

## **ANALISIS KADAR BIOETANOL DARI LIMBAH CAIR PULP KAKAO MENGGUNAKAN ADSORBEN ABU SEKAM PADI**

**La Harimu<sup>1\*</sup>, Haeruddin<sup>2</sup>, Wa Ode Mulyana<sup>3</sup>, Cahyana Mandasari<sup>4</sup>, Afrianti S. Lamuru<sup>5</sup>, Mahirullah<sup>6</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Universitas Halu Oleo, Kampus Hijau Bumi Tridharma, Anduonohu, Kec. Kambu, Kota Kendari, 93232

<sup>5,6</sup>Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jalan Perintis Kemerdekaan KM.10 Tamalanrea, Makassar, 90245

\*E-mail: harim\_l@yahoo.co.id

Riwayat Article

Received: 08 September 2025; Received in Revision: 28 September 2025; Accepted: 29 September 2025

### **Abstract**

Bioethanol as an alternative energy source is an ethanol compound made from plants that contain starch or carbohydrate/sugar components, such as cocoa plants. One component of cocoa beans is pulp, which contains 8-15% glucose, making it highly potential as a raw material for ethanol production through fermentation. The purpose of this study was to examine the bioethanol content analysis of cocoa pulp fermentation based on pH, yeast content, and fermentation duration. The research method consisted of starter preparation, fermentation, separation, and the process of increasing the ethanol content of the fermentation product by adding rice husk ash adsorbent. Fermented cocoa pulp samples containing ethanol were added with rice husk ash before distillation. The ethanol distillate obtained was measured using an Alcohol Meter. The results showed that fermentation time and yeast content affected the bioethanol content of the cocoa pulp produced. The optimal fermentation time obtained was 6 days with a bioethanol content of 4.73%. The optimal yeast content for the starter (the weight of the starter is 1% of the fermented cocoa pulp sample) was obtained at a ratio of 1 gram of yeast to 1% starter. The bioethanol content obtained with the addition of rice husk ash increased from 5.06% to 8.52%.

Keywords: Cocoa Pulp, Rice Husk Ash, Bioethanol, Fermentation.

### **Abstrak**

Bioethanol sebagai sumber energi alternatif merupakan senyawa etanol yang dibuat dari tanaman yang mengandung komponen pati atau karbohidrat/gula seperti dari tanaman kakao. Salah satu komponen biji kakao adalah pulp yang mengandung glukosa 8-15% sehingga sangat potensial untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan etanol melalui proses fermentasi. Tujuan penelitian ini yaitu mempelajari analisis kadar bioethanol dari hasil fermentasi pulp kakao berdasarkan factor pH, kadar ragi, dan lama fermentasi. Metode penelitian ini terdiri dari pembuatan starter, fermentasi, pemisahan dan proses peningkatan kadar etanol hasil fermentasi dengan penambahan adsorben abu sekam padi. Sampel pulp kakao hasil fermentasi yang mengandung etanol ditambahkan dengan abu sekam padi sebelum di destilasi. Destilat etanol yang diperoleh diukur kadarnya menggunakan Alcohol Meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu fermentasi dan kadar ragi mempengaruhi kadar bioethanol dari pulp kakao yang dihasilkan. Lama fermentasi optimal yang diperoleh adalah 6 hari dengan kadar bioethanol sebesar 4,73%. Kadar ragi optimal terhadap starter (berat starter adalah 1 % dari sampel pulp kakao yang difermentasi) diperoleh pada kondisi dengan perbandingan 1 gram ragi: 1% starter. Kadar bioethanol yang diperoleh dengan penambahan abu sekam padi mengalami peningkatan dari 5,06% menjadi 8,52%.

