



# Ekstraksi Minyak Biji Ketapang (*Terminalia Catappa Linn*) Dengan Menggunakan Pelarut N-Heksana

Rahma Romadhona, Meriatna, Lukman Hakim, Zainuddin Ginting, Jalaluddin

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

\*e-mail: [meriatna@unimal.ac.id](mailto:meriatna@unimal.ac.id)

**Abstrak:** Tumbuhan ketapang mengandung minyak sekitar 60%. Tujuan dari penelitian ini ialah sebagai menilai bagaimana suhu dan durasi ekstraksi mempengaruhi mutu minyak ketapang. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menyediakan informasi mengenai potensi pemanfaatan biji ketapang sebagai sumber energi terbarukan di masa depan, sambil meningkatkan nilai ekonomi dan tambah dari biji ketapang. Ekstraksi dilakukan dengan pelarut non polar (N-heksana) dan pelarut tersebut kemudian dipisahkan melalui proses distilasi. **Penelitian ini telah dilakukan sebelumnya yang melibatkan variasi konsentrasi dan waktu ekstraksi maka dari itu penelitian ini di fokus pada variasi suhu dan interval waktu ekstraksi.** Hasil penelitian menunjukkan bahwa yield minyak biji ketapang mencapai 36,49% pada suhu 60°C Waktu ekstraksi adalah 4 jam. Minyak ini mempunyai sifat tertentu seperti densitas 0,8719 g/ml, viskositas 15,905 cP, kadar FFA 0,666, kadar air 0,950%, dan mampu bertahan selama 3,5 jam pada suhu ekstraksi 60 °C.

**Kata Kunci :** Biji Ketapang, Ekstraksi, Distilasi, N-Heksana dan Triglicerida

## 1. Pendahuluan

Ketapang (*Terminalia catappa Linn*) adalah tanaman Asia Tenggara yang paling sering ditemukan di Indonesia. Ketapang secara alami berkembang di pantai berpasir atau berbatu. Toleran terhadap tanah asin dan tahan terhadap percikan air laut; tahan angin dan lebih suka sinar matahari penuh atau teduh parsial. Mampu bertahan hidup di lingkungan tropis atau dekat tropis. Tanaman ini tumbuh subur di Indonesia dan kurang dimanfaatkan oleh masyarakat (Rasyid & Nasir, 2020).

*Terminalia catappa Linn* (ketapang) umumnya ditanam di bermacam wilayah tropis dan subtropis pada seluruh dunia. Tumbuhan ini berasal dari daerah tropis di India, kemudian ke Asia Tenggara, Australia Utara dan Polynesia di Samudra Pasifik (Putri, 2018). Di Indonesia Ketapang adalah pohon pantai dengan daerah penyebaran yang cukup luas, tumbuh liar di dataran rendah dan sering dijumpai di daerah pesisir pantai. Pohon ini sering ditanam sebagai pohon peneduh di dataran rendah, oleh karenanya juga ditanam sebagai pohon hias di kota-kota. Selain itu, ketapang juga dapat berkembang di wilayah dataran tinggi (Faisal & Chafidz, 2019).

Biji *Terminalia catappa Linn* memiliki kandungan minyak sekitar 40,15%, oleh karena itu, minyak yang berasal dari biji *terminalia catappa linn* dihasilkan melalui proses ekstraksi kemudian menjalani tahap distilasi (Balogun & Fetuga, 1985)(Rasyid & Nasir, 2020). Ekstraksi komponen bioaktif dari biji ketapang diperlukan untuk sepenuhnya menggunakan potensi benih ini. Metode ekstraksi refluks adalah teknik populer untuk memisahkan bahan kimia bioaktif dari bahan alami. Pemanasan bertahap dan terus menerus dari bahan alami dalam pelarut tertentu digunakan dalam proses ini (Yeni, 2022).

## 2. Bahan dan Metode

Pada penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.



## 2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada percobaan ini antara lain biji ketapang, N-heksana, dan Aquades. Peralatan yang diperlukan pada studi tersebut melibatkan *Hot plate*, Ayakan 20 mesh, seperangkat peralatan ekstraksi, seperangkat peralatan distilasi, oven, peralatan titrasi, dan timbangan timbangan.

## 2.2. Prosedur Penelitian

### 2.2.1 Preparasi Biji Ketapang

Biji *terminalia catappa linn* dibersihkan dari kotoran termasuk kulitnya dan bahan-bahan tidak diinginkan. Agar memperkecil kandungan air dalam biji ketapang, dilakukan pengeringan dalam pemanggang (*oven*) kurang lebih satu jam dalam temperatur 105°C. Selanjutnya, biji ketapang dihaluskan hingga mencapai ukuran 20 mesh.

