

## UJI KARAKTERISTIK MINYAK BIJI KESAMBI (*Schleichera Oleosa*) ASAL NOEMUTI TTU SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

Gertreda Latumakulita<sup>1</sup>, Gerardus Diri Tukan<sup>2</sup>, Maria Junita Oeleu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universitas Katolik Widya Mandira Kupang

Email : [gertredal@gmail.com](mailto:gertredal@gmail.com)

### ABSTRACT

*Research was conducted on the Characteristic Test of Kesambi Seed Oil (*Schleichera oleosa*) from Noemuti, TTU as an Alternative Fuel. The purpose of this study was to determine the characteristics and feasibility of kesambi seed oil by the continuous extraction method or soxhletation using n-hexane as a solvent. The obtained oil extract is purified through a degumming process, a neutralization process to separate fatty acids and phosphides, and a bleaching and deodorizing process using an adsorbent. Observations were made in the form of oil yield and physical and chemical properties of kesambi oil. The results obtained are: an oil yield of 69%; the physical properties are clear yellow in color; specific gravity of 0.85 gram/mL; refractive index of 1.56, melting point of 5–31°C; and chemical properties are acid number of 4.18 mgKOH/gr.sample; saponification number of 34.5 mgKOH/gr.sample; peroxide number of 1.7 meq O<sub>2</sub>/Kg sample. From the results obtained, it can be concluded that pure kesambi oil from Noemuti, TTU can be used as biodiesel if viewed from its characteristics.*

**Keywords:** Kesambi Seed Oil (*Schleichera oleosa*), Alternative Fuel.

### ABSTRAK

*Telah dilakukan penelitian tentang Uji Karakteristik Minyak Biji Kesambi (*Schleichera oleosa*) asal Noemuti, TTU sebagai Bahan Bakar Alternatif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan kelayakan minyak biji kesambi dengan metode ekstraksi berlanjut atau Soxhletasi menggunakan pelarut n-heksan. Ekstrak minyak yang diperoleh dimurnikan melalui proses degumming, proses netralisasi untuk memisahkan asam lemak dan fosfida, dan proses pemucatan serta penghilangan bau menggunakan adsorben. Pengamatan yang dilakukan berupa rendemen minyak, sifat fisik dan kimia minyak kesambi. Hasil yang diperoleh yakni rendemen minyak sebesar 69%; Sifat fisik minyak berwarna kuning jernih, bobot jenis 0,85 gram/mL, Indeks bias 1,56, titik leleh 5-31°C; dan Sifat kimia berupa: angka asam 4,18 mgKOH/gr.sampel, angka penyabunan 34,5 mgKOH/gr.sampel, bilangan peroksida 1,7 meq O<sub>2</sub>/Kg sampel. Dari hasil yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa, minyak kesambi murni asal Noemuti, TTU dapat dijadikan biodiesel jika ditinjau dari karakteristiknya.*

**Kata kunci:** Minyak Kesambi (*Schleichera oleosa*), Bahan Bakar Alternatif.

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu kegunaan dari minyak bumi adalah sebagai bahan bakar. Kontinuitas penggunaan bahan bakar minyak berbasis fosil memunculkan paling sedikit dua macam ancaman serius yaitu: (1) ancaman di bidang ekonomi yakni kenaikan harga bahan bakar minyak akibat menipisnya cadangan minyak bumi. (2) ancaman polusi udara yang disebabkan oleh emisi pembakaran bahan bakar fosil ke lingkungan. Polusi yang ditimbulkan oleh pembakaran bahan bakar fosil memiliki dampak langsung dan tidak langsung bagi kesehatan. Dampak langsung bisa berupa gas-gas berbahaya seperti CO, NOx, juga unsur metalik seperti timbal (Pb). Sedangkan dampak tidak langsung berupa ledakan jumlah molekul CO<sub>2</sub> yang menyebabkan pemanasan global. (Yuliani, dkk. 2012)

Alternatif yang sering digunakan untuk mengatasi masalah yang timbul karena penggunaan bahan bakar fosil adalah dengan menggunakan biodiesel. Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang berpotensi menjadi bahan bakar mesin diesel menggantikan solar. Keunggulan biodiesel dibandingkan dengan bahan bakar solar yaitu dapat mengurangi emisi gas buang yang meliputi emisi hidrokarbon (CxHy), karbon monoksida (CO), sulfur oksida (SO), dan partikel-partikel lainnya (Rushang. et al, 2007). Biodiesel memiliki keunggulan lain yakni angka setana (CN) yang cukup tinggi sehingga dapat mengurangi emisi gas buang, dan menjadi pelumas yang sangat baik. Dengan titik nyala yang relatif tinggi 154°C, biodegradabilitas tinggi dan toksisitas rendah, maka biodiesel dianggap sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan dibanding dengan bahan bakar solar (Smith, P.C. et al, 2010).

Indonesia sebagai negara yang sangat kaya akan sumber daya hayati memiliki berbagai jenis tumbuhan yang berpotensi sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Di antaranya adalah: Jarak Pagar (*Jatropha curcas*), Jarak Kaliki (*Ricinus communis*), Kacang Suuk (*Arachis hypogea*), Kapok/Randu (*Ceiba pentandra*), Karet (*Hevea brasiliensis*), Kecipir (*Psophocarpus tetrag*), Kelapa (*Cocos nucifera*), Kemiri (*Aleurites moluccana*), Kesambi (*Schleichera oleosa*), Saga Utan (*Adenanthera pavonina*) dan masih banyak lagi. (Eliana Ayu Karinda, 2011)

Kesambi (*Schleichera oleosa*) termasuk salah satu tumbuhan hutan yang mudah beradaptasi, mempunyai manfaat yang serbaguna (multi purpose) serta bernilai ekonomis dan sangat potensial untuk dikembangkan. Salah satu potensi dari tumbuhan kesambi (*Schleichera oleosa*) adalah daging biji kesambi, yang dapat dijadikan sebagai Biodiesel. Di Indonesia kesambi tumbuh baik di pulau Jawa, pulau Bali, Kepulauan Nusa Tenggara, Sulawesi, dan Kepulauan Maluku (Heyne, 1987). Biji kesambi berkulit coklat, bulat panjang dengan ukuran antara 6-14 mm, mudah pecah dan daging bijinya mengandung 70 persen minyak. Selama ini, minyak biji kesambi cenderung digunakan sebagai biodiesel dan juga sebagai obat luar (Putri,F.D,dkk.2021). Minyak ini berguna sebagai bahan pembuatan minyak gosok; mengobati penyakit dalam, kudis dan luka-luka; serta dapat diolah menjadi minyak pelumas, pembuatan lilin, industri batik, dan bahan membuat sabun. dalam upaya pengembangan biodiesel. Bahkan kulit bijinya dapat dijadikan kompos dan sangat baik untuk pertumbuhan jagung lokal (Bachli, 2007).

Minyak yang berasal dari biji kesambi dapat ditentukan sifat khas (karakter) melalui uji sifat fisik dan kimianya. Uji fisik meliputi: warna, berat jenis atau bobot jenis, indeks bias dan titik leleh. Uji kimia meliputi angka asam, angka penyabunan, angka peroksida.

Di NTT jumlah populasi kesambi belum diketahui secara pasti karena masih dianggap liar. Pemanfaatan tumbuhan kesambi oleh masyarakat NTT hanya sebatas kayu bakar dan daging buahnya dijadikan sebagai asinan. Fungsi kesambi yang digunakan sebagai kayu bakar juga merupakan salah satu ancaman serius yaitu dengan penebangan

pohon kesambi untuk diambil batangnya tanpa penanaman ulang atau reboisasi dapat mengancam hilangnya spesies ini. Keberadaan kesambi yang dianggap liar dan memiliki manfaat, seharusnya juga menjadi salah satu perhatian oleh pemerintah setempat agar populasinya jangan sampai punah.