Keywords: Pulp Kakao, Abu Sekam Padi, Bioethanol, Fermentasi

## **1. Introduction**

Sulawesi Tenggara (Sultra) merupakan salah satu daerah penghasil kakao terbesar di Indonesia. Luas lahan kakao di Sulawesi Tenggara mencapai 250.000 hektar dengan produksi 145.818 ton (BADAN PUSAT STATISTIK INDONESIA, 2024). Salah satu komponen biji kakao adalah pulp yang mengandung glukosa 8-15% yang sangat berpotensi sebagai baku pembuatan etanol melalui proses fermentasi yang selama ini masih jarang dilakukan oleh petani kakao Sulawesi Tenggara. Kendala utama petani kakao di Sulawesi Tenggara tidak melakukan fermentasi karena sisa pulp hasil fermentasi yang berupa asam jika dibuang akan mencemari lingkungan terutama

lingkungan tanah dan air. Selain itu pengetahuan masyarakat akan proses fermentasi dan hubungannya dengan peningkatan mutu biji kakao belum memadai.

**Tabel.1.** Komponen Senyawa pada Pulp Kakao

| Senyawa                                   | Kadar (%) |
|-------------------------------------------|-----------|
| Air                                       | 83-86     |
| Gula (D-glukosa, D-fruktosa, dan sukrosa) | 11-13     |
| Pektin                                    | 0,5-1,2   |
| Asam sitat                                | 0,3-1,3   |
| Serat                                     | 0.1-1     |

Sumber: (Medan & Rosniati, 2014)

Berdasarkan data Tabel1. Menjelaskan bahwa limbah pulp kakao memiliki kadar glukosa yang cukup besar sehingga dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi. Cairan lendir pulp yang dihasilkan dari proses fermentasi satu ton biji kakao dapat mencapai 75-100liter dengan bau yang tidak sedap, sehingga dapat mencemari lingkungan (Medan & Rosniati, 2014). Dalam 1ton pulp kakao dapat menghasilkan 1.034,7liter cairan pulp kakao, dan dalam 1 liter pulp kakao dapat dihasilkan 50 mL etanol. Beberapa peneliti telah memanfaatkan limbah pulp kakao menjadi etanol atau bennerapa produk lain melalui proses fermentasi. memanfaatkan limbah pulp kakao menjadi etanol dengan memvariasikan lama fermentasi dan konsentarsi starter(Klis et al., 2023; Musafira et al., 2021).

Karakterisasi Pulp Kakao (*Theobroma cacao* L) dari Halmahera Selatan sebagai Bahan Baku alternatif produksi Bioetanol mengandung senyawa yang berfungsi sebagai pengendali gulma dari fermentasi adalah asam asetat yang merupakan lanjutan fermentasi dari etanol (Roini et al., 2019). Karim et al., (2023)melakukan fermentasi kulit buah kakao secara hidrolisis enzimatik untuk menghasilkan bioetanol. Limbah pulp kakao juga dapat diolah menjadi produk minuman dengan menggunakan enzim tertentu dengan aroma yang khas. Upaya ini merupakan produk yang bernilai dari pulp kakao merupakan pendekatan penting untuk membuat pertanian kakao lebih berkelanjutan dan memberi nilai tambah pada buah kakao (Palupi & Laily Susanti, 2024; Pratiwi Tenriawaru et al., 2020; Zulfa et al., 2017)

Pemisahan dan pemurnian etanol dari campuran berair umumnya dilakukan dengan proses destilasi. Namun pemurnian etanol dengan metode destilasi hanya mampu menghasilkan etanol dengan kemurnian 94,5-95% karena terbentuknya kondisi azeotrope yaitu kondisi kedua cairan atau lebih memiliki titik didih dan komposisi konstan sehingga tidak dapat dipisahkan dengan destilasi sederhana(Rezk et al., 2023). Untuk mendapatkan etanol dengan kadar yang lebih tinggi membutuhkan metode lain atau kombinasi dua metode agar lebih selektif dan memperoleh etanol yang lebih tinggi lagi. Salah satu caranya adalah menggabungkan metode destilasi dan metode adsorpsi menggunakan adsorben abu sekam padi yang dapat mengikat komponen air dan pengotor dari dari cairan pulp kakao hasil fermentasi pada saat didestilasi(Rezk et al., 2022). (Musafira et al., 2021) memanfaatkan abu sekam padi sebagai adsorben untuk meningkatkan kualitas Minyak Mandar. Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini yaitu mempelajari kombinasi metode destilasi dan adsorpsi menggunakan adsorben sekam padi untuk meningkatkan kadar bioethanol yang terbuat dari limbah pulp kakao yang pemanfaatannya selama ini belum optimal sebagai sumber bioethanol.

