, Dai Hai Nguyen, Tran T.T. Van, DongQuy Hoang. (2022). The extraction of lignocelluloses and silica from rice husk using a single biorefinery process and their characteristics. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.12.032>.
- [3] Reijnders, L. Conditions for the Sustainability of Biomass Based Fuel Use. *Energy Policy* **2006**, 34, 863–876. [Google Scholar] [CrossRef]
- [4] Balat, M. An Overview of Biofuels and Policies in the European Union. *Energy Sources Part B Econ. Plan. Policy* **2007**, 2, 167–181. [Google Scholar] [CrossRef]
- [5] Demirbaş, A. Biofuels Sources, Biofuel Policy, Biofuel Economy and Global Biofuel Projections. *Energy Convers. Manag.* **2008**, 49, 2106–2116. [Google Scholar] [CrossRef]
- [6] Balat, M. Global Trends on the Processing of Biofuels. *Int. J. Green Energy* **2008**, 5, 212–238. [Google Scholar] [CrossRef]
- [7] Bozbas, K. Biodiesel as an Alternative Motor Fuel: Production and Policies in the European Union. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2008**, 12, 542–552. [Google Scholar] [CrossRef]
- [8] Szulczyk, K.R.; McCarl, B.A.; Cornforth, G. Market Penetration of Ethanol. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2010**, 14, 394–403. [Google Scholar] [CrossRef]
- [9] Maurya, R.K.; Agarwal, A.K. Experimental Study of Combustion and Emission Characteristics of Ethanol Fuelled Port Injected Homogeneous Charge Compression Ignition(HCCI) Combustion Engine. *Appl. Energy* **2011**, 88, 1169–1180. [Google Scholar] [CrossRef]

- [10] Yin, T., Huhe, T., Li, X., Wang, Q., Lei, T., & Zhou, Z. (2024). Research on Life Cycle Assessment and Performance Comparison of Bioethanol Production from Various Biomass Feedstocks. *Sustainability*, 16(5), 1788. <https://doi.org/10.3390/su16051788>
- [11] Tulashie, S. K., Akpari, E. E. A., Appiah, G., Adongo, A., & Andoh, E. K. (2021). *Acid hydrolysis of sawdust waste into bioethanol. Biomass Conversion and Biorefinery.* doi:10.1007/s13399-021-01725-
- [12] Trevorah, Raymond Martin, Othman, Maazuza Z., Alkali Pretreatment and Enzymatic Hydrolysis of Australian Timber Mill Sawdust for Biofuel Production, *Journal of Renewable Energy*, 2015, 284250, 9 pages, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/284250>
- [13] Sagel,R., Kole,P., (1993), Pedoman Pengerjaan Beton, Jakarta, Erlangga
- [14] Glory Ominua Donuata, Fani K.Y., Serangmo, Immanuel Gauru. 2019 Pembuatan Bioetanol Skala Laboratorium sebagai Bahan Bakar Alternatif untuk Pengembangan Energi Terbarukan dari Bahan Baku Serbuk Kulit Pisang Kepok (Musa paradisiaca formatypica. Jurnal Ilmiah - JTM. Vol. 2 No. 2, Halaman: 47-52
- [15] Alexander Christian. 2024. Studi Eksperimental Pembuatan Bioetanol dari Sekam Padi Terhadap Nilai Kemurnian dan Karakteristik Bioetanol. Jurnal Ilmiah JTM. Volume 13 Nomor 02 Tahun 2024, Hal 1-6
- [16] Mutmainnah, Siti. (2008). Skripsi Pembuatan Counter waktu pada percobaan viskositas berbasis mikrokontroler HRS8000. UIN. Malang