Penelitian tentang minyak biji kesambi sebagai alternatif bahan bakar atau bahan baku biodiesel, telah dilakukan oleh berbagai pihak. Di antaranya adalah Sudradjat, dkk (2010) tentang Pembuatan Biodiesel dari Biji Kesambi yang berasal dari daerah Purwodadi, Jawa Barat. Melaporkan bahwa minyak kesambi memiliki potensi untuk dijadikan biodiesel karena memiliki kandungan yang mirip dengan bahan nabati lain yang sudah terbukti bisa dijadikan biodiesel seperti minyak jarak, nyamplung, kedelai dan kelapa sawit. Analisis sifat fisikokimia dari sampel dilaporkan bahwa, kadar air yang diperoleh masih cukup tinggi (0,10-0,82%) dengan rata-rata 0,49%. Sementara bilangan asamnya antara 0,625-1,33 mgKOH/g minyak dengan rata-rata sebesar 0,877 mgKOH/g minyak. Nilai ini tergolong tinggi meski EET dan ENT sebagian besar memenuhi standar. Karakteristik lainnya yaitu viskositas kinematik yaitu 12,7-16,4 cSt, densitas antara 0,906-0,920 g/cm dan rendemen biodiesel setelah pemisahan adalah antara 63,01-96,93% dengan rata-rata 72,02%.

Penelitian lainnya dilakukan oleh A. Aunillah dan B.P Ballitri, (2012) tentang Minyak Biji Kesambi (*Schleichera oleosa*) Sebagai Bahan Baku Biodiesel. Hasil yang diperoleh yakni biodiesel sampel uji mempunyai karakteristik mendekati bahan bakar solar, yang dilihat dari perbandingan viskositas, berat jenis, flash point, titik bakar dan nilai kalornya.

Berdasarkan kajian tentang potensi minyak biji kesambi sebagai alternatif pengganti bahan bakar yang dilakukan oleh para peneliti terdahulu maka dilakukan penelitian dengan judul uji karakteristik minyak biji kesambi asal Noemuti, TTU sebagai alternatif bahan bakar. Aspek yang dianalisis meliputi sifat fisik dan sifat kimia. Sifat fisik meliputi: warna, berat jenis, indeks bias, dan titik leleh. Sifat kimia meliputi: angka asam, angka penyabunan, dan angka peroksida. Dimana pada penelitian ini, sifat fisik dan kimia yang meliputi warna, indeks bias, bobot jenis, titik leleh, angka asam, angka penyabunan, dan angka peroksida tidak dilakukan oleh peneliti terdahulu.

## **2. LANDASAN TEORI**

### **2.1. Tumbuhan Kesambi (*Schleichera oleosa*)**

#### **2.1.1. Kesambi dan Minyak Bijinya**

Terkenal dapat menghasilkan minyak atsiri atau minyak makasar, biji kesambi memiliki kulit seberat 40% berat bijinya dengan isi biji mengandung sekitar 70% minyak. Minyak yang diperoleh terlihat bening kekuningan, encer dan berbau khas. Namun dapat membentuk endapan putih bila disimpan melebihi waktu satu tahun. Minyak kesambi tercatat mengandung asam sianida (HCN) sebanyak 0,02% serta dapat digunakan sebagai pelumas, sabun lunak, pembuatan lilin dan pada industri batik (Heyne, 1987). Bahkan jika disandingkan dengan biodiesel seperti minyak jarak pagar, minyak kedelai, dan minyak kelapa sawit, komponen minyak dalam biji kesambi memiliki kemiripan yang cukup signifikan. Berikut adalah komposisi asam lemak minyak dan asam lemak bebas pada minyak kesambi (*Schleichera oleosa*)

**Tabel 1.** Komposisi Asam Lemak Minyak dan Asam Lemak Bebas Pada Minyak Kesambi (*Schleichera oleosa*).

Asam Lemak	%
Asam Miristat	0,01
Asam Palmitat	7,59
Asam Palmitoleat	1,8
Asam Oleat	2,83
Asam Linolelaid	49,69
Asam Linoleat	5,56
Asam Alfa-Linoleat	0,26
Asam Eicosenoat	29,54
Asam Ecosadienoat	0,24
Asam Heneicosanoit	0,04
Asam Behenit	1,14
Asam Erucic	1,22
Asam Lignoceric	0,03
Asam Docosaheksanoat	0,02

Sumber, Palanuvej (2008) dan Gandi M et al (2011)

### 2.1.2. Morfologi Tumbuhan Kesambi

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Subkingdom	: Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Magnoliopsida (berkeping dua/dikotil)
Sub Kelas	: Rosidae
Ordo	: Sapindales
Famili	: Sapindaceae
Genus	: <i>Schleichera</i>
Spesies	: <i>Schleichera oleosa</i> MERR.

Nama daerah: kasambi (Sunda); kesambi, kusambi, sambu (Jawa, Bali); kasambhi (Medan); kasambi, kahambi (Sumba); kehabe (Sawu); kabahi (Solor); kalabai (Alor); kule, ule (Rote); bado (Makassar); ading (Bugis)

Pohon kesambi tumbuh alami di lembah Himalaya, Sri Langka, dan Indonesia. Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi, Maluku, Pulau Seram dan Pulau Kai adalah sejumlah tempat kesambi bertumbuh dengan baik di Indonesia (Heyne, 1987).

Kesambi ditemukan tumbuh di dataran rendah yang beriklim kering hingga ketinggian 600 m dpl, ataupun ditanam pada daerah pantai hingga ketinggian 250 m dpl. Tumbuhan ini umumnya dapat ditemukan di ketinggian rendah maupun pada ketinggian antara 900-1200 m dengan curah hujan 750 – 2500 mm per tahun serta mampu hidup pada suhu minimum 2.5°C dan maksimum 47.5°C di Pulau Jawa. Kesambi tumbuh pada berbagai jenis tanah, baik tanah kering, berbatu, berawa, kerikil, dan liat; namun lebih baik pada tanah berdrainase yang baik dan sedikit masam. Kawasan hutan produksi yang tidak produktif serta lahan kritis di luar kawasan hutan pun dapat ditanami kesambi (Eliya Suita. 2012)



**Gambar 1.** Buah kesambi beserta biji kesambi

Pada gambar 1, diketahui bahwa biji kesambi ditutupi dengan kulit berwarna coklat, berbentuk oval, berukuran 6 hingga 14 mm, mudah dihancurkan, dan daging bijinya mengandung 70% minyak. Minyak ini menjadi bahan yang sangat berguna untuk minyak parut dan sangat cocok untuk mengobati penyakit dalam, kudis dan luka. Untuk mengembangkan biodiesel, biji kesambi dapat diolah menjadi minyak pelumas, pembuatan lilin, industri batik dan bahan pembuatan sabun (Bachli, 2007).

## 2.2. Biodiesel

Biodiesel merupakan suatu ester monoalkil menurut asam lemak rantai panjang, menurut asal yang bisa diperbaharui, misalnya minyak tanaman & lemak fauna, serta dapat dipakai pada mesin diesel. Kandungan primer biodiesel merupakan metil ester asam lemak yang didapatkan menurut trigliserida pada minyak botani & lemak fauna melalui reaksi transesterifikasi menggunakan metanol. Biodiesel mempunyai ciri yg sama menggunakan bahan bakar diesel konvensional, karenanya biodiesel bisa dijadikan menjadi bahan bakar cara lain bagi bahan bakar diesel konvensional (Gerpen, dkk., 2004).

Dalam penggunaannya, biodiesel bisa dipakai eksklusif pada mesin diesel tanpa adanya modifikasi dalam mesin terlebih dahulu (dikenal menggunakan B100) atau

digunakan buat bauran bahan bakar diesel contohnya B20 (bauran 20% biodiesel, 80% diesel konvensional).

Penggunaan biodiesel menjadi bahan bakar cara lain mempunyai kelebihan dibandingkan menggunakan penggunaan bahan bakar diesel konvensional, misalnya (Pamata, 2008):

1. Merupakan bahan bakar yg lebih ramah lingkungan lantaran nirkoneksi sulfur bebas, halogen & kadar abu yg rendah
2. Bilangan setana melebihi 60, sebagai akibatnya efisiensi pembakaran lebih baik
3. Biodegradable, sebagai akibatnya bisa terurai sang lingkungan
4. Merupakan tenaga yg bisa diperbaharui lantaran bahan standar utamanya merupakan minyak botani
5. Meningkatkan independensi suplai bahan bakar suatu negara lantaran pemilihan bahan bakunya bisa memanfaatkan syarat geografis negara tersebut.

### 2.2.1 Karakteristik biodiesel

Biodiesel yang diperoleh dari esterifikasi dapat digunakan apa adanya atau dicampur dengan solar. Biodiesel dapat digunakan 100%, disebut B100, atau dicampur dengan solar seperti B20 (20% campuran biodiesel, 80% solar biasa). Sifat-sifat biodiesel adalah: Berat jenis 25°C, viskositas 40°C, indeks setana, titik nyala, titik tuang, bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan iodin, kadar belerang, kadar abu.