## 2. Methodology

Bahan yang digunakan adalah etanol p.a (99,5%), aquades, cairan pulp kakao, ragi tape (*Saccharomyces cerevisiae*), abu sekam padi, dan aluminium foil. Peralatan yang digunakan antara lain: gelas kimia 600 mL (pyrex), labu Erlenmeyer 100 mL(pyrex), alcoholmeter (Traller • Range: 0 - 200 Proof), corong kaca (pyrex), spatula, pengaduk, timbangan analitik (OHAUS PX224 PIONEER), magnetic stirrer dan seperangkat alat destilasi (Pyrex 250MI)

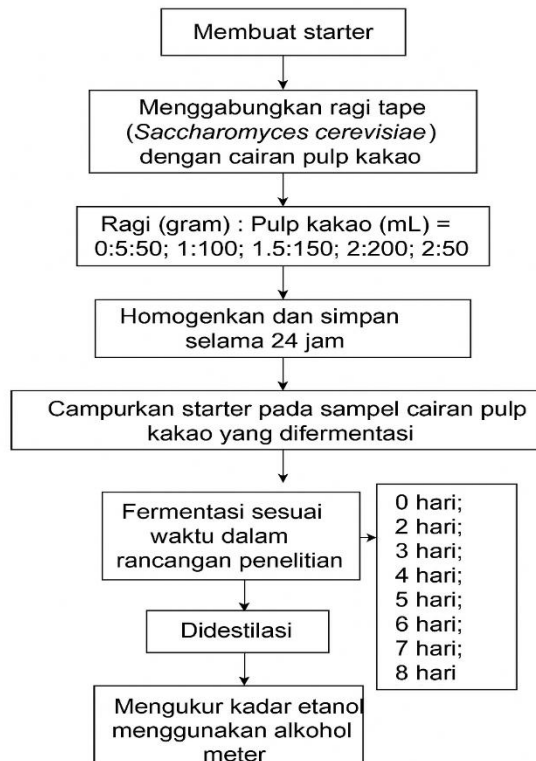
### 2.1. Persiapan Adsorben Abu Sekam Padi

Sampel limbah abu sekam padi ditimbang 1 kg dimasukkan dalam baskom, dicuci menggunakan air kran sampai bersih yaitu tidak ada lagi pengotor yang terapung di atas permukaan air. Selanjutnya dicuci kembali dengan aquades dan dikeringkan menggunakan sinar matahari sampai kering atau menggunakan oven pada suhu 105°C.

## 2.2. Penyiapan Cairan Pulp Kakao

Buah kakao dibersihkan kemudian dikupas. Selanjutnya dipisahkan bagian kulit, plasenta, biji yang diselubungi pulp, dan cairan. Bagian biji, plasenta, dan cairan selanjutnya di peram dalam karung bersih selama 5 jam dan cairan yang keluar ditampung untuk selanjutnya difermentasi sesuai dengan waktu dan kadar ragi yang diuji.

