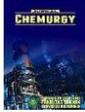


	JURNAL CHEMURGY E-ISSN 2620-7435 Available online at http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TK	 SINTA Accreditation No. 152/E/KPT/2023
---	---	--

Uji Karakteristik Hasil Transesterifikasi dari Ekstrak Biji Ketapang (*Terminalia Catappa Linn*) Terhadap Pengaruh Variasi Waktu Dengan Katalis KOH

*Characteristic Test of Transesterification Results from Ketapang Seed Extract (*Terminalia Catappa Linn*) Against The Effect of Time Variation with KOH Catalyst*

Ariyani Debora*, Megawati Eka, Yuniarti

D3 Teknik Pengolahan Migas, Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan
Jl. Transad KM.08 No.76 RT.08 Kel.Karang Joang, Balikpapan, Indonesia

*email : debora.ariyani88@gmail.com

(Received: 2022 07, 26; Reviewed: 2024 06, 24; Accepted: 2024 06, 24)

Abstrak

Tumbuhan yang berpotensi sebagai bahan bakar biodiesel adalah tumbuhan ketapang (*Terminalia catappa Linn*). Ketapang mengandung minyak sebesar 40,15% sehingga minyak biji ketapang memiliki prospek untuk dijadikan suatu pilihan baru dalam industri minyak nabati dan merupakan tanaman yang potensial karena memiliki kandungan asam lemak jenuh. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil ekstrak dari biji ketapang dan mengetahui nilai pH dan FFA hasil esterifikasi dan transesterifikasi. Metode yang dilakukan untuk menghasilkan minyak adalah ekstraksi dengan metode maserasi dengan massa 75gram biji ketapang dan variasi waktu 1,2,3,4,5 hari. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa perendaman pada hari ketiga memiliki volume yang besar dengan nilai FFA yang tidak terlalu besar yaitu sebesar 39%. Ekstrak minyak biji ketapang memiliki nilai Persen yield 44,29% - 60%. Dilanjutkan dengan proses esterifikasi, pada proses ini Peroleh hasil Uji FFA sebesar 1,81% dengan pH 4. Hasil transesterifikasi diperoleh metil ester, menunjukkan nilai berat jenis 0,84 g/ml, kandungan asam lemak bebas (Persen FFA) 1,686 % dan pH 7.

Kata Kunci: Ketapang, Persen Yield, Persen FFA, pH, Metil Ester

Abstract

Plants that have the potential as biodiesel fuel are ketapang plants (*Terminalia catappa Linn*). Ketapang contains 40.15% oil so that ketapang seed oil has the prospect of being a new choice in the vegetable oil industry and is a potential plant because it contains saturated fatty acids. The purpose of this study was to determine the results of extracts from ketapang seeds and to determine the pH and FFA values of esterification and transesterification results. The method used to produce oil is extraction by maceration method with a mass of 75 grams of ketapang seeds and variations in time of 1,2,3,4,5 days. In this study, it was shown that the immersion on the third day had a large volume with a not too large FFA value of 39%. Ketapang seed oil extract has a value of Percent yield 44.29% - 60% followed by the esterification process, in this process the FFA value of 1.81% with pH 4. The results of transesterification obtained methyl ester, indicating a specific gravity value of 0.84 g/ml, free fatty acid content (Percent FFA) 1.686% and pH 7.

Keywords: Ketapang, Percent Yield, Percent FFA, pH, Methyl Ester

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian ESDM dalam CNN Indonesia (Indonesia, 2018) bahwa pertumbuhan konsumsi energi di Indonesia mencapai 7% pertahun, dan angka tersebut berada diatas pertumbuhan konsumsi energi di dunia yaitu 2,6% pertahun. Oleh karena itu dibutuhkan energi alternatif sebagai penunjang bahan bakar yang telah ada (Handoyo, dkk., 2007). Salah satu bahan yang dapat diperbaharui dan banyak didapatkan di alam ialah berasal dari tumbuh-tumbuhan atau yang sering disebut dengan bahan bakar nabati (BBN) yang berasal dari biomassa seperti biodiesel. Salah satu tumbuhan yang berpotensi sebagai bahan bakar biodiesel adalah tumbuhan ketapang (*Terminalia catappa Linn*). Tumbuhan ketapang merupakan tumbuhan yang banyak terdapat di daerah pantai. *Terminalia Catappa Linn* mengandung minyak sebesar 40,15% sehingga minyak biji ketapang memiliki prospek untuk dijadikan suatu pilihan baru dalam industri minyak nabati (Saputri dkk., 2013).