### 2.2.2 Ekstraksi Biji Ketapang

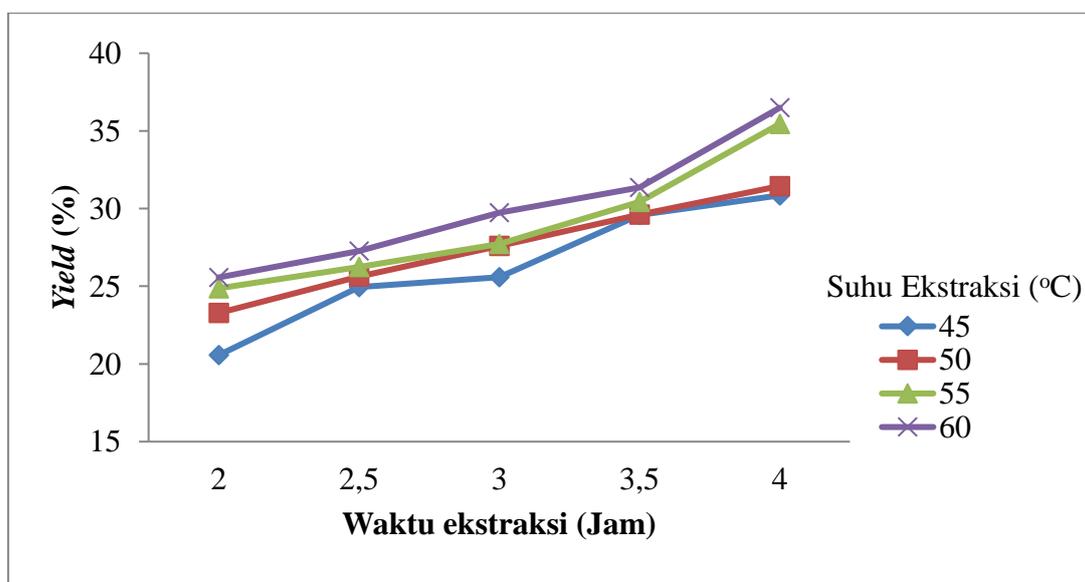
Biji ketapang yang telah disaring selanjutnya dimasukkan ke dalam labu leher dua bersama 50 gram garam dan 200 ml n-Heksana. Proses ekstraksi dilakukan pada suhu berbeda, yaitu 45°C, 50°C, 55°C, dan 60°C, dengan waktu ekstraksi berkisar antara 2 jam, 2,5 jam, 3 jam, 3,5 jam hingga 4 jam. Ekstrak yang dihasilkan kemudian difiltrasi menggunakan kertas saring. Setelah itu, minyak biji ketapang dipisahkan dari pelarutnya melalui distilasi, menghasilkan minyak biji ketapang. Selanjutnya, minyak tersebut dianalisis untuk *yield*, densitas (berat jenis), viskositas, kandungan air dan kadar FFA, serta kandungan trigliserida menggunakan GCMS

## 3. Hasil dan Pembahasan

Tujuan dari percobaan tersebut adalah agar mengevaluasi efek durasi dengan suhu ekstraksi terhadap karakteristik minyak *terminalia catappa linn* yang telah didapatkan. Hasil percobaan mencakup data tentang *yield*, densitas (berat jenis), viskositas, kandungan air, kadar FFA, dan analisis kandungan trigliserida pada GCMS.

### 3.1 Analisa Kualitas Minyak Biji Ketapang

#### 3.1.1 Analisa Yield



Gambar 1 Grafik Hubungan Suhu dan Waktu Ekstraksi Terhadap Yield

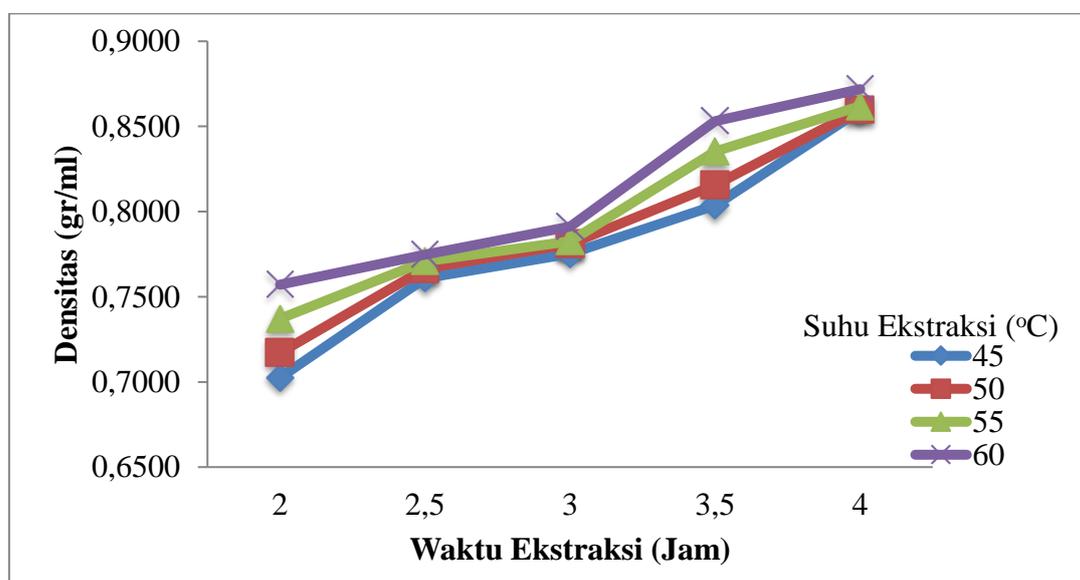
Dari hasil penelitian, ditemukan bahwa *yield* tertinggi diperoleh pada suhu ekstraksi 60°C, mencapai 36,49%. Temuan tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu ekstraksi, *yield* minyak