## 2.3. Pembuatan Bioetanol dari Cairan Pulp Kakao dengan Penambahan Adsorben Abu Sekam Padi



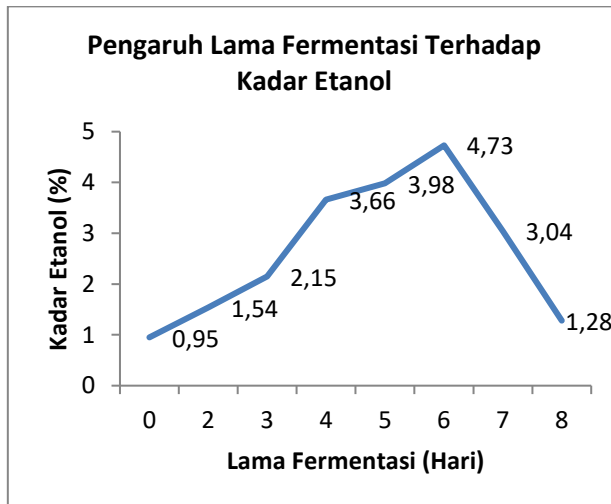
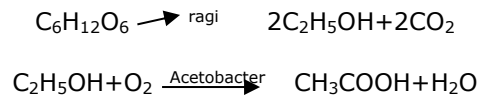
**Gambar 1.** Diagram Alir pembuatan bioethanol

Sebelum fermentasi dilakukan terlebih dahulu dibuat starter yaitu dengan mencampurkan ragi tape (*Saccharomyces cerevisiae*) dengan berbagai berat terhadap cairan pulp kakao yang beratnya 1% dari berat atau volume sampel dengan perbandingan ragi (gram): dengan pulp kakao (mL) adalah (0,5: 50; 1:100; 1,5:150; 2:200; 2,5:250) . Dalam penelitian ini sampel yang difermentasi 500 mL maka volume starter adalah 50 mL yang dicampur dengan ragi sesuai rancangan kemudian dihomogenkan dan disimpan selama 24 jam. Starter siap untuk dicampurkan pada sampel cairan pulp kakao yang difermentasi. Sampel yang telah dicampur homogen dengan starter selanjutnya difermentasi sesuai waktu dalam rancangan penelitian (waktu fermentasi 0 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari, 5 hari, 6 hari, 7 hari, dan 8 hari). Hasil fermentasi pulp kakao sebelum didestilasi ditambahkan abu sekam padi dan selanjutnya didestilasi dan destilat ditampung untuk diukur kadar etanolnya menggunakan alcohol meter

## 3. Result and Discussion

### 3.1. Pengaruh Lama Fermentasi

Faktor waktu fermentasi mempengaruhi kadar etanol dari pulp kakao yang dihasilkan. mengalami penurunan diakibatkan reaksi Oleh karena dilakukan optimasi lama fermentasi terhadap kadar etanol. Berdasarkan hasil analisis kadar bioetanol hasil fermentasi pulp kakao yang dihasilkan pada variasi lama fermentasi diperoleh hasil yang berbeda untuk setiap lama fermentasi seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Reaksi fermentasi gula pulp kakao menjadi etanol dan reaksi lanjutan alkohol menjadi asam asetat sebagai berikut :



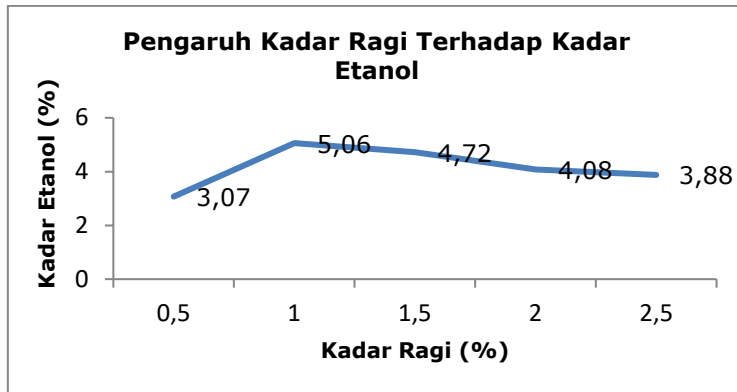
**Gambar 2.** Graffik hubungan lama fermentasi terhadap kadar etanol

