

PRODUKSI DAN UJI KARAKTERISTIK BIOETANOL DARI KULIT PISANG RAJA (*MUSA PARADISIACA*)

Ahmad Nabil Hakim

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: ahmadnabil.19048@mhs.unesa.ac.id

Muhaji

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: muhaji61@unesa.ac.id

Abstrak

Jumlah kendaraan yang meningkat pesat menyebabkan kebutuhan bahan bakar juga meningkat khususnya bensin. Bioetanol merupakan salah satu alternatif bahan bakar yang dapat menjadi solusi sebagai pengganti atau campuran bensin. Kulit pisang raja dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol karena memiliki kandungan karbohidrat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis volume dan kadar etanol yang dihasilkan dari proses distilasi menggunakan batu apung sebagai adsorben dengan variasi ukuran mesh 60, 70 dan 80. Larutan alkohol 5% digunakan untuk meniru hasil fermentasi dari kulit pisang raja kemudian didistilasi sebanyak lima kali. Pada distilasi ketiga ditambahkan variasi ukuran batu apung mesh 60, 70 dan 80 dan ukuran terbaik akan digunakan untuk distilasi berikutnya. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa ukuran batu apung paling optimal adalah mesh 70 dengan perolehan distilasi 188 ml dengan kadar 87,9%.

Kata Kunci: bioetanol, kulit pisang raja, batu apung

Abstract

The rapid increase in the number of vehicles has led to a corresponding rise in fuel demand, especially for gasoline. Bioethanol is one of the alternative fuels that can serve as a solution to replace or mix with gasoline. The peel of the Cavendish banana can be utilized as a raw material for bioethanol production due to its carbohydrate content. The objective of this study is to analyze the volume and ethanol content produced from the distillation process using pumice stone as an adsorbent with variations in mesh sizes of 60, 70, and 80. A 5% alcohol solution is used to simulate the fermentation results of Cavendish banana peels, which is then distilled five times. In the third distillation, variations in the mesh sizes of the pumice stone (60, 70, and 80) are introduced, and the optimal size will be used for subsequent distillation. The results of this study indicate that the optimal pumice stone size is mesh 70, yielding 188 ml of distillation with an ethanol content of 87.9%.

Keywords: bioethanol, banana peels, pumice stone

PENDAHULUAN

Jumlah kendaraan yang meningkat pesat pada tahun-tahun ini menjadi permasalahan bagi ketersediaan bahan bakar khususnya bensin. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) pada 2022, terdapat peningkatan tertinggi pada jumlah sepeda motor pribadi sebanyak 125 juta unit, dan mobil penumpang sebanyak 17,2 juta unit. Penggunaan BBM secara berkelanjutan mengakibatkan penurunan cadangan energi, yang berpotensi menyebabkan kelangkaan sumber daya energi. Maka, guna mencapai ketahanan energi pada masa yang akan datang, Indonesia perlu mengencangkan upaya pengembangan dan peralihan menuju pemanfaatan sumber energi terbarukan. (Afriyanti dkk., 2020).

Dalam *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2021*, konsumsi BBM menduduki peringkat pertama yakni sebanyak 235.941.000 *Barrel of Oil Equivalent* (BOE) di tahun 2021 dengan peningkatan sebesar 13.602.000 BOE dari tahun 2020. Sedangkan pemakaian BBM pada kendaraan bermotor dengan RON 90 (Pertalite) sebesar 135.766.000 BOE di tahun 2021, dan

105.729.000 BOE di tahun 2020. Ini artinya terdapat peningkatan sebesar lebih dari tiga puluh juta BOE.

Menurut Satuan Kerja Khusus Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi (SKK Migas) produksi minyak bumi per 31 Agustus 2022 sebanyak 606,4 ribu barel per hari (bph). Menurut Martha, 2022 & Purwanti, 2022 menyebutkan kebutuhan Indonesia akan minyak mentah mencapai 1,4 juta bph. Dengan kondisi seperti ini pemerintah mengimpor minyak mentah untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Indonesia. Menurut BPS Indonesia (2022) impor migas Indonesia mencapai 42.126.330 ton selama tahun 2021.