### 2.2.2 Biodiesel dari minyak kesambi

Sudrajat, dkk., (2010) mengatakan bahwa produksi biodiesel dari biji pegar (*Schleichera oleosa L.*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh proses treatment terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan. Pada penelitian ini dilakukan percobaan untuk memvariasikan faktor langkah proses, jumlah metanol yang digunakan, dan waktu esterifikasi. Penelitian utama menggunakan rancangan percobaan faktorial acak lengkap dengan menggunakan tiga faktor yaitu tingkat reaksi, jumlah metanol, dan waktu esterifikasi.

Faktor tahap reaksi terdiri dari empat tahap, yaitu kombinasi esterifikasi (E), transesterifikasi (T) dan netralisasi (N). Proses ini terdiri dari esterifikasi-esterifikasi (ET), esterifikasi-esterifikasi-esterifikasi (EET), esterifikasi-netralisasi-esterifikasi (ENT), dan esterifikasi-esterifikasi-netralisasi (ETN) yang terdiri dari empat tahap. Jumlah faktor metanol terdiri dari dua tahap. Artinya, gunakan rasio molar metanol terhadap minyak sebesar 15 berbanding 1 dan 20 berbanding 1. Waktu esterifikasi ada dua tahap, yaitu 30 menit dan 60 menit. Biodiesel yang dihasilkan kemudian dianalisis, meliputi analisis bilangan asam, kadar air, rendemen, viskositas, dan densitas.

Hasil analisis sifat fisikokimia biodiesel menunjukkan kadar air sejumlah 0,10 - 0,82%, bilangan asam biodiesel antara 0,625-1,330 mg KOH/g minyak, viskositas kinematik 12,70-16,40 cSt, densitas 0,906-0,920 g/cm, rendemen hasil ekstraksi 27,5% dengan rendemen biodiesel setelah degumming 63,01-96,93%.

Kelemahan karya Sudrajat adalah jenis metode yang digunakan membutuhkan jumlah katalis yang banyak, sehingga prosesnya lama dan mahal. Selain itu, karena proses ekstraksi dilakukan dengan cara pengepresan, maka rendemen yang diperoleh jauh lebih rendah dari rata-rata jumlah sampel yang digunakan.

Oleh Aunillah dan Dibyo (2012) mengenai Minyak Blackberry (*Schleichera oleosa*) sebagai bahan baku biodiesel. Penelitian ini ditujukan untuk menurunkan kadar

asam lemak bebas minyak burung pegas dengan pemanasan pada suhu 100 °C. Aunillah (2012) menemukan sebagai berikut: Rendemen minyak pegas murni dari metode pengepresan adalah 23,11%. Sementara kandungan asam lemak bebas yang tinggi dari minyak burung pegas dapat diturunkan sebesar 76 persen dari 5,01 menjadi 1,2 yang dicapai pada suhu 80°C.

Kelemahan penelitian Aunillah adalah: penelitian ini didasarkan pada penelitian Gandi M et al. (2011), oleh karena itu Aunillah hanya menghitung kadar asam lemak bebas minyak burung pegas dan tidak dilakukan pengukuran sifat minyak burung pegas. Kesimpulan mengenai potensi minyak burung pegas (minyak mentah dan metil ester) sebagai biodiesel diambil dari hasil penelitian Gandi et al. (2011) yang meliputi viskositas, berat jenis, titik nyala, titik nyala, dan nilai kalor.

### 2.2.3. Spesifikasi Biodiesel

**Tabel 2.** Perbandingan Biodiesel dengan Standar Internasional

Parameter	Satuan	(Eropa) EN 14214	(Amerika) ASTM	(Indonesia) SNI 04-7182-2006
Berat Jenis 15°C	g/mL	0,86-0,90	-	0,85-0,89
Viskositas 40°C	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	3,50-5,00	1,9-6,0	2,3-6,0
Indeks Setana	-	Min. 51	Min. 40	Min. 51
Titik Nyala	°C	Min. 120	Min. 100	Min. 100
Titik Tuang	°C	-15-13	-	-
Residu Karbon	% Berat	-	Maks. 0,05	Maks. 0,05
Angka Asam	mg-KOH/g sampel	Maks. 0,5	Maks. 0,8	Maks. 0,8
Angka Penyabunan	mg-KOH/g sampel	Maks. 120	-	Maks. 115
Angka Iod	g Iod/100 g sampel	-	-	-
Kadar Belerang	% Berat	Maks. 0,01	Maks. 0,05	Maks. 0,01
Kadar Abu	% Berat	-	-	Maks. 0,02

Sumber, Natasya Pamata 2008

## 2.2.4. Perbandingan Minyak Kasar Kesambi dengan Metil Ester Kesambi

**Tabel 3.** Perbandingan Minyak Kasar Kesambi dengan Metil Ester Kesambi

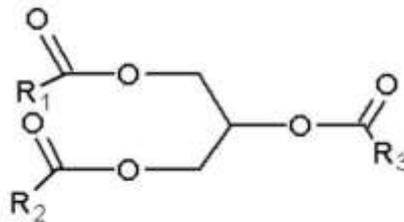
Karakteristik Minyak kesambi	Minyak Kesambi	Biodiesel Kesambi	SNI 04-7182-2006
Viskositas @ 40°C (cSt)	40,36	12,2	2,3-6,0
Berat Jenis @ 40°C (Kg/m <sup>3</sup> )	860	850	850-890
Flash Point (°C)	225	145	Min 100
Titik Bakar (°C)	231	152	-
Nilai Kalor (KI/Kg)	38.140	41.650	-

Sumber, Gandi, M.et, al (2011)

## 2.3. Minyak dan Lemak

### 2.3.1. Pengertian minyak dan lemak

Lemak dan minyak adalah asam lemak dan gliserin atau ester dari gliserin, juga disebut trigliserida. Rumus molekul dikenal sebagai  $C_3H_5(COOR)_3$  jika gugus alkilnya sama. Lemak dan minyak dibedakan berdasarkan titik lelehnya. Minyak berbentuk cair, sedangkan lemak berbentuk padat atau semi padat pada suhu kamar (Sulastri, 2011).



**Gambar 2.** (Ester dari asam lemak bebas), dimana R1, R2 dan R3 adalah rantai alkil dari asam-asam lemak.

Lemak dan minyak merupakan senyawa organik yang ada di alam, dan merupakan kelompok senyawa yang termasuk golongan lipid dengan struktur molekul yang kaya akan rantai karbon. Lemak bersifat hidrofobik dan kurang larut dalam air karena struktur molekulnya kaya akan rantai karbon, tetapi lipid larut dalam pelarut organik non-polar seperti dietil eter ( $C_2H_5OC_2H_5$ ) dan kloroform ( $CHCl_3$ ), benzena dan hidrokarbon lainnya (Netti, 2002). Lemak dan minyak merupakan senyawa ester. Produk hidrolisis lemak dan minyak adalah asam karboksilat dan gliserol. Asam karboksilat (asam lemak) memiliki rantai hidrokarbon panjang yang tidak bercabang.

Lemak dan minyak dibedakan berdasarkan titik lelehnya (tabel 4). Minyak adalah cairan, sedangkan lemak adalah padatan atau semi padat pada suhu kamar (Rachimoela,

2009). Trigliserida yang tersusun dari asam lemak jenuh rantai panjang memiliki titik leleh yang lebih tinggi daripada trigliserida yang tersusun dari asam lemak jenuh rantai pendek. Hal yang sama berlaku untuk asam lemak tak jenuh.

**Tabel 4.** Titik Leleh Berbagai Asam Lemak Pada Minyak Dan Lemak

Jenis Asam Lemak	Jumlah Atom Karbon	Nama Umum dan Rumus Kimia	Titik Leleh (°C)
Asam Lemak Jenuh	4	Asam butirat ( $C_3H_7COOH$ )	-7,9
	6	Asam kaproat ( $C_5H_{11}COOH$ )	-3,4
	8	Asam oktanoat ( $C_7H_{15}COOH$ )	16,7
	10	Asam dekanoat ( $C_9H_{19}COOH$ )	31,6
	12	Asam laurat ( $C_{11}H_{23}COOH$ )	44,5
	14	Asam miristat ( $C_{13}H_{27}COOH$ )	54,4
	16	Asam palmitat ( $C_{15}H_{31}COOH$ )	62,9
	18	Asam stearat ( $C_{17}H_{35}COOH$ )	69,9
Asam Lemak Tidak Jenuh	18	Asam oleat $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$	16,3
	18	Asam linoleat $CH_2(CH_2)_4CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_7COOH$	-5
	18	Asam linolenat $CH_3CH_2CH=CHCH_2CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_7COOH$	-11

Sumber: Ritonga (2004), Destilasi asam lemak.