Berdasarkan hasil data pada Gambar 1 menunjukkan bahwa lama fermentasi berpengaruh terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan. Semakin lama waktu fermentasi maka kadar bioetanol yang dihasilkan makin tinggi sampai kondisi optimum dan terbaik diperoleh pada lama fermentasi 6 hari dengan kadar bioetanol 4,73%. Hasil ini sudah cukup baik karena kadar glukosa pada pulp kakao yang difermentasi adalah 8-13%. Sebelum waktu fermentasi optimum kadar bioetanol masih rendah dan terus mengalami peningkatan hingga lama fermentasi optimum. Pada lama fermentasi optimum hampir semua glukosa yang terdapat pada pulp kakao telah terfermentasi secara sempurna menjadi bioetanol. Pada waktu awal fermentasi produksi etanol yang dihasilkan masih rendah. Hal ini kemungkinan disebabkan karena belum semua glukosa yang terdapat pulp kakao dikonversi menjadi etanol oleh ragi *Saccharomyces cerevisiae*.

Pada lama fermentasi optimum semua glukosa yang ada telah berubah menjadi etanol, dan setelah waktu optimum bertambahnya waktu fermentasi justru menurunkan kadar etanol. Hal kemungkinan disebabkan karena sebagian etanol yang ada terfermentasi lanjut menjadi asam cuka. Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya terkait lama fermentasi mempengaruhi jumlah bioetanol dari fermentasi limbah kulit pisang Ambon (Budiastuti et al., 2023). Kristiani et al., (2015) melaporkan bahwa fermentasi pulp kakao untuk menghasilkan bioetanol juga dipengaruhi oleh waktu fermentasi dan optimal pada waktu fermentasi 5 hari. Fermentasi etanol akan menghasilkan etanol sebagai produk utama. Selain itu akan dihasilkan juga karbondioksida dan asam-asam organik seperti asam piruvat, asam suksinat, asam laktat dan asam-asam lainnya. Asam-asam yang dihasilkan sebagai produk sampingan inilah dengan bertambahnya waktu setelah waktu optimum menyebabkan kadar etanol akan mengalami penurunan (Beigbeder et al., 2021).

### 3.2. Pengaruh Penambahan Ragi Pada Pembuatan Starter

Kadar bioetanol yang dihasilkan diharapkan maksimal sehingga parameter-parameter yang berpengaruh pada proses fermentasi sangat penting untuk dioptimasi. Selain lama waktu fermentasi, kadar ragi juga mempengaruhi kadar etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi. Kadar bioetanol yang dihasilkan pada kadar ragi yang berbeda pada pembuatan starter ditunjukkan pada Gambar 2.