Mengacu pada Peraturan Presiden Indonesia No. 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional. Dalam upaya mengamankan pasokan energi nasional, salah satunya adalah mengembangkan sumber energi alternatif pengganti bahan bakar minyak (BBM) yang dapat diperbarui. Salah satu bentuk energi alternatif yang dapat diperbarui adalah bahan bakar nabati (*biofuel*), salah satunya bioetanol (Rodionova *et al.*, 2017).

Menurut Prihandana dkk., (2007) bioetanol direkayasa dari biomassa (tanaman) melalui proses biologi (enzimatik dan fermentasi) yang bahan bakunya memiliki kandungan

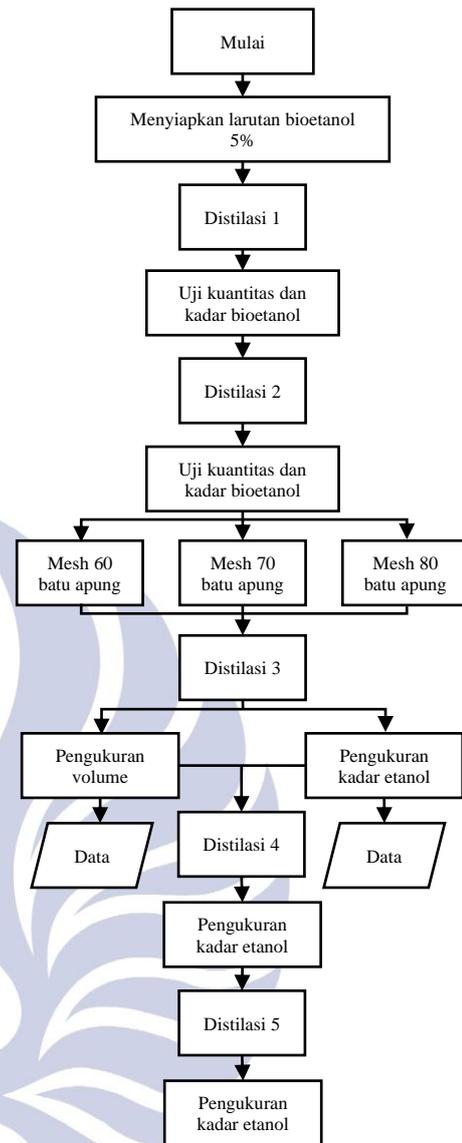
pati, gula dan selulosa. Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif dimana bahan bakunya terbuat dari tumbuhan yang memiliki kadar pati tinggi, kemudian difermentasi menjadi etanol atau etil alkohol (C_2H_5OH) (Sanjiwani dkk., 2018). Bioetanol dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar bensin (pertalite/pertamax) (Hariono dkk., 2021).

Bahan baku yang berpotensi untuk produksi bioetanol salah satunya adalah kulit pisang. Buah pisang merupakan buah yang banyak tumbuh di Indonesia. Jumlah produksi yang besar membuat tingkat konsumsi pada buah pisang sangat tinggi. Dengan kata lain, hal ini akan membuat masalah baru yakni limbah kulit pisang yang juga tinggi (Herliati dkk., 2008). Menurut BPS Indonesia (2022), jumlah produksi pisang di Indonesia pada tahun 2020 adalah sebesar 8,18 juta ton dan pada tahun 2021 menjadi 8,74 juta ton.

Pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai sumber bioetanol, merupakan sumber yang sangat potensial karena memiliki kandungan karbohidrat sebesar 59%, protein kasar 0,9%, lemak kasar 1,7%, serat kasar 31,7% dan beberapa kandungan mineral didalamnya seperti potasium 78,1%, kalsium 19,2%, besi 24,3% dan mangan 24,3% (Anhwange, 2008). Sedangkan Musita, 2009 dalam penelitiannya didapati bahwa kandungan pati resisten dari kulit pisang raja sebesar 30,66%, pisang tanduk 29,60%, pisang ambon 29,37%, pisang kepok kuning 27,70%, pisang kepok manado 27,21%, pisang nangka 26,28%. Dalam penelitian Aryani, dkk., (2018) karbohidrat yang terkandung dalam tepung kulit pisang raja adalah sebesar 83,31% (Djunaedi, 2006), 73,98% (Aryani, dkk., 2018), 58,43% (Syahrudin, 2015). Sedangkan untuk kandungan selulosa pada kulit pisang raja adalah 14,58% (Fariha, dkk., 2020). Kandungan karbohidrat dan pati yang tinggi pada limbah kulit pisang memiliki potensi yang bagus untuk menjadi bahan baku bahan bakar alternatif yaitu bioetanol. Selain karena kandungan karbohidrat dan pati yang tinggi juga karena pisang merupakan tanaman yang dapat berbuah setiap saat tanpa mengenal musim (Hartono dkk., 2013).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yang melibatkan penggunaan data kuantitatif. Penelitian ini dirancang untuk mengukur keterkaitan variabel bebas dan variabel terikat, yaitu dengan cara mengatur variabel bebas secara sistematis untuk mengamati dampaknya terhadap variabel terikat.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Waktu dan Tempat Penelitian

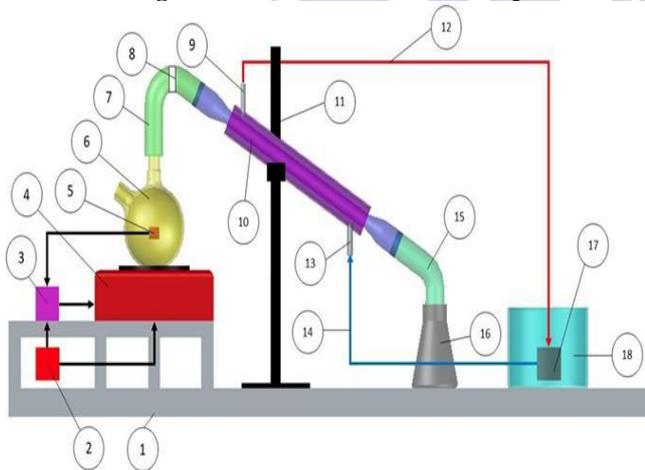
- Waktu penelitian
Penelitian dilakukan pada rentang bulan Januari 2024 – Maret 2024
- Tempat penelitian
Proses distilasi dilakukan di Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.
- Variabel penelitian
Variable penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah
 - Variabel bebas dalam penelitian ini adalah ukuran batu apung mesh 60, 70 dan 80.
 - Variabel terikat adalah kadar dan volume bioetanol yang dihasilkan dari proses distilasi ketiga.
 - Variabel kontrol yaitu: larutan alkohol 5%, batu apung dari toko FADIN_OS yang dihaluskan sesuai ukuran mesh 60, 70, 80 dan berat 7 gram. Proses distilasi menggunakan titik didih bioetanol pada

suhu 78°C, sementara batu zeolit dipanaskan pada suhu 120°C selama 30 menit.

Alat dan Bahan

- 1) Labu distilasi berkapasitas 1000 ml
- 2) Kompor listrik 300 watt
- 3) Timbangan digital
- 4) Gelas ukur
- 5) Bend connector
- 6) Filter crucible
- 7) Condensor liebig
- 8) Statif klem
- 9) Thermocontrol
- 10) Thermocouple
- 11) Elenmeyer 250ml
- 12) Alkoholmeter
- 13) Tempat menampung wadah air
- 14) Pompa aquarium
- 15) Selang air
- 16) Saringan mesh 60, 70 dan 80
- 17) Batu apung
- 18) Alat penumbuk
- 19) Es batu dan air

Gambar Rangkaian Alat dan Instrumen Eksperimen



Gambar 2. Rangkaian Alat Distilasi

Keterangan:

- 1) Dudukan alat
- 2) Sumber Listrik (AC 220V)
- 3) Thermocontrol
- 4) Kompor listrik (600W)
- 5) Thermocouple
- 6) Labu distilasi kapasitas 1000 ml
- 7) Bend Connector
- 8) Filter Crucible
- 9) Lubang keluar
- 10) Kondensor liebig
- 11) Statif dan klem
- 12) Selang keluar
- 13) Lubang masuk
- 14) Selang masuk
- 15) Bend tube
- 16) Elenmeyer 250 ml
- 17) Pompa aquarium
- 18) Wadah penampung air