### 2.3.2. Sumber minyak

Pada tumbuhan dan hewan, minyak/lemak bertindak sebagai sumber penyimpanan energi. Lemak dan minyak dapat diklasifikasikan menurut asalnya sebagai berikut (Ketaren, 1986):

1. Berasal dari tumbuhan

Minyak nabati ditemukan dalam buah-buahan, kacang-kacangan, biji-bijian, akar, dll. Tumbuhan dan sayuran, seperti: Biji-bijian Parawija: Minyak jagung, kacang tanah, wijen, kedelai, dll; Kerang tahunan: zaitun dan minyak sawit; dan Biji-bijian untuk tanaman tahunan: Kelapa, coklat, babassu dst.

2. Berasal dari hewan

Dalam jaringan hewan, lemak ditemukan di seluruh tubuh, tetapi sebagian besar adalah ditemukan di jaringan adiposa dan sumsum tulang. Misalnya sumber lemak hewani adalah susu hewan peliharaan (lemak susu), daging sapi (lemak sapi dan turunannya), dan makanan laut (minyak sarden, minyak menhaden, minyak paus).

Adapun beberapa perbedaan umum antara lemak nabati dan hewani:

Lemak hewani mengandung kolesterol, sedangkan lemak nabati mengandung fitosterol. Kandungan asam lemak tak jenuh pada lemak hewani lebih rendah dari pada lemak nabati. Lemak hewani memiliki angka Reichert-Meiske yang lebih tinggi dan angka Polenske yang lebih rendah daripada lemak/minyak nabati.

### 2.3.3. Proses Pengolahan Minyak

Saat mengolah minyak/lemak dari biji buah tanaman, melalui beberapa tahapan, yakni: Minyak diekstraksi dari biji buah tanaman, dimurnikan (oil refining), dan diputihkan (decolorization) serta menghilangkan bau (deodorization).

### 2.3.3.1. Pengambilan Minyak

Ekstraksi minyak/lemak dapat dilakukan misalnya, dengan rendering, pengepresan mekanis, maupun ekstraksi Soxhlet, dari biji buah tanaman.

#### 1. Rendering

Rendering adalah proses mengekstraksi minyak dari bahan yang mengandung jumlah air yang relatif besar. Rendering dibagi menjadi dua jenis, yakni: a) wet rendering atau proses rendering yang menambahkan sejumlah air menggunakan ketel tertutup dengan suhu dan tekanan tinggi sekitar 3-4 atmosfer; dan b) dry rendering atau rendering tanpa penambahan air dalam ketel bersuhu 105-110°C, dibiarkan terbuka dilengkapi penyekat uap dan pengaduk.

#### 2. Pengepresan mekanis

Proses yang paling umum digunakan dalam industri penyulingan minyak bumi adalah proses mekanis menggunakan pengepres. Alat press volume kecil biasanya press hidrolis, sedangkan screw press digunakan untuk volume besar. Minyak yang diekstraksi dari pers mengandung pengotor / kemurnian yang dapat dibagi menjadi dua kelompok: pengotor terlarut dan pengotor tidak larut. Kotoran berupa sisa kulit biji, air bebas, lilin, dan karbon rantai panjang tidak larut dalam minyak dan mencegah minyak menjadi jernih. Kontaminan yang larut dalam minyak seperti asam lemak bebas, gom, protein, keton dan aldehid

#### 3. Intermittent extraction (ekstraksi Soxhlet)

Ekstraksi soxhlet adalah metode mengekstraksi sampel secara terus menerus, memanaskan dan menguapkan cairan ekstrak, dan mengembunkan uap cairan ekstrak menjadi molekul air dalam pendingin dan menyebabkannya mengendap, mengekstraksi sampel di selongsong, kemudian masuk ke labu setelah melewati sampel di dalam selongsong. Minyak nabati umumnya larut dalam pelarut organik seperti heksana dan benzena. Pelarut yang membawa senyawa ke dalam labu destilasi diuapkan dengan menggunakan rotary evaporator sehingga pelarut dapat diambil dan digunakan kembali.

Persyaratan pelarut yang digunakan dalam proses Soxhlet: a) Pelarut bersifat volatil, seperti: heksana, eter, petroleum eter, metil klorida, alkohol; b) Titik didih pelarut relatif rendah; serta c) Jenis pelarut bersifat polar atau non-polar tergantung pada senyawa yang akan dipisahkan. Contoh pelarut organik dengan peningkatan polaritas dimulai dengan heksana, eter, petroleum eter, atau kloroform digunakan untuk memisahkan terpenoid dan lipid. Dibandingkan dengan proses sebelumnya (distilasi), proses Soxhletization lebih efisien karena: a) Pelarut organik dapat berulang kali mengadsorpsi senyawa organik yang terkandung dalam bahan alami; b) Lebih sedikit pelarut daripada metode maserasi atau perkolasi; c) Pelarut tidak mengalami perubahan spesifik.

### 2.3.3.2. Refining (Pemurnian Minyak)

Tahap selanjutnya dari pengolahan minyak bumi disebut juga penyulingan atau pemurnian minyak bumi. Penyulingan minyak bumi berlangsung dalam dua tahap: a) Penghapusan getah (degumming) dan netralisasi. Degumming adalah penghilangan getah yang larut dalam minyak, berupa senyawa fosfolipid 500-700 ppm. Degumming dilakukan dengan mencampurkan minyak dengan 1-3% air, dipanaskan sampai 70°C dan diaduk selama 30-60 menit. Proses ini mengendapkan fosfolipid dan gum yang selanjutnya disaring; dan b) Caustic Refining (Netralisasi) yang bertujuan untuk

menghilangkan asam lemak bebas dari minyak mentah, karena kandungan asam lemak bebas mempengaruhi kualitas minyak. Semakin banyak asam lemak bebas dalam suatu lemak, maka semakin rendah kualitas lemak tersebut. Larutan basa ditambahkan selama netralisasi dan bereaksi dengan asam lemak bebas untuk membentuk sabun. Sabun dipisahkan dari minyak dan dipisahkan dengan mencuci dengan air hangat.

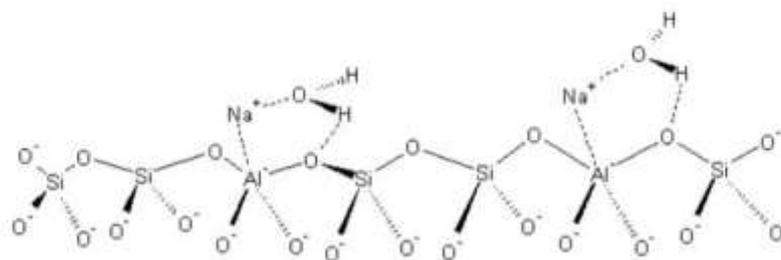
### 2.3.3.3. Decolorization (Pemucatan) dan Deodorization (Penghilangan Bau)

Setelah netralisasi, pemutih zeolit ditambahkan ke pemucat (decolorize) dan penghilang bau (deodorize). Proses aktivasi zeolit alam terjadi melalui tahapan-tahapan sebagai berikut (Freitas, 2010).

1. Gumpalan zeolit dipalu, disaring dengan saringan 120 mesh, dan dimasukkan ke dalam gelas kimia.
2. Asam sulfat 2N ( $H_2SO_4$ ) dimasukkan ke dalam gelas kimia yang berisi serbuk zeolit, diaduk selama 1 jam, dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian dicuci dengan air suling sampai pH netral dan dikeringkan dalam oven pada suhu 220 °C.
3. Zeolit alam aktif disimpan dalam desikator sebelum digunakan.

