



EKSTRAKSI MINYAK BIJI KETAPANG SEBAGAI BAHAN BAKU BIODIESEL

**Yeni Aulia, Meriatna*, Masrullita, Novi Sylvia, Agam Muarif, Raudhatul
Ulfa**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

*E-mail: meriatna@unimal.ac.id

Abstrak

Ketapang merupakan salah satu tumbuhan yang memiliki kandungan minyak berkisar 60%, dimana minyak tersebut mengandung trigliserida yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisa pengaruh konsentrasi pelarut dan waktu ekstraksi terhadap kualitas minyak yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan dengan proses ekstraksi menggunakan pelarut non-polar (N-heksana) dan dilanjutkan dengan proses distilasi untuk memisahkan pelarutnya. Hasil penelitian diperoleh yield optimum pada konsentrasi 80% selama 4 jam sebesar 37,84%, densitas 0,84 gr/ml, viskositas 15,32 cP, kadar air 0,58%, dan kadar FFA 0,664%. Berdasarkan hasil analisa komposisi senyawa trigliserida didapat Metil palmitat 40,34%, metil linoleat 6,77%, metil oleat 34,04%, metil ricinoleat 6,74%, metil stearat 4,63%, metil trans-9-octadecenoat 6,64%, metil octadecanoat 0,85%. Berdasarkan hasil analisa, minyak biji ketapang yang diperoleh telah memenuhi syarat untuk dijadikan bahan baku pembuatan biodiesel.

Kata Kunci : *Biodiesel, Distilasi, Ekstraksi, Ketapang, Trigliserida.*

1. Pendahuluan

Energi merupakan suatu keharusan yang diperlukan masyarakat. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk menyebabkan tingginya konsumsi energi, dalam hal ini peran energi tidak terbarukan menjadi rawan. Alhasil perlu memakai dan memaksimalkan potensi kemampuan daya terbarukan yang ada di Indonesia seperti bioenergi (bioetanol, biodiesel, biomassa) (Hakim, 2020). Salah satu alternatif *renewable energy* tersebut adalah biodiesel yang merupakan mono alkil ester dari asam-asam lemak rantai panjang yang mengandung 12 sampai 24 atom karbon. Biodiesel dapat berasal dari minyak nabati dan hewani yang dapat diperbaharui serta menghasilkan emisi gas CO dan CO₂ yang rendah (Rhofita,

2015). Salah satu produksi minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel adalah minyak biji ketapang. Selama ini, biji ketapang nyaris terbuang begitu saja. Biji ketapang yang terbuang sebenarnya dapat dimanfaatkan, karena adanya kandungan minyak yang tinggi pada biji. Menurut (Weerawatanakorn et al., 2015) biji benih tanaman ketapang mengandung minyak mentah dalam jumlah besar yaitu 60 g/100 g biji ketapang. Kandungan asam lemak utama adalah asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA), asam oleat (C18:1) dan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) asam linoleat (C18:2), masing-masing 32,4% dan 30,3% (Janporn et al., 2015). Asam lemak merupakan komponen utama pada pembuatan biodiesel, sehingga minyak biji ketapang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.

Minyak biji ketapang dapat diperoleh dengan cara ekstraksi, baik secara mekanis maupun kimiawi. Ekstraksi adalah pemisahan satu atau beberapa bahan dari suatu padatan atau cairan dengan bantuan pelarut. Ekstraksi juga merupakan proses pemisahan komponen dari suatu campuran homogen menggunakan pelarut cair (solven). Pemisahan terjadi atas dasar kemampuan kelarutan yang berbeda dari komponen-komponen dalam campuran (Savitri et al., 2017).

Berdasarkan beberapa penelitian dengan metode ekstraksi yang berbeda diperoleh hasil, *yield* maksimum dengan metode *soxhletasi* sebesar 60,178% (Santoso et al., 2020). Metode perkolasi diperoleh *yield* sebesar 27,28% (Ariyani et al., 2020), sedangkan dengan metode maserasi diperoleh *yield* sebesar 44-52% (Putri et al., 2018). Berdasarkan hasil perbandingan dengan penelitian terdahulu, maka dipilih metode reflux yang akan digunakan untuk mengetahui apakah metode ini akan menghasilkan *yield* yang lebih tinggi atau lebih rendah dari peneliti sebelumnya.