Prosedur Penelitian

- Tahap persiapan
 - Menyiapkan 500 ml larutan alkohol 5% dengan mencampur alkohol 100% dan air dengan perbandingan 25 ml : 475 ml.
- Tahap distilasi 1 dan 2
 - Menyiapkan peralatan untuk melakukan proses distilasi
 - 500 ml larutan alkohol 5% dimasukkan ke dalam labu distilasi dan dipanaskan pada titik didih bioetanol, yaitu pada suhu 78°C.
 - Dalam pelaksanaan distilasi, es batu dimasukkan ke dalam wadah air untuk menjaga kondensor Liebig tetap dalam keadaan dingin.
 - Setelah proses distilasi 1, larutan bioetanol diperoleh dan selanjutnya diukur volumenya serta kadar etanol menggunakan alkoholmeter.
 - Selanjutnya, dilakukan tahap distilasi kedua untuk meningkatkan konsentrasi bioetanol yang dihasilkan kemudian setelah selesai ukur kembali volume dan kadar etanol.
- Tahap distilasi adsorpsi
 - Menghaluskan dan menyaring batu apung dengan ukuran mesh 60, 70 dan 80.
 - Batu apung dipanaskan menggunakan oven pada suhu 120°C selama 30 menit.
 - Menimbang batu apung 7 gram dan masukkan ke dalam filter crucible.
 - 300 ml larutan hasil distilasi 2 dimasukkan ke dalam labu distilasi dan dipanaskan di atas kompor pada temperatur 78°C.
 - Catat hasil volume dan kadar hasil distilasi dari pemakaian variasi ukuran batu apung
 - Distilasi 3 sampai 5 menggunakan 300 ml larutan hasil distilasi sebelumnya dimasukkan ke dalam labu distilasi dan dipanaskan di atas kompor pada temperatur 78°C.
 - Setiap distilasi selesai kemudian diukur volume dan kadar etanolnya.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

- Hasil Distilasi 1 dan 2

Tabel 1. Hasil distilasi 1 dan 2

Distilasi	Volume			Kadar etanol
	Awal (ml)	Hasil (ml)	Yield (%-V)	
1	29000	3600	12,41	29,9
2	3500	1137	32,49	69,9

* Pengukuran menggunakan Alkoholmeter dan dikonversi sesuai perhitungan yang didapat dari pengujian *gas chromatography* (100% pada alkoholmeter = 97,99% *gas chromatography*)

$$* \text{Yield} = \frac{\text{Volume hasil}}{\text{Volume awal etanol}} \times 100\%$$

• Hasil Distilasi Adsorbsi

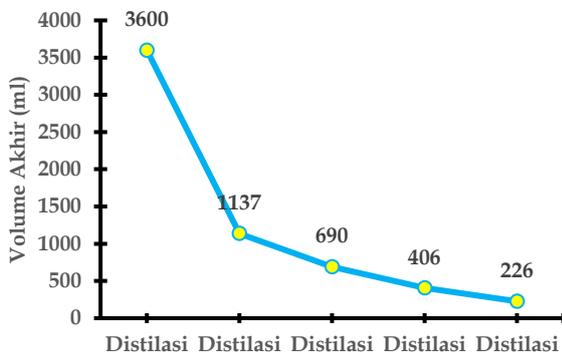
Tabel 2. Hasil distilasi adsorbsi

No	Mesh	Volume					Kadar (%)
		Awal (ml)	Hasil (ml)	Sisa (ml)	Loss (%-V)	Yield (%-V)	
1	60	300	194	46	20	64,67	79,9
2	70	300	188	50	20,67	62,67	87,9
3	80	300	180	50	23,33	60	88,9