biji ketapang cenderung meningkat. Fenomena ini disebabkan oleh penguapan air yang ada di permukaan biji ketapang pada suhu yang lebih tinggi, mengakibatkan penurunan viskositas minyak.

Sebagai hasilnya, minyak lebih mudah keluar dari sel biji dan terjadi peningkatan difusi, karena molekul minyak mendapatkan lebih banyak energi kinetik seiring dengan kenaikan suhu. Demikian pula, sedikit peningkatan suhu menyebabkan sedikit penurunan kepadatan cairan yang menyebabkan penurunan kelarutan zat terlarut. Hal ini sesuai dengan pernyataan hasil penelitian ekstraksi minyak biji ketapang yang telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya, *yield* tertinggi minyak ketapang yang dihasilkan yaitu sebesar 60,45% yang dilakukan oleh (M. C. Menkiti, 2015), dimana durasi suhu ekstraksi dapat memengaruhi tingkat peningkatan *yield* yang terhasil. Produksi minyak meningkat sejalan dengan peningkatan suhu selama proses ekstraksi. Berdasarkan temuan penelitian, disimpulkan semakin bertambahnya durasi ekstraksi, terdapat kecenderungan untuk meningkatkan *yield* minyak biji ketapang. Fenomena ini disebabkan oleh perpanjangan waktu kontak antara bahan dan pelarut, yang mengakibatkan peningkatan jumlah minyak diperoleh dari ekstraksi *terminalia catappa linn*. Temuan ini konsisten pada penelitian sebelumnya terkait ekstraksi, yang menunjukkan bahwa durasi ekstraksi memiliki dampak pada *yield* dan massa jenis (Yeni, 2022).

### 3.1.2 Analisa Densitas

Berat jenis (Densitas) merujuk pada perbandingan berat pada zat terhadap volumenya pada suhu tertentu, adalah salah satu ukuran krusial dalam menilai kualitas dan kemurnian minyak. Densitas minyak bervariasi dalam kisaran 0,696 hingga 1,188 gr/cm<sup>3</sup> dengan temperatur 25°C (Smith, 1987). Berat jenis minyak esensial diakibatkan oleh suatu zat penyusunnya. Semakin panjang rantai molekul dan semakin berat molekul komponen minyak esensial, densitasnya cenderung lebih tinggi. Selain itu, durasi ekstraksi yang lebih lama dapat meningkatkan jumlah senyawa yang diekstraksi, yang pada gilirannya meningkatkan konsentrasi dan densitas minyak esensial (Kawiji, 2010).



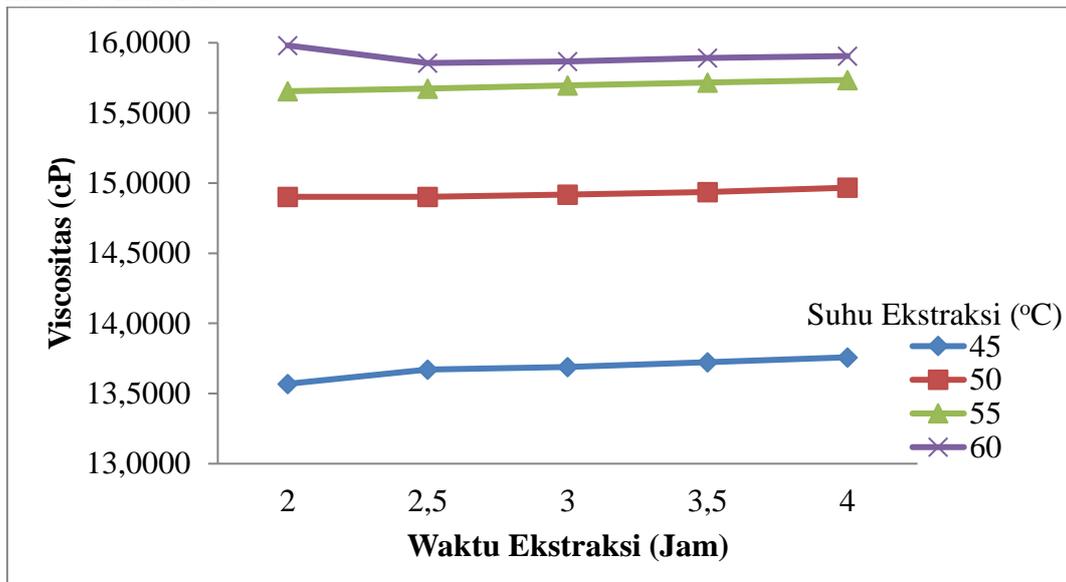
Gambar 2 Grafik Hubungan Suhu dan Waktu Ekstraksi Terhadap Densitas