Pengambilan minyak biji ketapang dapat dilakukan dengan cara ekstraksi. Ekstraksi merupakan suatu proses pengambilan kandungan zat yang digunakan dalam suatu fasa padatan melalui kontak dengan pelarut (Ode, 2007). Menurut (Desta dkk., 2014) metode terbagi menjadi 2 yaitu maserasi dan *soxhletasi*. Pada penelitian ini digunakan metode maserasi karena maserasi metode yang paling sederhana, dimana bahan dihaluskan berupa serbuk kasar ekstraksi ataupun ukuran yang lebih kecil kemudian dilarutkan dengan pelarut dengan cara direndam. Pelarut yang digunakan dalam ekstraksi ini adalah heksana (Ariyani, dkk., 2020). Hal ini karena heksana tidak reaktif dan inert dalam reaksi organik karena bersifat sangat non-polar. Heksana juga tidak memerlukan tingkat pemanasan yang tinggi dan daya ekstraksinya tinggi, yang menjadikan heksana sebagai pelarut yang baik untuk mengekstrak minyak dari bijinya (Sadesi, 2019).

Dari hasil penelitian (Faizal, dkk., 2009), ekstraksi minyak biji ketapang, hasil yang optimal diperoleh dari ekstraksi dengan menggunakan isopropil alkohol sebagai bahan pelarut (Ariyani D, dkk. 2020). Akan tetapi selisihnya relatif kecil dengan persen *Yield* yang dihasilkan pada ekstraksi dengan menggunakan heksana. Berdasarkan analisa jenis persen FFA, menunjukkan bahwa kualitas minyak yang diekstraksi dengan pelarut heksan mempunyai kualitas yang lebih baik. Dari variabel proses yang diteliti, persen *Yield* yang paling tinggi dihasilkan dari ekstraksi minyak biji ketapang dengan menggunakan pelarut isopropil alkohol dengan ukuran biji 1 mm pada 7 siklus (Sadesi, Arnelia. 2019). Berdasarkan hasil penelitian tersebut, penulis merencanakan penelitian yang berjudul pembuatan biodiesel dari biji ketapang menggunakan pelarut heksana dengan memvariasikan waktu perendaman, Penulis merencanakan akan melakukan perbandingan hasil dari (Faizal, dkk., 2009) hingga mendapatkan metil ester dengan menggunakan esterifikasi dan transesterifikasi menggunakan katalis KOH.

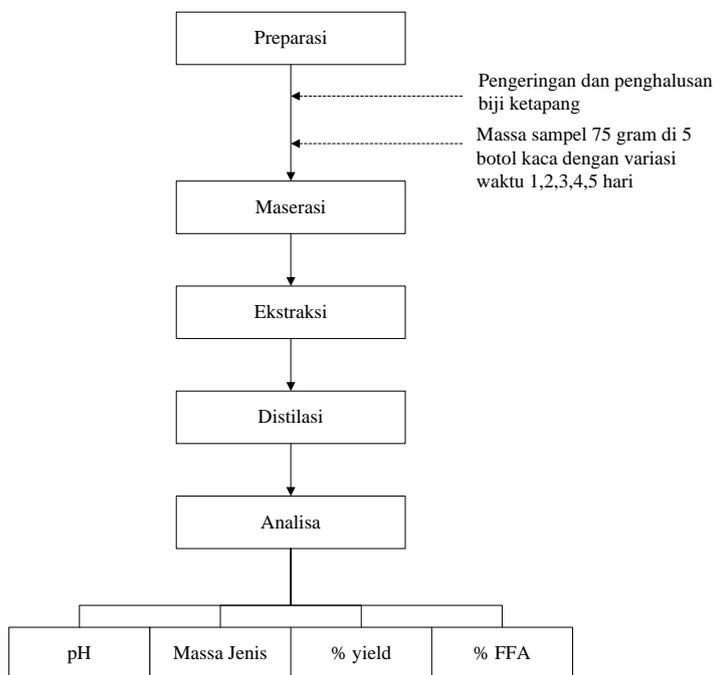
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