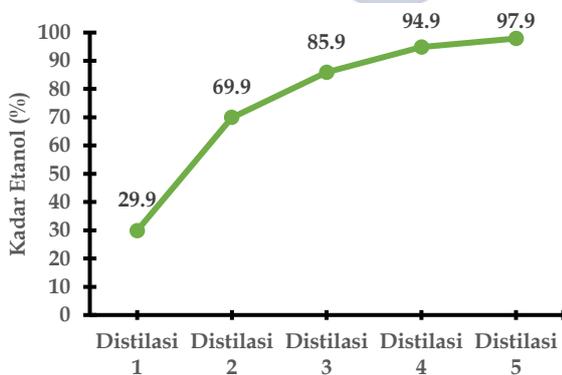
$$* \text{Loss} = \frac{\text{Volume awal} - \text{hasil} - \text{sisa}}{\text{Volume awal etanol}} \times 100\%$$

Tabel 3. Hasil distilasi adsorbsi (3, 4 dan 5)

Distilasi Bertingkat	Perlakuan batu apung Mesh	Volume Bioetanol			Kadar etanol (%)
		Awal (ml)	Hasil (ml)	Yield (%-V)	
3		1200	690	57,5	85,9
4	70	600	406	67,67	94,9
5	70	300	226	75,33	97,9



Gambar 3. Hasil seluruh distilasi



Gambar 4. Kadar etanol hasil seluruh distilasi

Berdasarkan gambar 3 dan 4 volume hasil menurun seiring dengan tingginya tingkat distilasi. Hal ini disebabkan kandungan air yang terus berkurang pada tahap distilasi. Pada penelitian ini distilasi ditujukan untuk memisah kandungan etanol dari cairan hasil fermentasi, sehingga kadar etanol meningkat seiring dengan tingkat

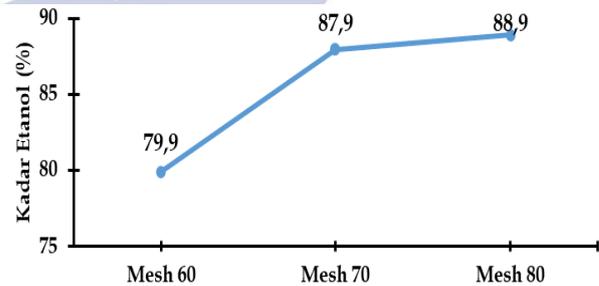
distilasi yang dilakukan seperti yang dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 4.

Pada hasil distilasi pertama sebanyak 3600 ml memiliki kadar etanol 29,9%, maka ini berarti masih terdapat kadar air yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan adanya uap air yang masih ikut menguap meskipun temperatur tidak mencapai titik didih air (100°C), peristiwa ini disebut dengan azeotrop.

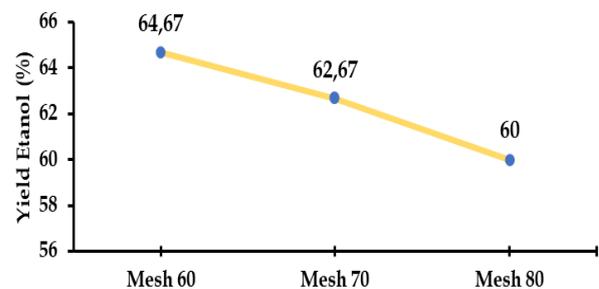
Azeotrop terjadi karena adanya campuran dari dua atau lebih senyawa yang berbeda dalam komposisi tertentu (Moore, 1998). Dalam proses distilasi ini kandungan air dan etanol tercampur menjadi azeotrop, sehingga uap dari campuran ini mengandung kedua zat tersebut.

Hasil terbaik pada distilasi ke-5 dengan perolehan volume 226 ml dengan kadar etanol mencapai 100% jika diukur menggunakan alkoholmeter dan terbaca 97,99% jika diukur menggunakan *gas chromatography*. Namun pengujian kadar etanol dengan *gas chromatography* hanya dilakukan pada hasil distilasi ke-5, maka hasil dari pengukuran alkoholmeter pada tabel dan grafik di atas disesuaikan dengan cara dikurangi 2,1% dari pengukuran alkoholmeter.