Dalam penelitian ini, teramati jika densitas minyak biji ketapang meningkat sejalan dengan peningkatan suhu pelarut dan durasi ekstraksi. Dalam penelitian ini, densitas minyak yang dihasilkan berada dalam kisaran 0,7608 gr/ml hingga 0,8719 gr/ml. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya, di mana ekstraksi minyak *terminalia catappa linn* menghasilkan berat jenis dalam kisaran 0,84 gr/ml hingga 0,918 gr/ml (Putri, 2018). Artinya dalam penelitian ini, densitas minyak biji ketapang telah mencakup rentang densitas, walaupun tidak pada semua sampel. Densitas tertinggi yang tercatat dalam penelitian ini adalah 0,8718 gr/ml. Temuan dari penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu ekstraksi dan semakin tinggi suhu ekstraksi, densitas yang didapatkan cenderung semakin

tinggi. Fenomena ini sejalan pada temuan beberapa penelitian terkait ekstraksi, yang menunjukkan bahwa waktu dan suhu ekstraksi dapat memengaruhi peningkatan densitas (Putri, 2018).

Perbedaan dalam waktu dan suhu ekstraksi diyakini memiliki dampak pada densitas minyak yang dihasilkan. Tingginya berat jenis minyak diperkirakan disebabkan oleh kandungan asam lemak di dalamnya. Semakin lama proses ekstraksi dan semakin tinggi suhu ekstraksi yang digunakan, diyakini akan meningkatkan efisiensi dalam mengekstraksi minyak (Hariani, 2006).

### 3.1.3 Analisa Viskositas

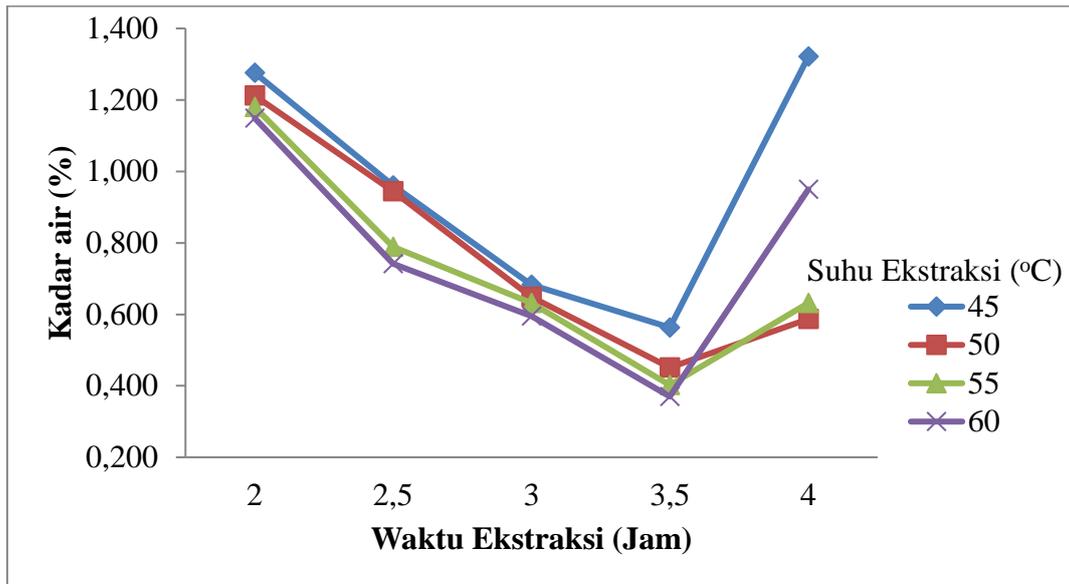


**Gambar 3** Grafik Hubungan Suhu dan Waktu Ekstraksi Terhadap Viskositas

Pada grafik dapat dilihat bahwa viskositas minyak biji ketapang meningkat sejalan dengan peningkatan suhu ekstraksi dan durasi ekstraksi. Hasil viskositas yang tercatat dalam penelitian ini sesuai dengan temuan yang ada dalam penelitian sebelumnya (Hariani et al., 2006). Dalam penelitian ini, viskositas minyak biji ketapang yang dihasilkan mencapai 15,905 cP. Viskositas merupakan indikator kualitas minyak, di mana peningkatan viskositas mengindikasikan peningkatan kualitas minyak. Viskositas minyak biji ketapang yang tercatat dalam penelitian ini telah memenuhi standar viskositas minyak nasional Indonesia sebesar 14,400 cP (Hariani, 2006).