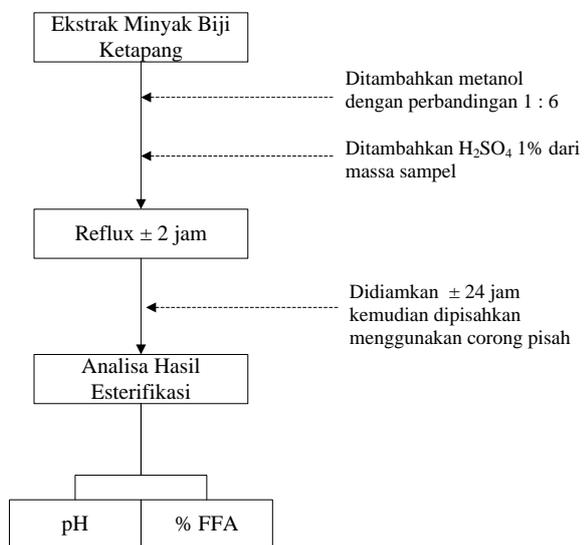
Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Kimia dan Pengolahan Migas, Sekolah Tinggi Teknologi Minyak dan Gas Bumi Balikpapan pada bulan Februari sampai Maret 2021.

2.2 Alat dan Bahan

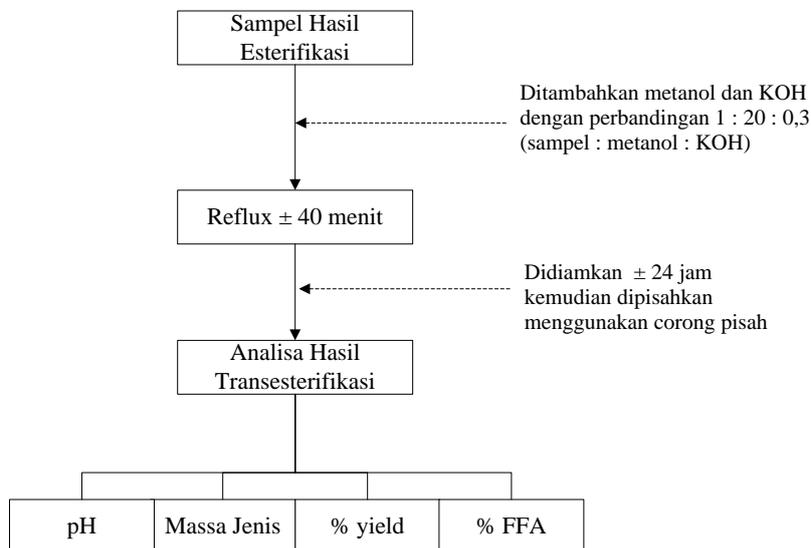
Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah Labu leher tiga, Kondensor, *Hotplate*, Seperangkat alat titrasi, Selang, Termometer, Gelas *beaker*, Pipet tetes, Corong, Kertas saring, Piknometer, Pompa air, Blender, Aluminium foil, Botol kaca, Spatula, Kaca arloji, Neraca analitik, Statif, Buret, Erlenmeyer, Gelas ukur, Seperangkat alat destilasi. Bahan Baku yang digunakan diambil dari tanaman Ketapang di Balikpapan, Ekstrak minyak biji Ketapang, Kertas pH, Metanol, NaOH, Indikator *fenolfalein*, Aquades, H₂SO₄, Heksana, Etanol, KOH



Gambar 2.1 Proses Ekstraksi



Gambar 2.2 Proses Esterifikasi



Gambar 2.3 Proses Transesterifikasi

2.3 Pembuatan Biodiesel

2.3.1 Persiapan Penelitian

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian adalah preparasi bahan dasar, pengeringan biji ketapang, penghalusan biji ketapang, perendaman sampel dengan menggunakan heksanol dengan variasi waktu 1 – 5 hari, kemudian hasil setiap perendaman di destilasi, dan menganalisa FFA dan Persen *yield*.

Dilakukan preparasi bahan dimulai dengan memisahkan biji buah ketapang dengan kulit ketapang, lalu dilakukan pengeringan dengan menjemur biji buah ketapang dibawah sinar matahari hingga kandungan air didalam biji ketapang hilang. Setelah dilakukan pengeringan biji buah ketapang dihaluskan menggunakan blender hingga biji buah ketapang halus.