Pemutih (bleaching agent) adalah bahan yang dapat memutihkan atau memudarkan warna suatu bahan melalui proses fisik atau kimia. Proses ini melibatkan proses oksidasi, reduksi, atau absorpsi yang membuat bagian substrat yang berwarna lebih mudah larut atau menyerap, sehingga dapat dengan mudah dihilangkan selama pemutihan. Pemutihan juga mencakup proses kimia yang mengubah kapasitas penyerapan cahaya dari bagian berwarna dari molekul dengan mengubah tingkat ketidakjenuhan (Kirk, 1985).

Tujuan utama dari proses bleaching adalah untuk menghilangkan warna dari minyak. Pemutihan juga menghilangkan buih sabun, logam terlarut, fosfolipid, belerang, dan membantu menghilangkan komponen yang memberikan bau dan rasa pada minyak. Bahan yang dapat digunakan dalam proses bleaching adalah Fuller's earth atau arang, zeolit dan karbon aktif. Bahan-bahan tersebut kemudian dicampur dengan minyak dan diaduk selama 10-30 menit pada suhu 70-90 °C.



**Gambar 3.** Alumina dan Silika pada struktur zeolit

## 2.4. Pengujian Lemak dan Minyak

Pengujian yang lazim dilakukan untuk lemak dan minyak dapat dibedakan menurut tujuannya (Analisis Lemak dan Minyak, 2008):

### 2.4.1 Penentuan sifat fisikokimia lemak dan minyak.

Sifat fisikokimia biasanya berada dalam kisaran nilai, tetapi perbedaannya sangat kecil sehingga nilai tersebut disebut konstanta. Konstanta fisika yang dianggap sangat penting adalah berat jenis, indeks bias, dan titik leleh, dan konstanta kimia yang penting adalah bilangan iod, bilangan penyabunan, bilangan asam, bilangan peroksida, dan bilangan sisa saponifikasi fraksinasi (Ketaren, 1986). B. Pengurangan asam lemak bebas (refining), deodorisasi (deodorization), dekolorisasi (bleaching/pemutihan), yang menentukan kualitas minyak sebagai bahan makanan yang berkaitan dengan pengolahan seperti.

Kualitas minyak ini juga ditentukan oleh umur simpan, karakteristik penggorengan, aroma dan rasanya. Jumlah asam lemak bebas (FFA), jumlah peroksida, tingkat ketengikan dan kadar air merupakan parameter nyata yang dapat digunakan untuk menentukan kualitas ini.

#### 2.4.1.1 Pengukuran sifat fisik

##### 1. Titik lebur

Titik lebur/leleh lemak dipengaruhi oleh sifat asam lemak yang dikandungnya, seperti panjang rantai C, jumlah ikatan rangkap, dan bentuk cis atau trans dari asam lemak tak jenuh. Semakin panjang rantai karbon, semakin tinggi titik lelehnya. Sebaliknya, semakin banyak ikatan rangkap, semakin rendah titik lelehnya. Hal ini karena ikatan rangkap antara molekul asam lemak tak jenuh tidak lurus, membuatnya lebih lemah. Bentuk trans memiliki titik leleh yang lebih tinggi daripada bentuk cis dari asam lemak.

##### 2. Densitas dan berat jenis

Massa jenis adalah massa per satuan volume suatu zat pada suhu tertentu. Sifat ini merupakan salah satu sifat fisika yang paling sederhana, serta salah satu yang paling bermakna, sehingga dapat digunakan untuk menentukan kemurnian suatu zat.

Hubungan massa-volume mengungkapkan tidak hanya ukuran dan berat molekul suatu komponen, tetapi juga gaya-gaya yang mempengaruhi 'sifat pengemasannya'. Dalam sistem matriks, densitas diukur dalam gram/mililiter (untuk cairan) atau  $\text{gram/cm}^2$ .

Kepadatan dan berat jenis. Massa jenis merupakan turunan dari besaran karena merupakan satuan massa dan volume. Batasnya adalah massa per satuan volume pada suhu dan tekanan tertentu, yang dinyatakan dalam gram per sentimeter kubik ( $\text{gram/cm}^3$ ). Tidak seperti massa jenis, berat jenis adalah bilangan murni tanpa dimensi. Ini dapat dikonversi ke kepadatan menggunakan rumus yang sesuai. Berat jenis didefinisikan sebagai rasio densitas suatu zat terhadap densitas air, nilai untuk kedua zat diukur pada suhu yang sama kecuali ditentukan lain. Konsep berat jenis menurut definisi sangat lemah. Lebih tepat ketika berhadapan dengan kepadatan relatif.

Gravitasi spesifik praktis lebih umum didefinisikan sebagai rasio massa suatu zat dengan massa sejumlah ekuivalen air pada  $4^\circ$  atau suhu tertentu lainnya. Notasi berikut biasanya ditemukan dalam pengukuran berat jenis:  $25^\circ/25^\circ$ ,  $25^\circ/4^\circ$ ,  $4^\circ/4^\circ$ . Angka pertama menunjukkan suhu udara di mana zat ditimbang. Angka di bawah garis miring

menunjukkan suhu air yang digunakan.  $25^{\circ}/25^{\circ}$  adalah titik referensi untuk pengukuran berat jenis (Martin, A., 1993). Menurut Indartono (2006) dan Heriwibowo (2009), berat jenis adalah sifat yang berhubungan dengan keluaran panas mesin diesel dan keluaran daya per satuan volume bahan bakar. Penentuan densitas biodiesel dapat dilakukan dengan menggunakan piknometer atau alat dengan prinsip operasi yang sama.

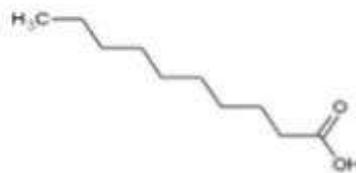
### 3. Indeks Bias

Indeks bias adalah derajat pembelokan cahaya yang melewati medium mengkilap. Indeks bias lemak dan minyak digunakan untuk menentukan unsur kimia dan untuk memeriksa kemurnian minyak. Pengukuran indeks bias berguna untuk memeriksa kemurnian minyak atau lemak. Semakin panjang rantai C, semakin banyak ikatan rangkap, dan semakin tinggi suhu, semakin tinggi indeks bias. Indeks bias minyak diukur pada  $25^{\circ}\text{C}$  dan lemak pada  $40^{\circ}\text{C}$ . Refraktometer Abbe adalah alat yang digunakan untuk mengukur indeks bias.

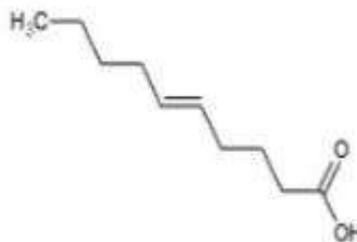
## 2.4.1.2. Penentuan Sifat Kimia

### 1. Bilangan asam

Didefinisikan sebagai jumlah miligram KOH yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas dalam 1 gram lemak, bilangan asam menunjukkan banyaknya asam lemak bebas yang terdapat dalam suatu minyak sebagai hasil reaksi hidrolisis, reaksi kimia, pemanasan, proses fisika, atau reaksi enzimatik. Semakin tinggi nilai asam, semakin terhidrolisis dan semakin rendah kualitas minyak. Kuantifikasi dilakukan dengan titrasi dengan KOH 0,1N yang ditambahkan indikator fenolftalein (PP). Bilangan asam juga merupakan parameter penting yang menentukan kualitas minyak.



**Gambar 4.** Struktur asam lemak jenuh



**Gambar 5.** Struktur asam lemak tak jenuh

### 2. Bilangan penyabunan

Didefinisikan sebagai miligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas dan terhidrolisis dalam 1 gram lemak. Pengukuran dilakukan dengan memanaskan dalam larutan KOH beralkohol (dihubungkan ke cooler untuk mencegah

penipisan reagen) selama 30 menit, kemudian didinginkan dan dititrasi kembali kelebihan KOH dengan larutan HCl standar.

### 3. Bilangan peroksida

Bilangan peroksida menunjukkan berapa mol ekuivalen oksigen aktif yang terikat pada 1000g minyak. Nilai peroksida dapat menunjukkan tingkat kerusakan yang ditimbulkan pada lemak dan minyak oleh reaksi oksidasi. Dalam prosedur pengujian, gugus hidroperoksida KI menambahkan iodida ke I<sub>2</sub> dan I<sub>2</sub> yang dilepaskan dititrasi dengan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

## 4. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Katolik Widya Mandira Kupang dengan prosedur kerja sebagai berikut. Sampel biji kesambi dikumpulkan dari buah kesambi yang sudah matang dan segar. Sampel tersebut diperoleh dari Desa Noemuti, Kabupaten TTU. Buah kesambi tersebut kemudian dipisahkan daging buah dan bijinya serta dikeringkan pada sinar matahari sebanyak 20 Kg.