### 3.1.4 Analisa Kandungan Air

Tingginya kandungan air menunjukkan kualitas minyak diperoleh rendah. Semakin banyak air dalam minyak, risiko hidrolisis dan kerusakan minyak akan meningkat, menyebabkan peningkatan kadar FFA pada minyak (Hariani, 2006). Kadar air dalam minyak biji ketapang yang didapatkan dari macam waktu dan suhu ekstraksi melebihi standar kualitas minyak (0,5% (b/b)). Keadaan ini disebabkan oleh ketidakmampuan air untuk terpecah secara alami selama proses ekstraksi minyak (Hariani, 2006).

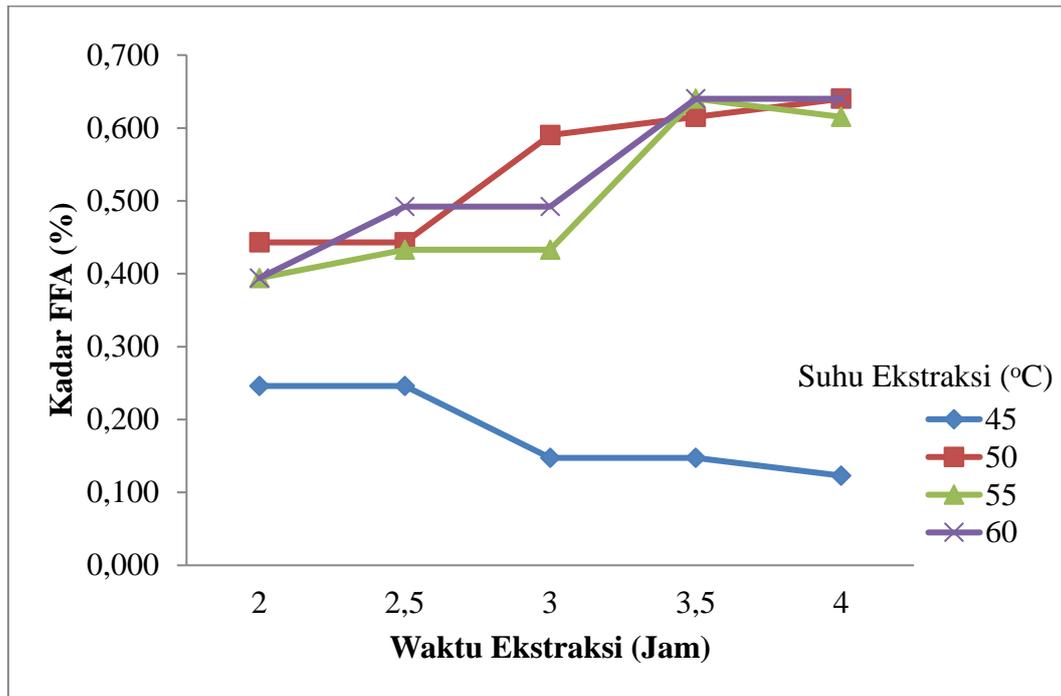


**Gambar 4** Grafik Hubungan Suhu dan Waktu Ekstraksi Terhadap Kadar Air

Pada gambar 4 terlihat kandungan air tampak tidak stabil, dengan kandungan air paling tinggi tercatat pada suhu 45°C pada durasi ekstraksi 4 jam, mencapai 1,321%. tingkat dan ketidakstabilan kadar air yang teramati pada rentang waktu 4 jam disebabkan oleh perbedaan tingkat kematangan dan durasi penyimpanan *terminalia catappa linn* yang digunakan. Tingginya kadar air dalam bervasiasi dipicu pada kondisi awal biji diolah, di mana biji yang sudah tua atau telah disimpan dalam jangka waktu tertentu sebelum diproses dapat meningkatkan kadar air (Santoso, 2020). Namun, tingkat kadar air dalam minyak biji ketapang dapat memenuhi standar kualitas, yakni dengan variasi waktu ekstraksi selama 3,5 jam pada suhu 45°C, 50°C, 55°C, dan 60°C, selama waktu ekstraksi 3 jam pada suhu 60°C, dan selama waktu ekstraksi 4 jam pada suhu 50°C, yang menghasilkan kandungan air kurang dari 0,5%.

### 3.1.5 Analisa Kadar FFA

Kandungan FFA yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan terjadinya reaksi antara minyak dan basa, membentuk sabun. Bilangan asam merupakan parameter kritis dalam menilai kualitas minyak, karena asam lemak bebas yang dihasilkan akibat hidrolisis dapat menurunkan kualitas minyak. Bilangan asam mencerminkan sejauh mana kerusakan yang terjadi pada minyak atau lemak. Peningkatan bilangan asam terjadi karena adanya hidrolisis molekul minyak, yaitu pemecahan ikatan trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak berantai pendek. Kenaikan bilangan asam dikarenakan banyaknya kadar FFA ini terbentuk selama pemanasan dalam proses ekstraksi, diperkirakan berasal dari reaksi hidrolisis (Hariani, 2006).