Variabel yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu pengaruh variasi konsentrasi pelarut n-heksana dan lama waktu ekstraksi. Pelarut yang akan digunakan adalah n-heksana yang bersifat non-polar sesuai dengan sifat bahan yang akan diekstraksi yaitu minyak biji ketapang yang akan lebih mudah larut dalam pelarut yang non polar (Handayani et al., 2014). Berbagai konsentrasi pelarut yang akan digunakan akan mengakibatkan perubahan polaritas sehingga akan mempengaruhi kelarutan minyak ketapang. Sehingga peneliti memilih variasi konsentrasi 70, 80 dan 90% untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kualitas minyak yang akan dihasilkan.

Lama waktu ekstraksi terkait dengan kontak atau difusi antara larutan pengeksrak dengan bahan baku. Semakin sempurna kontak tersebut (semakin lama) maka akan diperoleh rendemen yang semakin tinggi (Prabawati et al., 2005). Lama waktu ekstraksi sangat berpengaruh terhadap minyak yang dihasilkan (Wibowo et al., 2004). Variabel variasi waktu ekstraksi yang dipilih

yaitu 1, 2, 3 dan 4 jam sesuai dengan penelitian sebelumnya pada perolehan hasil terbaik tetapi dengan metode ekstraksi yang berbeda. Penelitian yang dilakukan oleh (Putri et al., 2018) menggunakan metode ekstraksi maserasi pada biji ketapang sebagai bahan baku biodiesel. Penelitian bertujuan untuk menganalisis pengaruh waktu ekstraksi, dengan variasi waktu 2, 3, 4, 5, dan 6 hari. Hasil yang diperoleh yaitu, volume minyak berkisar antara 35 mL -31 mL, *yield* yang diperoleh sebesar 44% - 52%, kadar FFA yang diperoleh 28-36%.

(Santoso et al., 2020) melakukan penelitian ekstraksi minyak biji ketapang sebagai bahan baku pelunak komponen karet. Ekstraksi menggunakan metode soxhlet dengan *microwave pretreatment*. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh massa biji ketapang dan waktu radiasi *microwave*. Presentase *yield* paling tinggi diperoleh pada waktu radiasi 8 menit dan massa biji 40 gr dengan *yield* sebesar 60,178% . Densitas minyak paling tinggi diperoleh pada waktu 4 menit dan massa biji 40 gr sebesar 0,90112 gr/mL. Penurunan dan peningkatan massa biji tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya angka asam minyak yang dihasilkan. Angka asam terendah yang diperoleh yaitu 1,7799 mg KOH/g minyak dan angka asam terbesar yaitu 5,1463 mg KOH/g minyak.

(Ariyani et al., 2020) melakukan penelitian bahan baku biodiesel dari minyak biji ketapang dengan metode ekstraksi perkolasi. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh massa biji ketapang. Hasil optimum yang diperoleh yaitu *yield* sebesar 27% dengan variasi massa 40 gr berat jenis 0,77-0,80 gr/ml %FFA 3,7%-4,8% dan angka iod 0,22-0,33.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.

2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah n-Heksana 70%, 80% dan 90%, Biji ketapang dan Aquades. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Ayakan 20 *mesh*, *Hot plate*, Alat ekstraksi, *Oven*, Alat titrasi, *neraca digital*.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Preparasi Biji Ketapang

Biji Ketapang dipisahkan dari kulit dan kotoran pengikutnya lalu dibungkus dengan alumunium foil dan dipanaskan ke dalam *oven* selama 1 jam pada suhu 105°C untuk mengurangi kadar airnya hingga mencapai konstan. Kemudian di haluskan hingga menjadi ukuran 20 *mesh*.

2.4.2 Ekstraksi Minyak Biji Ketapang

Serbuk biji ketapang kemudian dimasukkan ke dalam labu leher tiga sebanyak 50 gr dan ditambahkan n-Heksana 200 ml sesuai dengan variabel konsentrasi yang telah ditentukan (70, 80 dan 90%). Ekstraksi dilakukan dengan variasi waktu 1, 2, 3 dan 4 jam dengan suhu 70°C. Disaring ekstrak yang diperoleh dengan kertas saring. Lalu dipisahkan antara minyak dengan pelarut dengan metode distilasi sehingga diperoleh minyak biji ketapang. Setelah itu dilakukan analisa densitas, viskositas, *yield*, kadar FFA dan kadar air serta uji komposisi trigliserida dengan *GCMS*.