2.3.2 Proses Eksperimen

Proses eksperimen terbagi menjadi 2 proses, yaitu proses maserasi dan proses distilasi. Biji ketapang pada proses meserasi disaring lalu dilakukan penimbangan biji buah ketapang dengan masing-masing massa 75 gram, kemudian dimasukkan kedalam botol kaca dengan variasi waktu tiap botol 1-5 hari dan dimasukkan 500 ml heksana kedalam masing masing botol. Tahap berikutnya adalah tahap distilasi, dimana sampel yang telah direndam dimasukkan ke dalam labu takar. Kemudian dipanaskan dengan suhu 68 °C dan ditunggu hingga destilat berpisah dengan pelarutnya. Melakukan berulang dengan hari yang telah divariasikan

2.3.3 Uji Persen FFA

Pengujian FFA (*free fatty acid*) digunakan untuk mengetahui kandungan asam lemak bebas yang terkandung didalam minyak. Kenaikan nilai FFA menunjukkan minyak mengalami kerusakan akibat hidrolisa. Semakin tinggi nilai FFA dalam minyak maka kualitas minyak rendah dan sebaliknya semakin rendah nilai FFA dalam minyak maka kualitas minyak bagus (Suwarso,dkk., 2008).

Mengetahui nilai atau kadar % FFA dilakukan dengan titrasi dengan memasukkan 0,7 gram massa sampel dan 7,5 ml etanol kedalam 2 buah Erlenmeyer. Kemudian tambahkan 3 tetes *indicator fenolftalein* menggunakan pipet tetes, lalu membuka sedikit demi sedikit keran pada buret, hingga warna pada larutan berubah, lalu di amkan selama kurang lebih 30 detik hingga warna tidak berubah lagi, setelah itu lihat berapa volume NaOH yang telah tertesi atau digunakan. Kemudian menghitung persen kadar FFA.

2.3.4 Massa jenis

Pengujian massa jenis menggunakan piknometer.

2.3.5 Esterifikasi

Memasukkan 124 ml ekstrak hasil destilasi ke dalam labu takar. Menambahkan metanol dengan perbandingan 1 : 6 (sampel : metanol) sebanyak 744 ml. Sampel yang telah dicampur dengan metanol direflux \pm 2 jam. Menambahkan H₂SO₄ sebanyak 1 % dari massa sampel sebanyak 1,24 ml secara bertahap. Hasil esterifikasi dimasukkan kedalam corong pisah dan didiamkan selama 24 jam. Memisahkan hasil dan endapan dengan membuka sedikit demi sedikit keran corong pisah.

2.3.6 Transterifikasi

Mencampurkan sampel hasil esterifikasi dengan metanol dan KOH dengan perbandingan 1 : 20 : 0,3 (sampel : metanol : KOH) dan direflux \pm 40 menit. Hasil transesterifikasi dimasukkan kedalam corong pisah dan didiamkan selama \pm 24 jam. Memisahkan metil ester dengan gliserin dengan membuka sedikit demi sedikit keran corong pisah.

2.3.7 Pencucian

Mencampurkan metil ester dengan larutan asetat dan aquades dengan perbandingan 1 : 1 lalu mengukur pH hingga sampel netral

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan minyak biji ketapang, buah ketapang dikumpulkan terlebih dahulu, lalu dilakukan preparasi sampel biji Ketapang yaitu biji Ketapang dilakukan pemisahan dipisahkan biji buah dari cangkang. Setelah itu biji ketapang dihaluskan menggunakan *blender* lalu dijemur di bawah sinar matahari untuk menghilangkan kadar air yang masih terikut dan menjadi sampel yang siap digunakan. Setelah itu sampel dilanjutkan ke proses ekstraksi, dimana ekstraksi merupakan suatu proses penarikan senyawa metabolit sekunder dengan bantuan pelarut. Adapun variabel yang ditentukan adalah waktu perendaman biji ketapang dalam pelarut selama 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari, dan 5 hari. Hasil dari ekstraksi biji ketapang kemudian dipisahkan dengan pelarut *n-hexane* dengan metode destilasi dengan pemanasan campuran sebesar 70 °C. Proses destilasi dihentikan ketika pelarut *n-hexane* telah habis teruapkan dengan indikasi meningkatnya suhu pemanasan pada larutan campuran. Hasil ekstraksi diperoleh seperti pada Tabel 3.1 dibawah ini:

Tabel 3.1 Data Hasil Ekstraksi

Waktu Perendaman Sampel	Volume Ekstraksi (ml)	Volume Minyak (ml)
1 hari	350 ml	60 ml
2 hari	340 ml	90 ml
3 hari	320 ml	124 ml
4 hari	315 ml	126 ml
5 hari	300 ml	140 ml

Pada Tabel 3.1 dapat dilihat waktu perendaman hari ke 5 mendapatkan volume minyak yang paling banyak sebesar 140 ml. Kemudian ke 5 sampel yang telah didapatkan dilakukan analisa pH, densitas (ρ), persen FFA, dan persen *yield*. Adapun hasil analisa tersebut disajikan pada Tabel 3.2 berikut :

Tabel 3.2 Kesimpulan Data Ekstraksi

Sampel Perendaman Hari Ke-	Volume Minyak	pH	ρ	% yield	% FFA
1	60 ml	6	0,808 g/ml	44,29 %	34,2 %
2	90 ml	6	0,81 g/ml	48,4 %	37,96 %
3	124 ml	6	0,813 g/ml	50,67 %	39 %
4	126 ml	6	0,862 g/ml	56 %	43,95 %
5	140 ml	6	0,807 g/ml	60 %	47,83 %

Commented [HH1]: Tabel disesuaikan dengan template jurnal chemurgy

Tabel 2 data hasil eksperimen ekstraksi dapat dilihat bahwa pada data atau sampel perendaman hari ke 3 hingga ke 5 memiliki volume minyak yang cukup besar yaitu diatas 100, hal ini disebabkan karena semakin lama waktu kontak antara bahan biji Ketapang dengan pelarut (Putri,dkk., 2019). Berdasarkan nilai FFA dari ketiga data tersebut lama perendaman sangat mempengaruhi peningkatan nilai FFA yang diperoleh. Kandungan air yang tinggi mempengaruhi hasil titrasi dimana terbentuk busa saat proses titrasi berlangsung sehingga reaksi berjalan lebih lama dan mempengaruhi kondisi titik akhir titrasi. Seiring dengan lama waktu ekstraksi, kadar air dalam minyak mengalami peningkatan. Reaksi hidrolisa yang terjadi pada minyak akan mengakibatkan kerusakan minyak karena terdapat sejumlah air dalam minyak tersebut dan menyebabkan terbentuknya asam lemak bebas dan beberapa gliserol. Minyak ketapang ini dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel karena mengandung kadar asam lemak (FFA) tinggi yakni lebih dari 2 %, namun sebelum diolah perlu dilakukan proses esterifikasi untuk menurunkan kadar asam lemak bebas (Simatupang, 2012). Dari data FFA tersebut pada hari perendaman ke-3 yang memiliki nilai FFA tengah, Nilai FFA nya tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah. Jadi pada ekstrak perendaman hari ke 3 yang disini akan dilanjutkan ke tahap esterifikasi untuk menurunkan kadar asam lemak bebasnya.

Commented [HH2]: Kalimat di buat SPOK. berdasarkan tidak bisa dijadikan subjek.

3.1 Hasil Proses Esterifikasi

Esterifikasi merupakan reaksi antara asam karboksilat dengan alkohol untuk membentuk suatu ester. Reaksi ini dikatalisis oleh suatu asam dan bersifat *reversible*. Pada penelitian ini dilakukan proses *reflux* sebanyak 2 kali dikarenakan jumlah sampel yang tidak memungkinkan untuk dilakukan *reflux* secara bersamaan. Pada Adapun hasil dari proses esterifikasi pada sampel hari ke -3 seperti Tabel 3.3 berikut :

Tabel 3.3 Data Hasil Analisa Esterifikasi

Reflux ke-	Volume Sampel	Volume H ₂ SO ₄	Volume Ester	pH	%FFA
1	70 ml	0,7 ml	18,8 ml	4	1,87 %
2	54 ml	0,54 ml	15,2 ml	4	1,75 %
Rata-Rata				4	1,81 %

Berdasarkan dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa kedua sampel tersebut memiliki nilai pH yang sama serta persen FFA yang mendekati sama. Nilai FFA sebelum dilakukan proses esterifikasi sebesar : 39%, setelah dilakukan esterifikasi nilai FFA menjadi rata – rata : 1,81%. Hasil persen FFA ini juga menunjukkan adanya penurunan nilai persen FFA setelah dilakukan proses Esterifikasi.