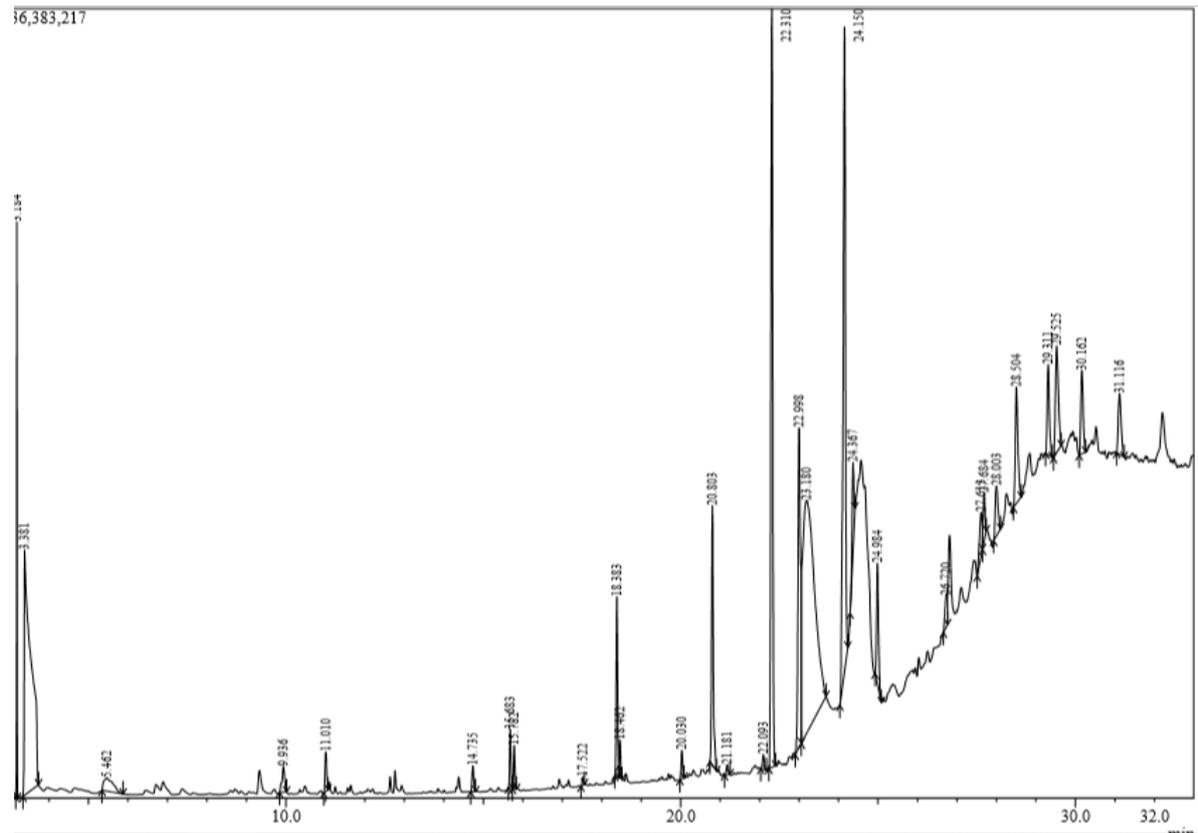
**Gambar 5** Grafik Hubungan Suhu dan Waktu Ekstraksi Terhadap Kadar FFA

Pada hasil penelitian, terlihat bahwa kadar FFA cenderung tidak stabil. Pada suhu 50°C, 55°C, dan 60°C, kadar FFA cenderung stabil dan meningkat, sementara pada suhu 45°C, kandungan FFA tetap stabil dan mengalami penurunan. Variabilitas yang tidak konsisten dalam kadar FFA terkait dengan tingkat kadar air yang didapatkan, dan penyebab lainnya dikarenakan oleh perbedaan tingkat kematangan dan waktu penyimpanan bahan baku biji ketapang pada setiap variabel. Peningkatan kadar FFA terjadi karena FFA dihasilkan melalui hidrolisis trigliserida oleh enzim, termasuk lipase. Selain katalis enzim, beberapa variabel proses yang berpengaruh signifikan terhadap perolehan kadar FFA adalah suhu, tingkat kematangan buah, luka pada buah, waktu penyimpanan, dan kadar air (Marlina & Ramdan, 2017). Kadar FFA berkorelasi positif dengan kandungan air. Kandungan air yang banyak dalam minyak biji ketapang bisa mengakibatkan hidrolisis minyak menjadi asam lemak bebas. Semakin berlangsungnya reaksi hidrolisis, kadar FFA yang dihasilkan akan semakin meningkat.