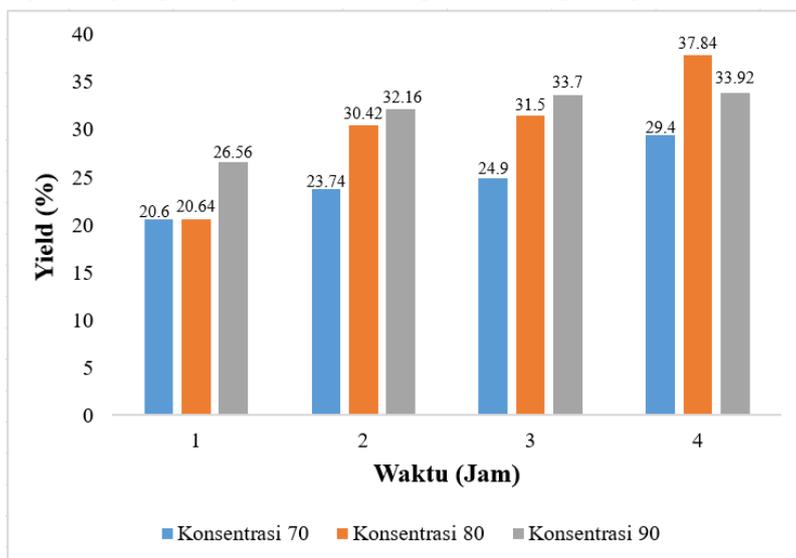
3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh waktu ekstraksi dan konsentrasi pelarut n-Heksana terhadap kualitas minyak biji ketapang yang dihasilkan untuk dikembangkan sebagai bahan baku biodiesel. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh data berupa *yield*, densitas, viskositas, kadar FFA, dan kadar air. Analisa komposisi trigliserida dengan menggunakan *GCMS* (*Gas Chromatography and Mass Spectroscopy*).

3.1 Analisa Kualitas Minyak Biji Ketapang

3.1.1 Analisa Uji *Yield*

Pengaruh waktu ekstraksi dan konsentrasi pelarut terhadap *yield* minyak biji ketapang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 1



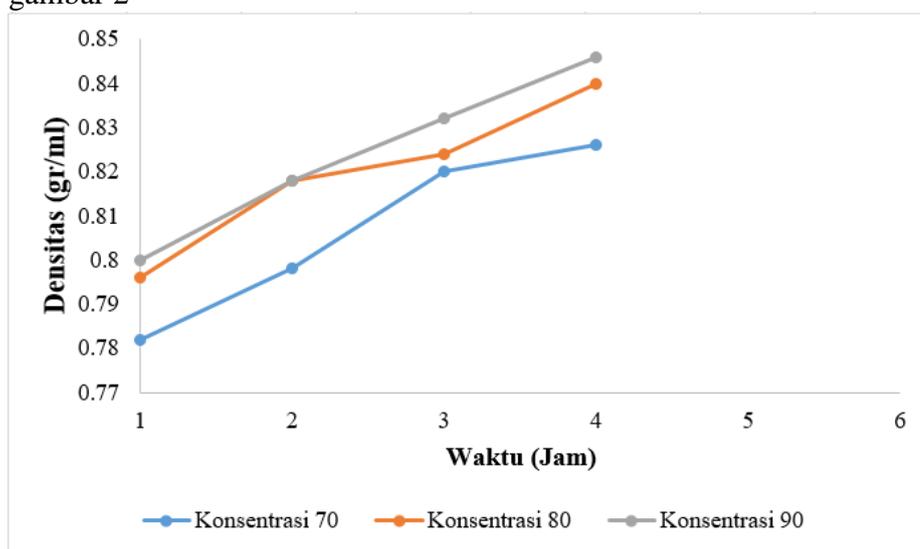
Gambar 1 Grafik Hubungan Konsentrasi Pelarut dan Waktu Ekstraksi terhadap *Yield*

Berdasarkan Gambar 1 dapat di lihat bahwa *yield* tertinggi dari hasil penelitian diperoleh pada konsentrasi n-Heksana 80% dengan waktu ekstraksi

selama 4 jam yaitu 37,84%. Dari hasil penelitian didapat bahwa semakin lama waktu ekstraksi maka *yield* minyak biji ketapang yang dihasilkan semakin meningkat, hal ini disebabkan semakin lama waktu kontak antara bahan dengan pelarut maka semakin banyak minyak yang terekstrak dari biji ketapang. Hal ini sesuai dengan pernyataan beberapa penelitian yang berkaitan dengan ekstraksi, dimana lama waktu ekstraksi dapat mempengaruhi *yield* dan massa jenis (Ariyani et al., 2020). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Utomo, 2016) mengenai ekstraksi minyak biji alpukat dengan jenis dan konsentrasi pelarut yang sama yaitu n-Heksana 70%, 80% dan 90% selama 4 jam didapatkan *yield* sebesar 11,30%, 17,08% dan 25,32%. Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa konsentrasi pelarut berbanding lurus dengan *yield* yang dihasilkan dan minyak biji ketapang menghasilkan *yield* yang lebih tinggi dibandingkan minyak biji alpukat.