Commented [F3]: Bisa dijelaskan alasan kenapa perendaman ke 3-5 memiliki volume minyak yang cukup besar disertai sitasi pendukung untuk memperkuat argumen. Lakukan hal yang sama untuk di setiap hasil penelitian yang anda peroleh.

Kemudian kedua sampel tersebut digabungkan untuk dilanjutkan ke proses transesterifikasi (Sarungu, dkk, 2021).

3.2 Hasil Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah reaksi antara ester dan alkohol yang menghasilkan ester dan alkohol baru. Reaksi transesterifikasi disebut juga reaksi alkoholisis dari ester karena reaksi tersebut disertai dengan pertukaran bagian alkohol dari suatu ester. Sampel hasil esterifikasi dicampurkan dengan metanol dan katalis KOH dengan perbandingan 1 : 20 : 0,3 (sampel : metanol : KOH). Adapun hasil transesterifikasi seperti pada Tabel 3.4 berikut :

Tabel 3.4 Data Hasil Analisa Transesterifikasi

Percobaan	pH	Densitas	%FFA
1	7	0,838 g/ml	1,748 %
2	7	0,842 g/ml	1,624 %
Rata-Rata	7	0,84 g/ml	1,686 %

Tabel 3.4 hasil Analisa Transesterifikasi tersebut dapat dilihat bahwa dari perhitungan berat molekul atau *densitas* di atas mendapatkan hasil rata-rata 0,84 g/ml yang termasuk dalam rank (Faizal, dkk., 2009) yang menyatakan nilai berat jenis minyak biji ketapang umumnya berkisar antara 0,696 – 1,188 g/ml. Dari hasil analisa hasil metil ester dari ekstrak biji ketapang tersebut jika dilihat dari nilai persen FFA nya tidak sesuai dengan standar dan mutu bahan bakar nabati jenis biodiesel dimana nilai standar untuk FFA adalah Maks. 0,4%.

Tabel 3.5 Data Hasil Analisa Minyak dengan Pelarut Heksana (Faizal dkk, 2009)

UkuranPartikel	VARIABEL		BERAT JENIS (gr/ml)	% FFA
	Massa Biji	Siklus Ekstraksi		
1 mm	25 gr	3	0.90634	4.26948
		5	0.90308	4.12284
		7	0.90364	4.1172
	50 gr	3	0.8989	4.13976
		5	0.8983	4.10028
		7	0.89832	4.07208
2 mm	25 gr	3	0.90162	4.11156
		5	0.90992	4.46124
		7	0.9028	4.24692
	50 gr	3	0.91578	3.71112
		5	0.91336	4.01004
		7	0.9047	4.20744

Berdasarkan tabel 3.5 di atas, Menurut penelitian (Faizal dkk., 2009) densitas atau massa jenis dari minyak ketapang berkisar 0,8983 - 0,915 g/ml. Jika dibandingkan dengan hasil pengukuran yang telah dilakukan nilai densitas yang diperoleh lebih kecil dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Hal ini dapat dipengaruhi oleh kandungan air yang masih tersisa (Sarungu, dkk., 2021). Kandungan air mempengaruhi massa minyak ketapang yang diperoleh dimana massa minyak ketapang yang diperoleh menjadi semakin kecil (Ravensca & Saleh, 2017). Pada penelitian (Faizal dkk., 2009) kandungan asam lemak bebas (FFA) sebesar 3,711 - 4,46124 sedangkan dalam penelitian ini didapatkan nilai yang cukup besar. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan air yang terkandung dalam sampel cukup tinggi sehingga meningkatkan nilai kandungan FFA.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini didapatkan hasil penelitian dengan menggunakan metode sokhletasi yang dilakukan oleh Faisal dkk, 2016 memiliki % yield sebesar 23,8838% - 49,9858%. Sedangkan pada metode maserasi yang dilakukan oleh penulis didapatkan % yield sebesar 44.29% - 60%. Hal tersebut menunjukkan metode maserasi lebih efektif untuk meningkatkan % yield pada penelitian biji ketapang. Adapun nilai % FFA yang didapatkan pada metode sokhletasi oleh Faisal dkk, 2016 adalah 3,564 - 4,996 % dengan densitas 0,8983 - 0,915 g/ml. Sedangkan pada penelitian ini didapatkan % FFA sebesar 1,686 % dengan densitas sebesar 0,84 g/ml.