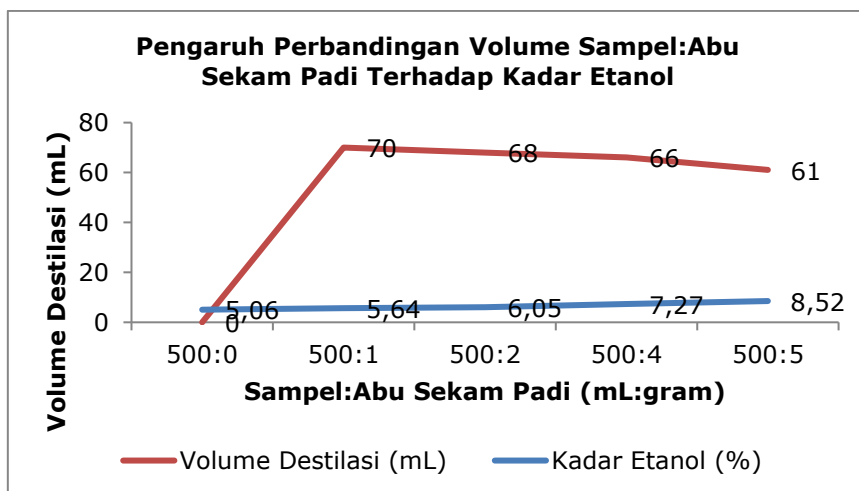


**Gambar 3.** Grafik pengaruh kadar ragi terhadap kadar etanol

Berdasarkan data pada Gambar 2 menunjukkan bahwa kadar ragi berpengaruh terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan. Pada kadar ragi rendah jumlah mikroba yang ada tidak mampu mengolah atau merubah substrat gula menjadi bioetanol. Naiknya kadar etanol dari fermentasi pulp kakao disebabkan oleh aktivitas mikroba di awal fermentasi melakukan pertumbuhan. Etanol yang dihasilkan akan naik selama fermentasi berasal dari perombakan gula dalam cairan pulp kakao. Produk yang dihasilkan dari fermentasi, selain etanol dan gas CO<sub>2</sub> adalah asam asetat, asam butirat, asam laktat, asetaldehida dan lain-lain. Sebaliknya pada kadar yang terlalu tinggi akan terjadi persaingan antar mikroba untuk memperebutkan makanan (substrat) yang selanjutnya diubah menjadi alkohol. Kadar ragi optimal diperoleh pada perbandingan kadar ragi terhadap jumlah substrat adalah 1% (0,5 gram ragi tape yang dicampurkan dengan 50 mL cairan pulp kakao). Beigbeder et al., (2021) juga melaporkan bahwa kadar produk etanol yang tinggi dari proses fermentasi dipengaruhi oleh kadar ragi dan konsentrasi substrat.

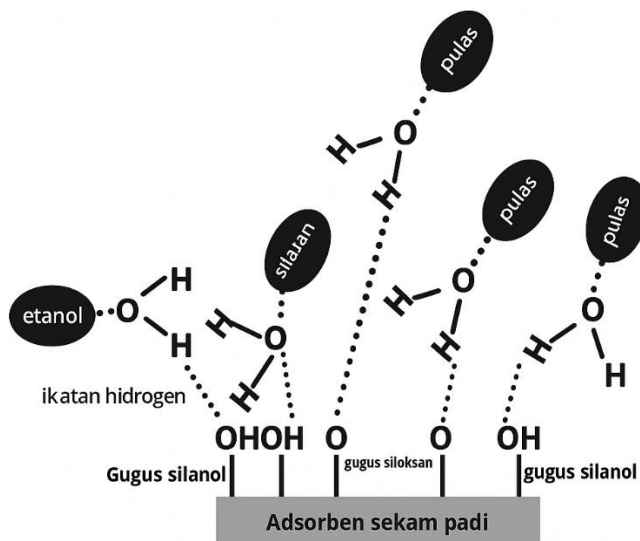
### 3.3. Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi pada cairan pulp kakao hasil fermentasi

Abu sekam padi mempunyai kandungan utamanya yang dapat bertindak sebagai adsorben adalah silika dalam bentuk SiO<sub>2</sub> dengan kandungan 86,90-97,30% (La Harimu dkk., 2019). Silika yang dihasilkan dari abu sekam padi memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan silika mineral, yaitu silika sekam padi memiliki butiran halus, lebih reaktif, diperolehnya pun dengan cara mudah dan biaya yang relatif lebih murah. Hasil kandungan bioetanol yang dihasilkan sebelum dan setelah penambahan abu sekam padi pada saat dilakukan destilasi ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 4.** Grafik perbandingan volume sampel pulp: massa abu sekam padi terhadap volume dan kadar etanol

Berdasarkan hasil pada Gambar 3 menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi mempengaruhi kadar etanol yang dihasilkan. Selain itu penambahan abu sekam padi juga mengurangi volume destilat yang dihasilkan. Peningkatan kadar etanol disebabkan karena silika yang terdapat pada abu sekam padi dapat menyerap molekul air atau etanol serta molekul lain serta pengotor pada cairan pulp kakao yang didestilasi.