3.1.2 Analisa Densitas

Densitas minyak berkisar antara 0,696 – 1,188 gr/cm³ pada suhu 25°C (Guenther, 1987). Densitas minyak atsiri dipengaruhi oleh komponen-komponen yang menyusun minyak atsiri. Semakin panjang rantai penyusun minyak atsiri dan semakin berat molekulnya maka densitas minyak atsiri akan semakin besar. Selain itu, semakin lama proses ekstraksi yang dilakukan maka akan semakin banyak senyawa yang dapat diekstraksi sehingga akan meningkatkan konsentrasi minyak atsiri dan juga densitasnya (Umi Khasanah et al., 2010). Pengaruh waktu ekstraksi dan konsentrasi pelarut terhadap densitas minyak biji ketapang dapat dilihat pada gambar 2

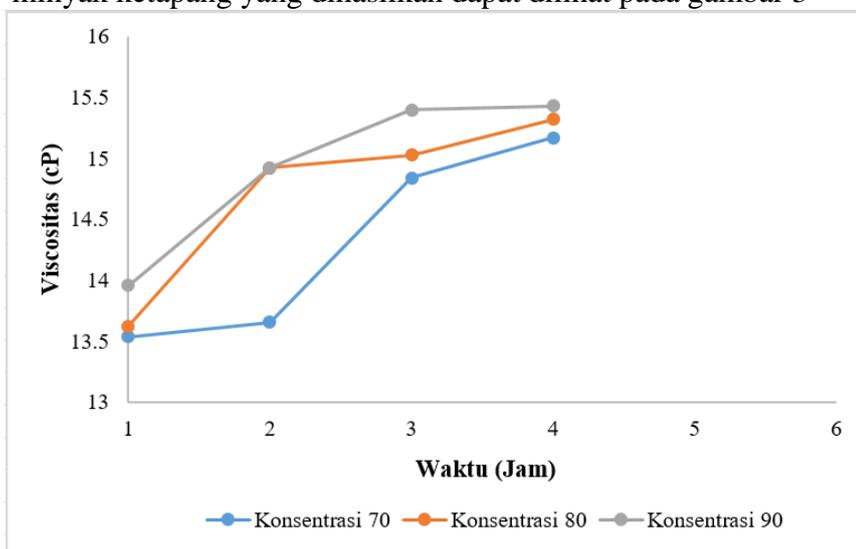


Gambar 2 Grafik Hubungan Konsentrasi Pelarut dan Waktu Ekstraksi terhadap Densitas

Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat bahwa densitas minyak biji ketapang mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya konsentrasi pelarut dan waktu ekstraksi. Densitas minyak biji ketapang yang diperoleh pada penelitian ini berkisar antara 0,782 gr/ml – 0,846 gr/ml. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu, ekstraksi minyak biji ketapang memperoleh densitas berkisar 0,84 gr/ml – 0,918 gr/ml (Putri et al., 2018). Artinya densitas pada penelitian ini sudah mencangkup *range* densitas minyak biji ketapang, tetapi tidak pada semua sampel.

3.1.3. Analisa Viskositas

Pengaruh waktu ekstraksi dan konsentrasi pelarut terhadap viskositas minyak ketapang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 3