Kemudian ekstrak minyak biji kesambi. Setiap sampel biji kesambi kering digiling hingga menjadi serbuk. Sebanyak 300 gram serbuk dibungkus dengan kertas saring dan ditempatkan dalam wadah soxhlet dalam kemasan yang dibungkus. Larutan n-heksana sebanyak 1000 ml dimasukkan ke dalam labu soxhlet dan hotplate dengan pencatatan massa awal, dan larutan n-heksana ditempatkan dalam selubung soxhlet yang berisi sample pack dan direndam dalam sample pack. Prosedur ekstraksi dilakukan dengan memanaskan pelarut n-heksana dalam labu di atas Soxhlet untuk mengaktifkan loop distilasi. Proses ekstraksi dihentikan ketika pelarut n-heksana tempat sampel direndam tidak lagi berubah warna (tetap bening). Pemanasan sampel dilakukan pada suhu 60-70 °C.

Lemak larut n-heksana dari sampel yang diekstraksi dipisahkan dari pelarut dengan penguapan untuk mendapatkan minyak bebas pelarut. Kandungan minyak dari sampel yang diekstraksi dihitung dengan membagi berat minyak dengan berat bubuk biji kesambi dan dikalikan dengan 100%.

Pemurnian minyak atau lemak kesambi dilakukan pada sampel yang dilarutkan dalam etanol 95% dengan rasio minyak terhadap etanol = 1 berbanding 5 dan kemudian ditambahkan KOH 0,1N berdasarkan berat minyak. Campuran dipanaskan sampai suhu ±65°C dengan pengadukan magnetis selama 30 menit sampai homogen. Campuran ditempatkan dalam corong pemisah, ditambahkan 50 ml n-heksana dan dikocok. Campuran tersebut kemudian didiamkan hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan atas (minyak dalam n-heksana) digunakan untuk proses pemutihan. Pada proses penghilangan warna dan penghilang bau, zeolit aktif ditambahkan ke dalam larutan n-heksana minyak untuk menetralkan 5% berat minyak. Campuran dipanaskan sampai suhu ±60°C selama 10 menit sambil diaduk dengan pengaduk magnet. Kemudian didinginkan dan ditambahkan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat dengan spatula. Campuran didiamkan selama ±5 jam atau sampai zeolit benar-benar mengendap kemudian disaring berulang kali melalui kertas saring sampai tidak terlihat sisa zeolit pada kertas saring. Pada setiap filtrasi, kertas saring dibilas dengan n-heksana untuk meminimalkan jumlah minyak yang tertahan di pori-pori kertas saring selama proses filtrasi. Filtrat yang telah disaring diuapkan dalam evaporator vakum selama ±2 jam untuk menghilangkan n-heksana.

Setelah melalui rangkaian proses di atas, minyak biji kesambi dapat dikarakterisasi dengan mengukur indeks bias, berat jenis, titik leleh, bilangan asam, bilangan penyabunan dan bilangan peroksida.

Untuk menentukan indeks bias, refraktometer dikalibrasi dengan air suling ( $\eta = 1,333$ ) sebelum digunakan. Indeks bias minyak diukur pada  $25^{\circ}\text{C}$ . Letakkan setetes minyak pada kaca prisma refraktometer dan tutuplah kaca prisma tersebut. Lampu refraktometer dinyalakan dan batas terang-gelap ditempatkan tepat di tengah. Anda kemudian dapat mematikan lampu dan melihat pembacaan indeks bias pada refraktometer. Setelah setiap kali digunakan, kaca prisma harus dibersihkan dengan setetes alkohol dan air suling dan dikeringkan dengan kertas tisu (cukup letakkan kertas penyerap di atas kaca prisma untuk menghindari goresan pada kaca).

Berat jenis minyak biji kesambi diukur dengan piknometer 10 ml. Timbang piknometer kosong yang telah dibersihkan dan direndam dalam air  $\pm 25^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit. Piknometer diisi dengan air suling pada suhu  $20-25^{\circ}\text{C}$  sampai tidak ada gelembung udara yang terbentuk di dalam piknometer. Kemudian rendam piknometer dalam air pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 30$  menit. Piknometer diangkat, dikeringkan dengan kertas isap dan ditimbang. Berat air dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

Berat air = (berat piknometer + air) - berat piknometer kosong. Selain itu, sampel minyak didinginkan dalam lemari es pada suhu  $\pm 25^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit. Isi piknometer dengan minyak sampai meluap pada pipa kapiler piknometer, tutup piknometer, dan tidak ada gelembung udara di dalam piknometer. Piknometer dan isinya direndam dalam air  $25^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit, kemudian diangkat, dikeringkan dan ditimbang. Berat jenis dapat diukur dengan menggunakan rumus berikut:

Berat jenis = ((Berat piknometer dan minyak)-(Berat piknometer kosong))/(Berat air)

Sampel minyak direndam dalam tiga kapiler sampai 1 cm minyak mengapung di ujung kapiler, dan ujung kapiler lainnya ditutup. Tabung kapiler kemudian ditempatkan dalam gelas kimia dan disimpan dalam lemari es pada suhu sekitar  $-5^{\circ}\text{C}$  selama 16 jam sampai minyak benar-benar memadat. Setelah minyak benar-benar beku, pasang pipa kapiler ke termometer dengan ujung bawah pipa kapiler (berisi minyak beku) sejajar dengan tepi cangkrik merkuri/alkohol termometer. Celupkan termometer yang menempel pada kapiler ke dalam gelas kimia yang berisi es dan NaCl sampai ujungnya terendam kira-kira 3 cm. Dengan menempatkan gelas kimia dalam wadah berisi air selama pengadukan, suhu air naik rata-rata  $0,5^{\circ}\text{C}$  per menit. Catat suhu saat minyak mulai meleleh sampai semua minyak meleleh.

Penentuan nilai asam dilakukan pada 1 g sampel minyak yang ditempatkan dalam Erlenmeyer 250 ml, dilanjutkan dengan penambahan 50 ml etanol 95%. Campuran dipanaskan sampai suhu  $65^{\circ}\text{C}$  sambil diaduk sampai terbentuk larutan homogen (sampai tidak ada tetesan minyak yang terlihat) dan kemudian dititrasi dengan larutan KOH 0,1 N, indikator fenolftalein (PP) 1% mulai digunakan. Titrasi dilakukan secara perlahan sampai warna larutan erlenmeyer berubah menjadi merah muda. Perubahan warna ini merupakan titik akhir titrasi. Bilangan asam dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Bilangan asam} = (V \times N \times 56,1)/\text{Gram}$$

Keterangan :

V = volume/mL KOH yang dibutuhkan untuk menitrasi sampel

N = normalitas KOH hasil standarisasi

g = bobot minyak

56,1 = berat ekuivalen KOH

Sedangkan untuk mengukur besarnya saponifikasi, 1g sampel minyak dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer, ditambahkan 12,5 ml alkohol KOH 0,5N, labu Erlenmeyer

dihubungkan ke recooling, dan direbus atau direbus selama 30 menit. Untuk sampel minyak disabunkan (tidak ada tetesan minyak yang terlihat). Setelah minyak tersabun sempurna, diamkan larutan selama kurang lebih 1 menit, tambahkan 3-5 tetes indikator fenolftalein (PP) 1%, dan titrasi dengan larutan HCl 0,5N sampai warna merah muda hilang. Nilai penyabunan diperoleh dengan membandingkan sampel hasil titrasi dengan blanko. Bilangan penyabunan dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Bilangan penyabunan} = ((V_b - V_s) \times N \times 56,1) / \text{gram}$$

Keterangan :