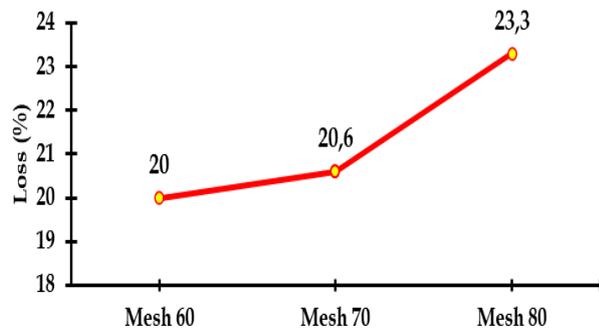
Pada keseluruhan proses distilasi ini mengalami losis yang cukup besar, dari volume awal 29 liter hanya menghasilkan 226 ml. Salah satu penyebabnya pada proses distilasi adsorbsi yang menggunakan adsorben pada tabung *filter crucible* menyebabkan tekanan dalam sistem meningkat, sehingga losis dapat terjadi melalui celah-celah sambungan tabung.



Gambar 5. Pengaruh ukuran batu apung terhadap kadar



Gambar 6. Pengaruh ukuran batu apung terhadap yield



Gambar 7. Pengaruh ukuran batu apung terhadap *loss*

Berdasarkan tabel 2 dan gambar 3 sampai 5 batu apung dengan ukuran mesh 60 menghasilkan volume paling banyak yaitu 194 ml, ukuran mesh 70 menghasilkan 188 ml dan paling sedikit dengan ukuran mesh 80 yaitu 180 ml. Namun jika dilihat dari kadar etanol yang dihasilkan, mesh 60 hanya menghasilkan 79,9% sedangkan mesh 70 menghasilkan kadar etanol sebesar 87,9% dan mesh 80 menghasilkan kadar 88,9%. Mesh 70 dan 80 menghasilkan kadar etanol yang hampir sama, namun dengan *loss* (kerugian) yang berbeda. Batu apung dengan ukuran mesh 70 mengalami *loss* sebesar 62 ml atau 20,67% dari volume awal, sedangkan ukuran mesh 80 mengalami *loss* sebesar 70 ml atau 23,33% dari volume awal. Dari tabel 2, peneliti menyimpulkan bahwa ukuran mesh yang terbaik untuk batu apung dalam proses distilasi adsorpsi adalah mesh 70, karena kadar etanol yang dihasilkan tinggi dengan *loss* yang tidak sebesar mesh 80.

Penurunan volume, kenaikan kadar etanol dan *loss* dipengaruhi oleh ukuran partikel batu apung sebagai adsorben. Volume yang dihasilkan semakin sedikit dengan ukuran mesh yang semakin tinggi dikarenakan kerapatan partikel batu apung menyebabkan uap yang terserap semakin banyak. Sama halnya dengan kenaikan kadar etanol, semakin banyak uap yang diserap semakin tinggi pula kadar etanolnya, karena tingginya kadar air yang diserap oleh batu apung. Pada mesh 70 dan 80 dengan kadar yang hampir sama namun dengan *loss* yang lebih besar pada ukuran batu apung mesh 80, karena kerapatan yang tinggi menyebabkan daya serapnya tinggi pula, sehingga volume yang dihasilkan menurun.

Pada penelitian ini penggunaan *filter crucible* yang berfungsi sebagai penampung adsorben pada proses distilasi adsorpsi mengalami kendala dalam penggunaannya. Pemakaian batu apung sebagai adsorben pada *filter crucible* menyebabkan laju uap terhambat sehingga tekanan dalam sistem distilasi meningkat. Hal tersebut menjadi alasan juga mengapa *loss* atau kerugian yang dialami dalam penelitian ini cukup besar karena keterbatasan alat yang digunakan.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Ukuran batu apung paling optimal sebagai adsorben pada distilasi adsorpsi adalah mesh 70 menghasilkan 188 ml dengan kadar 87,9%. Sedangkan mesh 60 menghasilkan 194 ml dengan kadar 79,9% dan mesh 80 menghasilkan 180 ml dan kadar 88,9%.

Pada keseluruhan proses distilasi ini mengalami *loss* yang cukup besar, dari volume awal 29 liter hanya menghasilkan 226 ml.