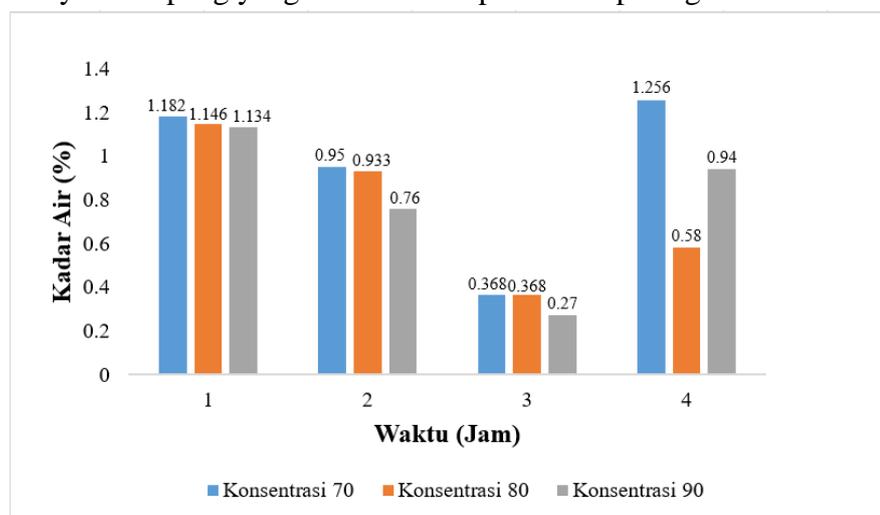
Gambar 3 Grafik Hubungan Konsentrasi Pelarut dan Waktu Ekstraksi terhadap Viskositas

Terlihat pada Gambar 3 bahwa viskositas minyak biji ketapang mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya konsentrasi pelarut dan waktu ekstraksi. Viskositas yang dihasilkan pada penelitian ini telah sesuai dengan penelitian yang dilakukan terdahulu, dimana viskositas minyak biji ketapang yang diperoleh yaitu sebesar 14,4 cP. Viskositas menunjukkan mutu suatu minyak, dimana semakin tinggi viskositas minyak maka mutu minyak semakin tinggi pula. Viskositas minyak biji ketapang yang dihasilkan telah memenuhi standar minyak (Hariani et al., 2006). Minyak nabati tidak dapat digunakan sebagai bahan bakar jika memiliki densitas dan viskositas yang terlalu tinggi. Bahan bakar diesel memiliki densitas 820-860 kg/m³ dan viskositas 3,5-5 cSt. Reaksi transesterifikasi perlu dilakukan untuk menurunkan densitas dan viskositas minyak bahan baku sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar yaitu biodiesel (Verma & Sharma, 2016).

3.1.4 Analisa Kadar Air

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung pada suatu bahan. Keberadaan air yang tinggi menunjukkan mutu minyak rendah. Semakin banyak air pada minyak, maka minyak akan semakin mudah terhidrolisis dan cepat rusak sehingga menyebabkan meningkatnya kadar FFA pada minyak (Hariani et al., 2006). Minyak bahan baku pembuatan biodiesel disarankan untuk memiliki kadar air kurang dari 0,5% (Gashaw et al., 2015).

Pengaruh waktu ekstraksi dan konsentrasi pelarut terhadap kadar air minyak ketapang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 4



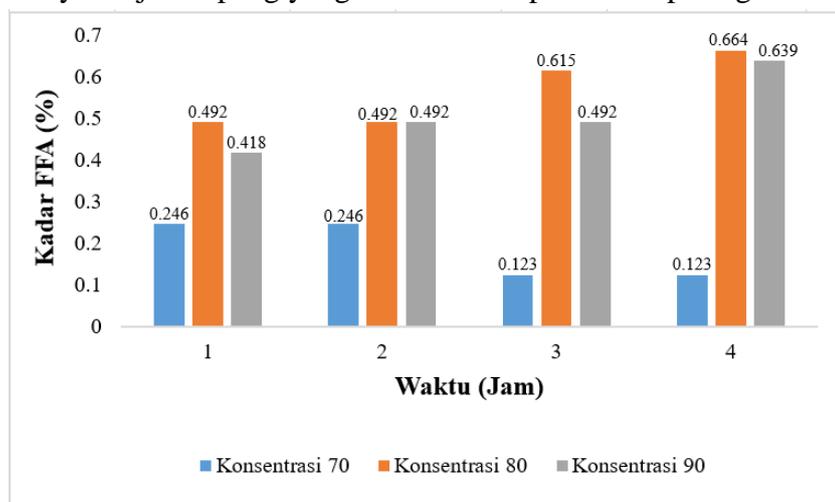
Gambar 4 Grafik Hubungan Konsentrasi Pelarut dan Waktu Ekstraksi terhadap Kadar air