### 3.1.6 Uji Komposisi Trigliserida Minyak Biji Ketapang

Minyak *terminalia catappa linn* yang diekstraksi melalui diamati dengan spektrofotometer GC-MS berguna menentukan banyaknya senyawa dan komposisi senyawa yang membentuk trigliserida. Pengamatan terhadap hasil uji GC-MS yang ditemukan dalam Gambar 6.

Chromatogram Minyak Biji Ketapang D:\Data\2024.01.05 Minyak Biji Ketapang.qgd



Peak Report TIC

Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Name
1	3.184	22301801	2.36	26593683	13.22	0.84	1-Pentene, 2-methyl- (CAS) 2-Methyl-1-pentene
2	3.381	132247189	13.98	11319979	5.63	11.68	Cyclohexane (CAS) Hexanaphthene
3	5.462	10063297	1.06	612881	0.30	16.42	Cyclopentanol, 1-methyl-
4	9.936	5528385	0.58	1187235	0.59	4.66	D-Limonene
5	11.010	5203994	0.55	1833533	0.91	2.84	Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-
6	14.735	3546680	0.37	1198471	0.60	2.96	2,4-Decadienal, (E,E)- (CAS) trans,trans-2,4-decadienal
7	15.683	6516349	0.69	2698733	1.34	2.41	1-Pentadecene
8	15.782	4713105	0.50	1995307	0.99	2.36	Tetradecane
9	17.522	922251	0.10	387714	0.19	2.38	Dodecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl dodecanoate
10	18.383	21649405	2.29	8315355	4.13	2.60	1-Heptadecene
11	18.462	2732080	0.29	1408318	0.70	1.94	Hexadecane
12	20.030	3673744	0.39	1338917	0.67	2.74	Tetradecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl tetradecanoate
13	20.803	35746367	3.78	11979449	5.96	2.98	1-Nonadecene
14	21.181	1638750	0.17	467589	0.23	3.50	Isopropyl myristate
15	22.093	2172437	0.23	695358	0.35	3.12	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-
16	22.310	113761153	12.03	35027455	17.41	3.25	Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl hexadecanoate
17	22.998	63562069	6.72	14765832	7.34	4.30	n-Nonadecanol-1
18	23.180	226934187	23.99	10783685	5.36	21.04	Oleic Acid
19	24.150	120330881	12.72	29784098	14.81	4.04	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS) Methyl 9-octadecenoate
20	24.367	12329831	1.30	3971774	1.97	3.10	Octadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl octadecanoate
21	24.984	18523516	1.96	5587507	2.78	3.32	Behenic alcohol
22	26.720	6723495	0.71	1476681	0.73	4.55	2-Hydroxy-(Z)-9-pentadecenyl propanoate
23	27.613	9824563	1.04	1996824	0.99	4.92	(R)-(-)-14-Methyl-8-hexadecyn-1-ol
24	27.684	7177983	0.76	2247967	1.12	3.19	Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl- (CAS) 2,6,10,14-tetramethylhexadecane
25	28.003	11657693	1.23	2298170	1.14	5.07	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxyethyl)-
26	28.504	24234285	2.56	5382919	2.68	4.50	2-methylhexacosane
27	29.311	16200257	1.71	4176111	2.08	3.88	Tetracontane
28	29.525	25669589	2.71	4935321	2.45	5.20	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2,3-dihydroxypropyl ester
29	30.162	16203932	1.71	3852465	1.92	4.21	Tetrapentacontane
30	31.116	14230264	1.50	2824584	1.40	5.04	Hexatriacontane
		946019532	100.00	201143915	100.00		

Gambar 6 ialah kromatogram analisis kandungan triglicerida memakai GC-MS. Grafik kromatogram yang disajikan mengindikasikan adanya metil ester pada minyak *terminalia catappa linn* yang dihasilkan dalam percobaan tersebut, yang benar dengan kadar FFA yang terdapat pada minyak tersebut.

Analisis GC-MS menghasilkan beberapa puncak metil ester dalam hasilnya yaitu puncak 1 terdapat 1-Heptadecene ( $C_{18}H_{34}O_2$ ) sebesar 2.29%. Pada puncak 2 terdapat 1-Nonadecene ( $C_{19}H_{38}$ ) sebesar 3.78%. Pada puncak 3 terdapat hexadecanoic acid atau metil palmitat ( $C_{17}H_{34}O_2$ ) sebesar 12.03%. Pada puncak 4 terdapat n-Nonadecanol-1 ( $C_{19}H_{40}O$ ) sebesar 6.72%. Pada puncak 5 terdapat Oleic Acid ( $C_{18}H_{34}O_2$ ) sebesar 23.99%. Pada puncak 6 terdapat 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CA) sebesar 12.72%. Pada puncak 7 terdapat octadecadienoic acid atau metil linoleat ( $C_{19}H_{34}O_2$ ) sebesar