$V_b$  = volume HCl (mL) yang dibutuhkan untuk menitrasi blanko

$V_s$  = volume HCl (mL) yang dibutuhkan untuk menitrasi sampel minyak

$N$  = normalitas larutan KOH-alkoholis

$g$  = bobot minyak

56,1 = berat ekuivalen KOH

Selanjutnya, 1 g sampel minyak dicampur dengan 30 ml campuran pelarut yang mengandung 3 bagian asam asetat glasial dan 2 bagian kloroform untuk menentukan bilangan peroksida. Campuran didiamkan beberapa saat, kemudian ditambahkan sekitar 5 tetes KI jenuh sambil dikocok, kemudian dipanaskan selama 5 menit, kemudian ditambahkan 30 mL air dan dititrasi dengan 0,1 N  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  menggunakan indikator kanji 0,5%. Lanjutkan dengan cara sama pada blanko. Nilai peroksida dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Bilangan peroksida} = ((V_s - V_b) \times N \times 1000) / \text{gram}$$

Keterangan :

$V_s$  = volume  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (mL) yang dibutuhkan untuk menitrasi sampel minyak

$V_b$  = volume  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (mL) yang dibutuhkan untuk menitrasi blanko

$N$  = normalitas larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

$g$  = bobot sampel minyak

1000 = faktor konversi agar satuan menjadi  $\text{O}_2/\text{kg}$  sampel

## 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1. Hasil Ekstraksi Biji Kesambi

Hasil ekstraksi dari 300 gram dari 20 kg daging biji kesambi untuk sampel asal Noemuti, TTU sebesar 69,23%. Minyak kesambi hasil ekstraksi sampel, selanjutnya dipisahkan dari pelarut menggunakan rotary evaporator, dan diperoleh minyak kasar dengan volume minyak 250 mL dengan berat 207,69 gram. Dari data di tabel 4.2 ini, diketahui bahwa minyak hasil ekstraksi dari sampel asal Noemuti, TTU memiliki rendemen yang lebih tinggi karena yang berasal dari daerah Noemuti, TTU dengan kondisi lingkungan yang cenderung dingin.

## 5.2. Data Bobot (gram) Minyak Kasar, Pasca Perlakuan, dan Minyak Murni Biji Kesambi.

Tabel 6: Data Bobot (gram) Minyak Kasar, Pasca Perlakuan, dan Minyak Murni Biji Kesambi

Asal Sampel	Minyak Kasar	Pasca Perlakuan			Minyak Murni
		Degumming	Netralisasi	Pemucatan	
Noemuti, TTU	207,69	177,85	139,7	78,7	78,7

### 5.2.1. Hasil Degumming

Minyak biji kesambi hasil ekstraksi sampel menggunakan proses degumming, yaitu air panas dengan konsentrasi 1% (b/v) dari berat minyak, untuk memisahkan sari atau gum dan kontaminan lainnya. Dengan menambahkan air panas (70 °C) dan pemanasan dan pengadukan, fosfida, kotoran, lateks, dll diendapkan, tidak larut dalam minyak sehingga mudah dipisahkan dari minyak. Tabel 6 menunjukkan bahwa berat minyak yang diekstraksi menurun 29,84 gram (14,368%) selama proses degumming. Hal ini menunjukkan bahwa sampel minyak biji kesambi asal Noemuti, TTU memiliki kandungan lateks dan pengotor sebesar 14,368%.

### 5.2.2. Hasil Netralisasi.

Tahap netralisasi atau netralisir merupakan proses penetralan asam lemak dan fosfida yang belum terpisah sempurna pada proses degumming. Proses netralisasi biasanya dilakukan dengan menambahkan larutan basa seperti basa basa dengan etanol 95%. Peran basa adalah mengikat pengotor, terutama asam lemak, sehingga dapat tersaponifikasi (Gambar 7). Kandungan asam lemak bebas sampel harus dinetralkan dengan basa agar tidak merusak atau menurunkan kualitas minyak. Peran etanol dalam proses netralisasi ini adalah untuk melarutkan minyak dan sabun (Rizqika R., 2008). Ekstrak hasil degumming untuk minyak biji kesambi dinetralsisir menggunakan KOH dan etanol 95%. Seperti pada tabel 6. terlihat bahwa terjadi penurunan bobot minyak hasil degumming sebesar 38,15 gram (21,451%) yang menunjukkan bahwa sebesar 21,451% asam lemak bebas pada minyak kesambi dari sampel kesambi Noemuti, TTU telah tersaponifikasi selama proses netralisasi.



Gambar 7. Reaksi penyabunan asam lemak bebas

### 5.3. Hasil Pemucatan dan Penghilangan Bau

Bleaching adalah tahap proses pemurnian minyak yang dimaksudkan untuk menghilangkan zat warna yang ada dalam minyak. Proses pemutihan ini dilakukan dengan mencampurkan ekstrak minyak kesambi dengan sejumlah kecil adsorben seperti tanah penyerap, tanah liat aktif, dan arang aktif, meskipun bahan kimia lain dapat digunakan. Penyerap dimaksudkan untuk menyerap zat-zat yang menyebabkan minyak cepat rusak. Selain itu, penyerap juga dapat mengurangi atau menghilangkan warna minyak, dan dapat menghilangkan residu sabun penetralisir, kotoran seperti fosfolipid, belerang, dan zat yang menyebabkan bau tidak sedap pada minyak meningkat.

Minyak kesambi yang telah dinetralkan kemudian diblansir menggunakan adsorben zeolit 5%. Dari Tabel 6 terlihat bahwa minyak yang dinetralkan mengalami susut bobot sebesar 61 gram (43,665%) selama proses pemutihan. Hal ini menunjukkan bahwa hingga 43,665% zat perusak minyak dihilangkan, warna minyak berubah dari kuning tua menjadi kuning jernih, dan terjadi kehilangan sisa sabun karena netralisasi. Dari hasil blansir dapat disimpulkan bahwa susut berat maksimum untuk rendemen minyak murni sebesar 46,57% ditunjukkan oleh pembusukan minyak, perubahan warna dan kehilangan buih sabun.

### 5.4. Analisis Karakteristik Minyak Murni Biji Kesambi

Hasil karakteristik minyak murni ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7: Karakteristik Minyak Murni Biji Kesambi

Parameter	Sampel	
	Kupang	Noemuti, TTU
Warna	Kuning jernih	Kuning jernih
Bobot jenis (g/mL)	0,83	0,85
Densitas (g/mL)	0,8248	0,8408
Indeks bias (25°C)	1,4459	1,564
Titik leleh (°C)	5-31°C	5-31°C
Angka asam (mgrKOH/gr sampel)	4,04	4,175
Angka penyabunan (mgrKOH/gr sampel)	32,8	34,5
Angka peroksida (meq O <sub>2</sub> /Kg sampel)	2,5	1,7

Keterangan: Data hasil analisis.

Tabel 8: Karakteristik Minyak Murni Kesambi dan Minyak Kasar Kesambi Hasil Penelitian Gandhi, *et al.* (2011) dan Aunillah (2012)

Parameter	Sampel		Penelitian oleh:	
	Kupang	Noemuti	Gandhi (2011)	Aunillah (2012)
Warna	KJ	KJ	-	-
Bobot jenis (g/mL)	<b>0,8288</b>	<b>0,8448</b>	0,86	-
Densitas (g/mL)	0,8248	0,8408	-	-
Indeks bias (25°C)	1,4459	1,564	-	-
Titik leleh (°C)	5-31°C	5-31°C	-	-
Angka asam (mgr KOH/gr sampel)	<b>4,04</b>	<b>4,175</b>	-	5,01
Angka penyabunan (mgr KOH/gr sampel)	32,8	34,5	-	-
Angka peroksida (meq O <sub>2</sub> /Kg Sampel)	2,5	1,7	-	-

Tabel 9: Karakteristik Minyak Murni Kesambi dan Biodiesel Minyak Kesambi Hasil Penelitian Sudrajat (2010), Gandhi (2011), Aunillah (2012) dan SNI (04-7182-2006)

Parameter	Sampel		Penelitian pada tahun			SNI 04-7182- 2006
	Kupang	Noemuti	2010	2011	2012	
Warna	KJ	KJ	-	-	-	-
Bobot jenis (g/mL)	<b>0,83</b>	<b>0,85</b>	-	<b>0,85</b>	-	<b>0,85-0,89</b>
Densitas (g/mL)	<b>0,8248</b>	<b>0,8408</b>	<b>0,906-0,920</b>	-	-	-
Indeks bias (25°C)	1,4459	1,564	-	-	-	-
Titik leleh (°C)	5-31°C	5-31°C	-	-	-	-
Angka asam (mgrKOH/grsampel)	<b>4,04</b>	<b>4,175</b>	<b>0,625-1,330</b>	-	<b>1,2</b>	<b>0,8</b>
Angka penyabunan (mgrKOH/grsampel)	<b>32,8</b>	<b>34,5</b>	-	-	-	<b>Maks.115</b>
Angka peroksida (meq O <sub>2</sub> /Kgsampel)	2,5	1,7	-	-	-	-

Keterangan: KJ (Kuning jernih)

#### 5.4.1. Warna

Warna minyak merupakan salah satu sifat fisik yang dapat diamati secara visual melalui penglihatan. Minyak biji kesambi yang diekstraksi dari sampel dalam penelitian ini berwarna kuning tua. Setelah diblansir, terjadi perubahan warna minyak dari kuning tua menjadi kuning muda.