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa kadar air yang diperoleh cenderung tidak stabil, kadar air tertinggi diperoleh pada konsentrasi 70% dengan waktu ekstraksi 4 jam sebesar 1,256%. Kadar air yang tinggi dan tidak stabil pada variasi waktu 4 jam disebabkan karena bahan baku biji ketapang yang digunakan memiliki kematangan dan lama penyimpanan yang berbeda-beda. Kadar air yang tinggi disebabkan oleh keadaan biji yang akan diolah. Biji yang tua dan sudah lama disimpan sebelum diolah atau sudah lama jatuh dari pohon akan membuat kadar air meningkat (Saputri dkk, 2015). Kadar air minyak biji ketapang dengan variasi waktu ekstraksi 3 jam pada konsentrasi 70, 80 dan 90% dan pada waktu 4 jam dengan konsentrasi 80% telah memenuhi standar minyak bahan baku dengan kadar air yang didapat < 0,5%. Pada variasi lain, kadar air minyak biji ketapang yang dihasilkan berada di atas standar mutu minyak disebabkan karena air tidak dapat terpisah secara alami pada saat proses ekstraksi minyak (Hariani et al., 2006).

3.1.5 Analisa Kadar *Free Fatty Acid* (FFA)

Free fatty acid merupakan hasil degradasi trigliserida disebabkan oleh proses hidrolisis lemak. Kadar FFA merupakan salah satu parameter penting untuk pemilihan minyak sebagai bahan baku biodiesel. Kadar FFA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan minyak bereaksi dengan basa membentuk sabun. Minyak untuk bahan baku biodiesel disarankan memiliki kadar FFA <1% (Gashaw et al., 2015).

Pengaruh waktu ekstraksi dan konsentrasi pelarut terhadap kadar FFA minyak biji ketapang yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 5.



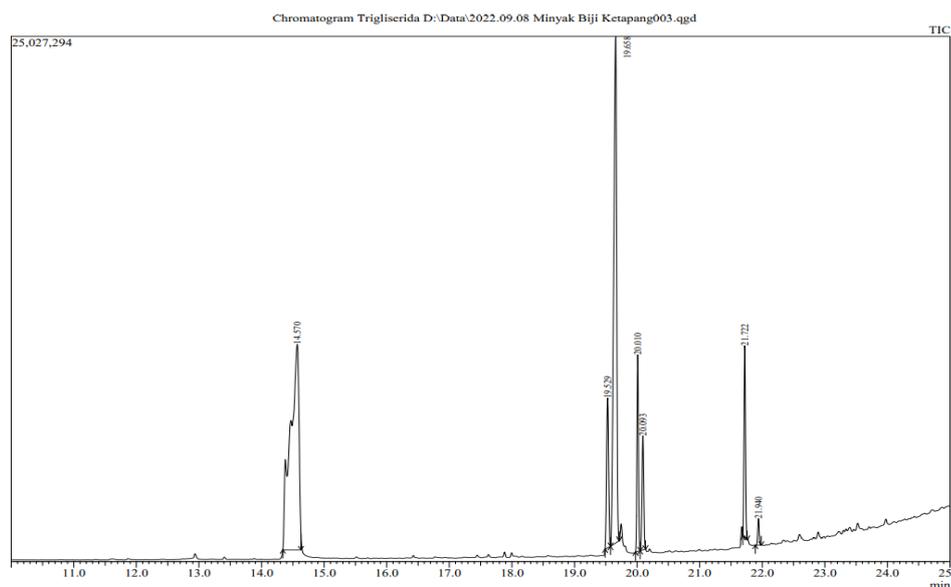
Gambar 5 Grafik Hubungan Konsentrasi Pelarut dan Waktu Ekstraksi terhadap Kadar *Free Fatty Acid* (FFA)

Berdasarkan gambar 5 kadar FFA yang diperoleh cenderung tidak stabil. kadar FFA pada konsentrasi 80% dan 90% cenderung stabil dan meningkat, sedangkan pada konsentrasi 70% FFA yang diperoleh cenderung stabil dan menurun. Kadar FFA yang tidak stabil berhubungan dengan kadar air yang diperoleh, faktor lainnya disebabkan karena bahan baku biji ketapang yang digunakan memiliki tingkat kematangan dan waktu penyimpanan yang berbeda pada tiap variabel. FFA berbanding lurus dengan banyaknya kadar air yang terkandung. Kadar air yang tinggi pada minyak biji ketapang dapat menghidrolisis minyak menjadi *free fatty acid*. Semakin lama reaksi hidrolisis berlangsung maka kadar FFA yang terbentuk semakin tinggi. Berdasarkan hasil penelitian kadar FFA yang diperoleh sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Gashaw et al., 2015) yaitu kadar FFA < 1%. Berdasarkan buku (pedoman penanganan & penyimpanan biodiesel & B30, 2020) kandungan FFA > 5% maka perlu dilakukan reaksi esterifikasi dan dilanjutkan dengan transesterifikasi. Namun, apabila FFA < 5% cukup dilakukan proses transesterifikasi.