Commented [F4]: Apa yang mau dibandingkan?

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyani D, dkk. 2020. Pembuatan Biodiesel Dan Pengaruh Jenis Pelarut Dan Massa Biji Terhadap % Yield Ekstrak Minyak Biji Ketapang (*Terminalia catappa Linn*). Petrogas : Journal of Energy and Technology Vol 2 , No.1.
- Destia Donna Putri Damanik, Nurhayati Surbakti, & Rosdanelli Hasibuan. (2014). Ekstraksi Katekin Dari Daun Gambir (*Uncaria gambir roxb*) Dengan Metode Maserasi. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(2), 10–14. <https://doi.org/10.32734/jtk.v3i2.1606>
- Faizal, M., Noprianto, P., & Amelia, R. (2009). Pengaruh jenis pelarut, massa biji, ukuran partikel dan jumlah siklus terhadap yield ekstraksi minyak biji ketapang. *Jurnal Teknik Kimia*, 16(2), 28–34. <https://www.academia.edu/download/58992271/74-222-1-PB20190422-80780-59stf3.pdf>
- Handoyo, R., Anggraini, A. A., & Anwar, S. (2007). *Biodisel dari Minyak Biji Kapok*. <http://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/9667>
- Indonesia, C. (2018). Cadangan Energi Indonesia Menipis, Saatnya Melek Energi Terbarukan. *Website*.
- Ode, A. La. (2007). *Potensi Bahan Dasar dan Uji Mutu Biodiesel Biji Ketapang (Terminalia Catappa Linn)*. Universitas Halu Oleo, Kendari. Sulawesi Tenggara.
- Putri, N. P., Muslim, M. A., Sitorus, J. G., Putra, D. L., & Marjenah, M. (2019). Extraction Of Ketapang Seeds (*Terminalia catappa Linn*) As Raw Material Of Biodiesel. *Konversi*, 7(1), 10. <https://doi.org/10.20527/k.v7i1.4870>
- Ravensca, I., & Saleh, C. (2017). Pembuatan Surfaktan Berbahan Dasar Minyak Biji Ketapang *Terminalia Catappa* Dengan Trietanolamina Manufacture Of Surfactant Cattapa Seed Oil *Terminalia Catappa With Trietanolamina*. *Jurnal Atomik*, 02(2), 183–189. <http://jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id/index.php/JA/article/view/475>
- Sadesi, Arnelia. 2019. Identifikasi dan Transesterifikasi Ekstrak Biji Ketapang (*Terminalia Catappa Linn*) dengan Pelarut Metanol. Program Studi D3 Teknik Pengolahan Migas. Sekolah Tinggi Teknologi Minyak dan Gas Bumi. Balikpapan
- Sarungu, dkk, 2021. *Analisa Karakteristik Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Jelantah Menggunakan Katalis KOH*. Program Studi Teknik Industri STT-Migas Balikpapan. Jl. Soekarno Hatta Km.8 Karang Joang Balikpapan 76125 Kalimantan Timur
- Saputri, D., Fitriani, V. Y., & Masruhim, M. A. (2013). Stabilitas Fisik Dan Kimia Minyak Biji Ketapang (*Terminalia catappa L.*) Selama Penyimpanan. *Journal Of Tropical Pharmacy And Chemistry*, 2(3), 132–145. <https://doi.org/10.25026/jtpc.v2i3.59>
- Simatupang, A. D. (2012). *Pengaruh Suhu Transesterifikasi Minyak Biji Bintaro (Cerbera manghas L.) Terhadap Konversi dan Kualitas Produknya Sebagai Biodiesel*. Program Studi Kimia.

Universitas Mulawarman, Samarinda.

Suwarso, W. P., Gani, I. Y., & Kusyanto, K. (2008). Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Ketapang (*Terminalia Catappa* Linn.) yang berasal dari Tumbuhan di Kampus UI Depok. *Jurnal Kimia VALENSI*, 1(2). <https://doi.org/10.15408/jkv.v1i2.213>