Saran

- Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai batu apung sebagai adsorben air sehingga data yang didapat bisa lebih akurat.
- Perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait penggunaan kulit pisang raja sebagai bahan baku pembuatan bioethanol agar kadar yang dihasilkan bisa lebih tinggi sehingga tidak mengalami *loss* yang terlalu banyak saat proses produksi melalui distilasi.
- Dalam proses distilasi, perlu diberikan perhatian khusus pada sambungan, karena risiko terjadinya kebocoran dapat mengakibatkan uap bioetanol keluar melalui celah-celah.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanti, Y., Sasana, H., & Jalunggono, G. 2020. "Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Konsumsi Energi Terbarukan di Indonesia". *Directory Journal of Economic*. Vol. 2 (3) doi: 10.31002/dinamic.v2i3.1428.
- Anhwange, B. A. (2008). Chemical Composition of *Musa sapientum* (Banana) Peels. *Journal of Food Technology*, 6(6), 263–266.
- Aryani, T., Mu'awanah, I. A. U., & Widyantara, A. B. (2018). Karakteristik Fisik, Kandungan Gizi Tepung Kulit Pisang dan Perbandingannya terhadap Syarat Mutu Tepung Terigu. *Jurnal Riset Sains Dan Teknologi*, 2(2), 45–50.
- Fariha, C. N., Setiawan, A., & Ramadani, T. A. (2020). Karakterisasi Sabut Siwalan (*Borassus flabellifer*) dan Kulit Pisang Raja (*Musa paradisiaca* var. Raja) dalam Proses Produksi Bioetanol. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan Dan Infrastruktur (SENTIKUIN)*, 3(2020), A2.1-A2.7. <https://pro.unitri.ac.id/index.php/sentikuin>
- Hariono, Agus., Hertomo, Bambang., & Kasijanto, Kasijanto. (2021). Penggunaan Bioetanol Sebagai Alternatif Campuran Bahan Bakar Pada Mesin Otto. *Rekayasa Energi Dan Mekanika*, 1(2).
- Hartono, A., Bagas, P., & Janu, H. (2013). Pelatihan Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Kerupuk. *Jurnal Inovasi Dan Kewirausahaan*, 2(3).
- Herliati, Indri, A., & Sefaniyah. (2008). Pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai Bahan Baku pembuatan Bioetanol. *Jurnal Teknologi*, 6(1).

- Martha, Faustina Prima. (2022, February 24). Waduh! Defisit Minyak, Indonesia Harus Impor 500 Ribu Barel Minyak. *Bisnis.Com*.
<https://ekonomi.bisnis.com/read/20220224/44/1504514/waduh-defisit-minyak-indonesia-harus-impor-500-ribu-barel-minyak>
- Musita, N. (2009). Kajian Kandungan dan Karakteristik Pati Resisten Dari Berbagai Varietas Pisang. *Jurnal Teknologi Industri Dan Hasil Pertanian*, 14(1), 68–79.
- Prihandana, R., Noerwijan, K., Adinurani, P. G., Setyaningsih, D., Setiadi, S., & Hendroko, R. (2007). *Bioetanol Ubi Kayu; Bahan Bakar Masa Depan*. PT AgroMedia Pustaka.
- Purwanti, Teti. (2022, July 15). RI Ekspor Minyak Mentah Tapi Impor BBM, Kok Bisa? *CNBC Indonesia*.
<https://www.cnbcindonesia.com/news/20220715133617-4-355933/ri-ekspor-minyak-mentah-tapi-impor-bbm-kok-bisa>
- Rodionova, M. V., Poudyal, R. S., Tiwari, I., Voloshin, R. A., Zharmukhamedov, S. K., Nam, H. G., Zayadan, B. K., Bruce, B. D., Hou, H. J. M., & Allakhverdiev, S. I. (2017). Biofuel production: Challenges and opportunities. In *International Journal of Hydrogen Energy* (Vol. 42, Issue 12, pp. 8450–8461). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.11.125>
- Sanjiwani, Made Sukma., Susanah Rita, W., & Made Dira Swantara, dan I. (2018). Pembuatan Bioetanol dari Campuran Limbah Nasi dan Kulit Pisang. In *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)* (Vol. 6, Issue 2).
- Moore, Walter J. (1998). *Physical Chemistry*. Longman Publishing Group