3.1.6 Analisa Uji Komposisi Trigliserida Minyak Biji Ketapang

Minyak biji ketapang hasil ekstraksi dianalisa menggunakan spektrophotometer GC-MS untuk mengetahui jumlah komponen yang terdapat dalam minyak biji ketapang serta komposisi senyawa penyusun trigliserida.

Hasil Analisa uji komposisi penyusun trigliserida minyak biji ketapang dengan menggunakan GC-MS dapat dilihat pada gambar 6



Gambar 6 Hasil Analisa GC-MS

Dari kromatogram diatas menunjukkan bahwa minyak biji ketapang yang dihasilkan pada penelitian ini mengandung metil ester yang sesuai dengan asam lemak yang terkandung dalam minyak ketapang. Berdasarkan hasil dari analisa GC-MS, terdapat 7 puncak metil ester dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Trigliserida Minyak Biji Ketapang Analisa GC-MS

<i>Peak</i>	<i>Retention time</i>	<i>Area (%)</i>	<i>Coumpound</i>
1	14.570	40.34	Metil palmitat
2	19.529	6.77	Metil linoleat
3	19.658	34.04	Metil oleat
4	20.010	6.74	Metil ricinoleat
5	20.093	4.63	Metil stearat
6	21.722	6.64	Metil trans-9-octadecenoat
7	21.940	0.85	Metil octadecanoat

Dari tabel diatas dapat dilihat komposisi metil ester penyusun trigliserida dari minyak biji ketapang dengan metil palmitat sebesar 40.34% dan metil oleat 34.04%.

4. Simpulan dan Saran

4.1 Simpulan

Konsentrasi pelarut dan waktu ekstraksi berbanding lurus dengan *yield*, densitas dan viskositas minyak biji ketapang yang dihasilkan, tetapi kadar air dan kadar FFA yang dihasilkan cenderung tidak stabil. *Yield* minyak biji ketapang *optimum* diperoleh pada konsentrasi 80% dengan waktu ekstraksi selama 4 jam sebesar 37,84%. Densitas 0,840 gr/ml, viskositas 15,320 cP, kadar air 0,580% dan kadar FFA 0,664%.

Dari hasil uji GC-MS terdapat 7 puncak grafik asam lemak penyusun trigliserida. Metil palmitat 40,34%, metil linoleat 6,77%, metil oleat 34,04%, metil ricinoleat 6,74%, metil stearat 4,63%, metil trans-9-octadecenoat 6,64%, metil octadecanoat 0.85%.

4.2 Saran

Penelitian selanjutnya dapat menambahkan variasi waktu ekstraksi, bahan baku dan volume pelarut sehingga diperoleh hasil yang optimum. Diharapkan pada penelitian selanjutnya pada analisa kadar air dapat langsung dilakukan analisa agar diperoleh hasil yang optimum. Diharapkan pada penelitian selanjutnya bahan baku biji ketapang yang digunakan memiliki tingkat kematangan yang sama.

Daftar Pustaka

- Ajayi, I. A., Oderinde, R. A., Taiwo, V. O., & Agbedana, E. O. (2008). *Short-term toxicological evaluation of Terminalia catappa, Pentaclethra macrophylla and Calophyllum inophyllum seed oils in rats. Food Chemistry*, 106(2), 458-465.
- Ariyani, D., Megawati, E., Ira, P., & Sugiarto, M. A. (2020). *Pembuatan Biodiesel dan Pengaruh Jenis Pelarut dan Massa Biji terhadap % Yield Ekstrak Minyak Biji Ketapang (Terminalia catappa Linn). 2*, 51–56.
- Faizal, M., Noprianto, P., & Amelia, R. (2009). Ekstraksi Minyak Biji Ketapang. *Jurnal Teknik Kimia*, 16(2), 28–34.
- Gashaw, A., Getachew, T., & Teshita, A. (2015). A review on biodiesel production as alternative fuel. *J. For. Prod. Ind*, 4(2), 80-85.
- Hakim, R. R. Al. (2020). Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energy Terbarukan Untuk Ketahanan Energi Di Indonesia: Literatur Review. *ANDASIH Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 1–11.
- Handayani, P. A., Nurjanah, E., & Rengga, W. D. P. (2014). Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Menjadi Silika Gel. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 3(2), 55–59. <https://doi.org/10.15294/jbat.v3i2.3698>
- Hariani, P. L., Riyanti, F., & Oktaviani, H. (2006). Analisis Mutu Minyak Biji Ketapang (*Terminalia catappa* Linn.) Hasil Sokletasi. In *Jurnal Penelitian Sains: Vol. 10 (3)* (pp. 327–334).