1.30%. Berdasarkan hasil uji menggunakan GC-MS maka minyak biji ketapang memiliki kandungan trigliserida yang cukup tinggi.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Pada hasil penelitian dan pembahasan didapatkan kesimpulan antara lain:

1. *Yield*, densitas, dan viskositas minyak *terminalia catappa linn* yang diperoleh berkorelasi positif dengan suhu ekstraksi, namun kadar air dan kadar FFA cenderung menunjukkan ketidakstabilan..
2. *Yield*, densitas, dan viskositas minyak biji ketapang yang diperoleh berkorelasi positif dengan waktu ekstraksi, namun kandungan air dan kadar FFA menunjukkan ketidakstabilan.
3. Pada waktu ekstraksi 4 jam dan suhu 60°C *Yield* terbaik yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu 36,49%, Pada densitas yaitu sebesar 0,8719 gr/ml, pada viskositas yaitu sebesar 15,905cP, sedangkan pada kadar air dan kadar FFA terlihat tidak stabil,
4. Pada kadar air hasil terbaik pada waktu 3,5 jam dan pada suhu 45°C, 50°C, 55°C dan 60°C, pada waktu jam dan suhu 60°C dan pada waktu 4 jam dan suhu 50°C < 0,5%. Pada kadar FFA cenderung stabil dan menurun pada suhu 45°C sedangkan pada suhu 50°C, 55°C dan 60°C cenderung stabil dan meningkat.

Beberapa saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini yaitu:

1. Penelitian berikutnya dapat memasukkan variasi waktu ekstraksi yang lebih beragam
2. Penggunaan bahan baku dan volume pelarut dapat dimodifikasi untuk mencapai hasil yang optimal.
3. Harapannya, dalam penelitian mendatang, analisis kadar air dapat dilakukan secara langsung untuk memperoleh hasil yang optimal.
4. Diinginkan agar penelitian berikutnya, *Terminalia catappa linn* yang dimanfaatkan sebagai bahan baku mempunyai tingkat kematangan yang konsisten.

#### 5. Daftar Pustaka

- Balogun, A. M., & Fetuga, B. L. (1985). *Fatty acid composition of seed oils of some members of the leguminosae family*. Food Chemistry, 17(3), 175–182. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(85\)90066-4](https://doi.org/10.1016/0308-8146(85)90066-4)
- Faisal, R. M., & Chafidz, A. (2019). *Extraction of Natural Dye from Ketapang Leaf (Terminalia catappa) for Coloring Textile Materials*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 543(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/543/1/012074>
- 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).
- Kawiji, K., Khasanah, L. U., & Pramani, C. A. (2010). *Pengaruh Perlakuan Awal Bahan Baku Dan Waktu Destilasi Serai Dapur (Cymbopogon Citratus) Terhadap Karakteristik Fisikokimia Minyak Serai Dapur (Lemongrass Oil)*. Jurnal Teknologi Hasil Pertanian, 3(1), 59. <https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.13628>
- Yeni Aulia, Meriatna\*, Masrullita, Novi Sylvia, Agam Muarif, Raudhatul Ulfa Kimia, J. T., Teknik, F., Malikussaleh, U., Utama, K., Teungku, C., Reuleut, N., & Batu, M. (2022). *Ekstraksi Minyak Biji Ketapang Sebagai Bahan Baku Biodiesel*. 5(Desember), 117–128.
- Marlina, L., & Ramdan, I. (2017). *Identifikasi kadar asam lemak bebas pada berbagai jenis minyak nabati*. Jurnal TEDC, 11(1), 53–59.
- Menkiti, M. C., Agu, C. M., & Udeigwe, T. K. (2015). *Extraction of oil from Terminalia catappa L.: Process parameter impacts, kinetics, and thermodynamics*. Industrial Crops and Products, 77(December 2015), 713–723. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.08.019>
- Putri, N., Affandhy Muslim, M., Gerystra Sitorus, J., & Luhangga Putra, D. (2018). *Extraction of Ketapang Seeds (Terminalia Catappa Linn) As Raw Material of Biodiesel Ekstraksi Biji Ketapang (Terminalia Catappa*



- Linn*) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Konversi*, 7(1), 10–14. <https://doi.org/10.20527/k.v7i1>
- Rasyid, H. Al, & Nasir, R. (2020). *Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Biji Ketapang (Terminalia Catappa L) Pada Proses Produksi Metil Ester*. *Jurnal Pijar Mipa*, 15(1), 77–87. <https://doi.org/10.29303/jpm.v15i1.1430>
- Santoso, B., Nabilla, A., Rahayu, S., Bondan, A. T., & Selpiana, S. (2020). *Ekstraksi minyak biji ketapang menggunakan microwave pretreatment : pengaruh massa biji ketapang dan waktu radiasi*. 26(2), 80–87.
- Smith, D. L. (n.d.). *Applied uses of level density models\**.