**Gambar 5.** Mekanisme reaksi pengikatan molekul air pada etanol oleh adsorben sekam padi melalui gugus silanol dan siloksan

Adsorben silika mempunyai sifat polar sehingga gugus silanol dan siloksan pada silika juga turut berinteraksi dengan hidroksi pada etanol maupun molekul air. Senyawa lain yang terdapat larutan juga teradsorpsi dalam system pori-pori silika (Agung M et al., 2013; Musafira et al., 2021). Molekul etanol lebih tidak mudah teradsorpsi jika dibandingkan dengan molekul air. Hal ini disebabkan karena molekul air lebih polar dari etanol sehingga gugus silanol dan siloksan lebih mudah berinteraksi dengan gugus hidroksi pada air. Selain itu ukuran molekul etanol lebih besar dari molekul air sehingga lebih sukar masuk ke dalam system pori silika sehingga akan lebih mudah menguap. Hal ini sejalan dengan penelitian Rezk et al., (2023) bahwa molekul etanol mempunyai ukuran yang lebih besar sehingga lebih sukar untuk teradsorpsi ke dalam system pori silika. Namun demikian juga terjadi pengurangan volume destilat meskipun terjadi peningkatan kadar etanol. Hal ini disebabkan karena baik molekul air maupun etanol juga turut teradsorpsi meskipun molekul yang lebih mudah teradsorpsi dalam silika abu sekam padi adalah molekul air. Penyerapan etanol dalam silika bervariasi dari 12% hingga 34% selama destilasi bertingkat atau bersiklus, sampai 22% yang teradsorpsi akan lepas atau menguap kembali dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi. Selain itu, mobilitas etanol lebih rendah untuk masuk ke dalam system pori-pori silika pada abu sekam padi sehingga etanol pada pulp kakao pada saat proses destilasi lebih mudah menguap (Harimu et al., 2019; Rezk et al., 2022).

#### 4. Conclusion

Kesimpulan berisi inti dan jawaban secara sederhana pada tujuan penelitian yang diperkenalkan. Hasil penelitian Analisis Kadar Bioetanol Dari Limbah Cair Pulp Kakao Menggunakan Adsorben Abu Sekam Padi mempunyai hasil kadar etanol yang berbeda jika dibandingkan dengan tanpa penambahan abu sekam padi dengan peningkatan dari kadar 5,06% menjadi 8,52%. Kadar bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi pulp kakao dipengaruhi oleh lama fermentasi dan kadar ragi pada pembuatan starter. Lama fermentasi optimum adalah 6 hari dan dengan kadar ragi 1%. Pemanfaatan abu sekam padi sebagai adsorben untuk meningkatkan kadar bioetanol menjadi salah satu solusi alternatif pemurnian etanol hasil fermentasi sekaligus memanfaatkan limbah abu sekam padi.

#### References

- Agung M, G. F., Hanafie Sy, M. R., & Mardina, P. (2013). Ekstraksi Silika Dari Abu Sekam Padi Dengan Pelarut KOH. *Konversi*, 2(1), 28. <https://doi.org/10.20527/k.v2i1.125>
- BADAN PUSAT STATISTIK INDONESIA. (2024). *Statistik Kakao di Indonesia*.
- Beigbeder, J.-B., Maria de Medeiros Dantas, J., Lavoie, J.-M., Dantas, M., Di Bella, G., & Tropea, A. (2021). Optimization of Yeast, Sugar and Nutrient Concentrations for High Ethanol