- Istarina, D., Khotimah, S., & Turnip, M. (2015). Aktivitas antibakteri ekstrak metanol buah ketapang (*Terminalia catappa* Linn.) terhadap pertumbuhan *Staphylococcus epidermidis* dan *Salmonella typhi*. *Jurnal Protobiont*, 4(3), 98–102.
- Janporn, S., Ho, C. T., Chavasit, V., Pan, M. H., Chittrakorn, S., Ruttarattanamongkol, K., & Weerawatanakorn, M. (2015). Physicochemical properties of *Terminalia catappa* seed oil as a novel dietary lipid source. *Journal of Food and Drug Analysis*, 23(2), 201–209. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2014.06.007>
- Lucas, H. J., & Pressman, D. (1949). *Principles and practice in organic chemistry*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Marlina, L., & Ramdan, I. (2017). Identifikasi kadar asam lemak bebas pada berbagai jenis minyak nabati. *Jurnal TEDC*, 11(1), 53–59.
- Prabawati, S., & Unadi, A. (2005). Pengaruh Cara Ekstraksi dan Musim Terhadap Rendemen dan Mutu Minyak Bunga Melati. *Jurna Pascapanen* 2(1): 18-23.
- Putri, N. P., Muslim, M. A., Sitorus, J. G., Putra, D. L., & Marjenah, M. (2018). Extraction of Ketapang Seeds (*Terminalia Catappa* Linn) As Raw Material of Biodiesel. *Konversi*, 7(1), 10. <https://doi.org/10.20527/k.v7i1.4870>
- Rhofita, E. I. (2015). Penurunan Kadar Free Fatty Acid (Ffa) Pada Reaksi Esterifikasi Dalam Proses Produksi Biodiesel : Kajian Waktu Reaksidan Temperatur Reaksi. *Ilmu-Ilmu Teknik - Sistem*, 11(1), 39–44.
- Santoso, B., Aura Nabilla, Sri Rahayu, Aprillena T. Bondan, & S. Selpiana. (2020). Ekstraksi minyak biji ketapang menggunakan microwave pretreatment: pengaruh massa biji ketapang dan waktu radiasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 26(2), 80–87. <https://doi.org/10.36706/jtk.v26i2.543>
- Sasongko, M. N. (2018). Pengaruh Prosentase Minyak Goreng Bekas Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet Biodiesel. *FLYWHEEL : Jurnal Teknik Mesin Untirta*, IV(Volume IV Nomor 2, Oktober 2018), 8–13. <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jwl/article/view/3656>
- Savitri, I., Suhendra, L., & Wartini, N. M. (2017). Pengaruh jenis pelarut pada metode maserasi terhadap karakteristik ekstrak *Sargassum polycystum*. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 5(3), 93–101.
- Suwarso, W. P., Gani, I. Y., & Kusyanto, K. (2009). 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>
- Umi Khasanah, L., Christian Argo Pramani, D., Pengajar Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan, S., Pertanian, F., Program Studi S-, M., & Hasil Pertanian, T. (2010). pengaruh perlakuan awal bahan baku dan waktu destilasi serai dapur (*Cymbopogon citratus*) terhadap karakteristik fisikokimia minyak serai dapur (Lemongrass oil) *the effect of distillation time and raw material pretreatment on physicochemical characteristic*. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 1(1), 59–71.
- Utomo, S. (2016). *Pengaruh Konsentrasi Pelarut (n-Heksana) terhadap Rendemen Hasil Ekstraksi Minyak Biji Alpukat untuk Pembuatan Krim*

Pelembab Kulit (Suratmin Utomo). 5, 39–47.

- Verma, P., & Sharma, M. P. (2016). Review of process parameters for biodiesel production from different feedstocks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1063–1071. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.054>
- Wibowo, A., & Sudi, Y. (2004). Ekstraksi Minyak Nilam Dengan Pelarut Normal Heksana. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Weerawatanakorn, M., Janporn, S., Ho, C. T., & Chavasit, V. (2015). Terminalia catappa linn seeds as a new food source. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*, 37(5), 507–514.