- Production Rate Using Industrial Sugar Beet Molasses and Response Surface Methodology. *Fermentation*, 7(86), 2–16. <https://doi.org/10.3390/fermentation>
- Budiastuti, H., Indana Zulfa, S., Sihombing, N., Hermawati Muhari, E., Soeswanto, B., Widiastuti, E., & Pullammanappallil, P. (2023). Effect of Fermentation Time on the Production of Ambon Banana. *INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED TECHNOLOGY RESEARCH*, 4(1), 17–28. <https://ijatr.polban.ac.id/>
- Harimu, L., Rudi, L., Haetami, A., & Ayu Pratiwi Santoso, G. (2019). Studi Variasi Konsentrasi NaOH Dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Untuk Memurnikan Silika Dari Abu Sekam Padi Sebagai Adsorben Ion Logam Pb<sup>2+</sup> DAN Cu<sup>2+</sup>. In *J. Chem. Res* (Vol. 6, Issue 2).
- Karim, Abd., Permatasari, N. U., & Ananda, St. N. (2023). Optimization of Bioethanol Production by Enzymatic Hydrolysis and Fermentation From Rind Cocoa Fruit (*Theobroma Cacao* L). *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 12(2), 137–146. <https://doi.org/10.15294/jbat.v12i2.44363>
- Klis, V., Pühn, E., Jerschow, J. J., Fraatz, M. A., & Zorn, H. (2023). Fermentation of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Pulp by *Laetiporus persicinus* Yields a Novel Beverage with Tropical Aroma. *Fermentation*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/fermentation9060533>
- Kristiani, P. K., Ode Sabarudin, L., & Melati, R. (2015). *Waktu Optimum Fermentasi Limbah Pulp Kakao (Theobroma cacao L.) Menggunakan Kulit Bakau (Sonneratia sp.) Dalam Produksi Bioetanol*.
- Medan, Y., & Rosniati. (2014). Pengaruh Konsentrasi Starter Dan Lama Fermentasi Pulp Kakao Terhadap Konsentrasi Etanol. *Biopropal*, 5(1), 13–22.
- Musafira, Dzulkifli, Hikmah, & Nizar. (2021). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Peningkatan Kualitas Minyak Mandar. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 7(1), 83–88. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2021.v7.i1.15494>
- Palupi, H. T., & Laily Susanti. (2024). Pengaruh lama fermentasi terhadap karakteristik ekstrak pulp biji kakao (*Theobroma cacao* L). *Teknologi Pangan : Media Informasi Dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 15(1), 155–161. <https://doi.org/10.35891/tp.v15i1.4963>
- Pratiwi Tenriawaru, E., Destinugrainy Kasi, P., Supu, I., Palopo, C., Palopo, K., & Selatan, S. (2020). Analisis Sifat Fisik Bioselulosa Berbahan Dasar Limbah Pulp Kakao. *Cokroaminoto Journal of Biological Science*, 2(1), 6–11.
- Rezk, A., Gediz Ilis, G., & Demir, H. (2022). Experimental study on silica gel/ethanol adsorption characteristics for low-grade thermal driven adsorption refrigeration systems. *Thermal Science and Engineering Progress*, 34. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2022.101429>
- Rezk, A., Olabi, A. G., Alami, A. H., Radwan, A., Demir, H., Rahman, S. M. A., Shah, S. K., & Abdelkareem, M. A. (2023). Experimental Study on Utilizing Silica Gel with Ethanol and Water for Adsorption Heat Storage. *Energies*, 16(1). <https://doi.org/10.3390/en16010444>
- Roini, C., Asbirayani Limatahu, N., Mulya Hartati, T., & Sundari. (2019). Characterization of Cocoa Pulp (*Theobroma cacao* L) from South Halmahera as an Alternative Feedstock for Bioethanol Production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 276(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/276/1/012038>
- Zulfa, F., Fitriya, D., & Rismayanti, D. (2017). Karakteristik Kimia Dan Sensori Nata De Cocoa Dari Kulit Buah Dan Pulpa Coklat (*Theobroma cocoa* L). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, X(2).