Perubahan warna yang terjadi pada sampel minyak kesambi disebabkan oleh proses pemurnian minyak yang mengurangi dan menghilangkan sebagian besar pengotor, lateks, dan asam lemak bebas.

#### 5.4.2. Densitas dan Bobot Jenis

Pada penelitian ini bobot jenis dan densitas minyak kesambi Noemuti, TTU adalah  $\pm 0,85$  dan  $0,84$  (gr/mL). Berdasarkan baku mutu biodiesel SNI (0,85-0,89), berat jenis minyak kesambi murni memenuhi syarat sebagai minyak kesambi murni dari Noemuti, TTU, karena mengandung beberapa komponen asam lemak jenuh.

Kepadatan minyak menentukan massa atau berat minyak dan berhubungan dengan kualitas minyak. Massa jenis adalah massa per satuan volume suatu zat pada suhu tertentu. Sifat ini adalah salah satu yang paling sederhana dan sekaligus paling pasti, sehingga dapat digunakan untuk menentukan kemurnian suatu zat. Hubungan massa-volume menunjukkan tidak hanya ukuran dan berat molekul bahan, tetapi juga kekuatan yang mempengaruhi sifat-sifat "karakteristik kemasan". Dalam sistem matriks, densitas diukur dalam gram/cm<sup>3</sup> (untuk cairan) (Martin, A., 1993).

Berat jenis atau bobot jenis adalah perbandingan antara massa suatu sampel pada suhu 25 °C dengan massa air pada volume yang sama. Berat jenis minyak sangat dipengaruhi oleh derajat kejenuhan komponen asam lemaknya. Nilai berat jenis akan menurun seiring dengan penurunan berat molekul komponen asam lemak. Pengukuran berat jenis suatu bahan, di mana air adalah standar untuk bahan cair dan padat, sedangkan hidrogen atau udara digunakan untuk bahan gas. Zat dengan massa jenis kurang dari 1,00 cenderung lebih ringan dari air dan sebaliknya. Dari pengertian tersebut, minyak kesambi murni ini lebih ringan densitasnya dibandingkan air.

#### **5.4.3. Indeks Bias 25°C**

Pada penelitian ini nilai indeks bias yang diukur pada suhu 23 °C adalah 1,564. Hal ini menunjukkan bahwa minyak biji kesambi murni dari sampel uji memiliki jumlah ikatan rangkap yang tinggi dengan struktur rantai karbon yang panjang.

Indeks bias adalah rasio kecepatan cahaya di udara dengan kecepatan materi pada suhu tertentu. Pengukuran indeks bias pada sampel berupa lemak dilakukan pada suhu 40°C dan sampel berupa minyak pada suhu 25°C. Nilai indeks bias minyak dan lemak dipengaruhi oleh komponen minyak (asam lemak penyusun trigliserida). Minyak dengan rantai karbon lebih panjang dan lebih banyak ikatan rangkap asam lemak lebih padat dan lebih kecil kemungkinannya untuk membiaskan cahaya datang. Hal ini meningkatkan nilai indeks bias. Selanjutnya nilai indeks bias juga dipengaruhi oleh adanya air dalam fraksi minyak. Semakin tinggi kadar air maka semakin rendah nilai indeks biasnya. Hal ini dikarenakan sifat air yang mudah membiaskan cahaya yang masuk. Menurut Sulastri (2011), diperlukan uji indeks bias untuk mengetahui kebersihan oli. Indeks bias meningkat dalam minyak dengan rantai karbon panjang dan banyak ikatan rangkap. Nilai indeks bias asam lemak meningkat dengan meningkatnya berat molekul di samping meningkatkan ketidakjenuhan asam lemak.

#### **5.4.4. Titik Leleh (°C)**

Minyak kesambi memiliki rantai karbon yang panjang dan mengandung 49,69% asam linoleat. Asam linoleat adalah jenis asam lemak tak jenuh yang membentuk minyak jenis cis. Akibatnya, minyak kesambi cenderung memiliki titik leleh yang rendah yaitu -11°C. Dalam penelitian ini, titik leleh minyak kesambi murni dari Noemuti, TTU berkisar antara 5 hingga 31°C. Perbedaan yang mendasari titik leleh tinggi minyak kesambi murni adalah pemutusan ikatan rangkap, perubahan bentuk molekul, dan zat lain yang membentuk trigliserida yang terjadi selama proses degumming, netralisasi, dan pemutihan di bawah panas. Titik leleh adalah suhu di mana suatu zat berubah dari padat menjadi cair. Karena lemak dan minyak adalah campuran gliserida dan komponen lainnya, harga titik leleh lemak dan minyak berada dalam kisaran suhu tertentu. Titik leleh lemak dan minyak dipengaruhi oleh panjang rantai C, jumlah ikatan rangkap pada asam lemak trigliserida, dan bentuk cis atau trans dari asam lemak tak jenuh. Semakin panjang rantai C, semakin tinggi titik lelehnya. Sebaliknya, semakin banyak ikatan rangkap, semakin rendah titik lelehnya. Bentuk trans memiliki titik leleh yang lebih tinggi daripada bentuk cis dari asam lemak (Winarno, 2002).

#### **5.4.5. Bilangan Asam (mg KOH/gr Sampel)**

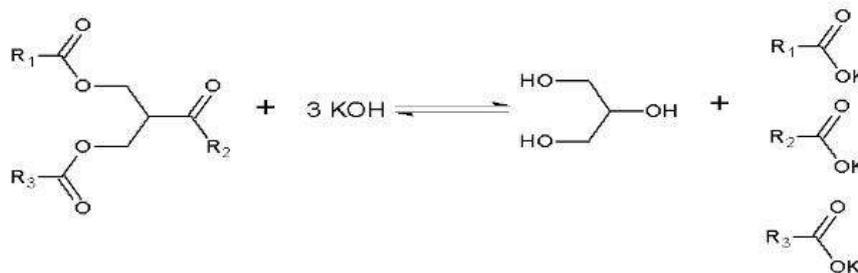
Minyak kesambi umumnya memiliki kandungan asam lemak bebas yang cukup tinggi, yang dapat menyebabkan masalah serius dalam proses produksi biodiesel. Hal ini menunjukkan bahwa sampel minyak kesambi murni yang diuji memiliki bilangan asam yang cukup tinggi sehingga terdegradasi dengan cepat bila digunakan sebagai biodiesel. Menurut Indratono (2006), adanya asam lemak tak jenuh dalam minyak nabati dapat mempengaruhi pemecahan biodiesel menjadi asam lemak. Asam lemak dalam minyak murni merupakan residu asam lemak bebas dan asam lemak mineral yang belum sepenuhnya dinetralkan. Berdasarkan SNI biodiesel, bilangan asam yang dapat diterima adalah 0,8 mg KOH/gram sampel. Walaupun bilangan asam dari sampel minyak murni ini tidak memenuhi syarat, namun karena bilangan asamnya yang tinggi, yaitu ±4,04-4,175 mg KOH/gram sampel, yang mampu dikurangi bila digunakan sebagai biodiesel

atau metil ester.

Bilangan asam adalah jumlah miligram KOH yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas dalam 1 gram lemak. Bilangan asam diperlukan untuk mengukur jumlah asam lemak bebas yang ada dalam lemak dan minyak. Angka asam yang tinggi menunjukkan bahwa biodiesel masih mengandung asam lemak bebas yang dapat menyebabkan pembentukan jelaga dan pengendapan pada injektor mesin diesel (Rama Prihandana, et al., 2007).

#### 5.4.6. Bilangan Penyabunan (mgKOH/gr Sampel)

Rata-rata jumlah saponifikasi dari hasil penelitian ini untuk sampel minyak kesambi adalah 34,5 (mg KOH/g sampel). Hal ini menunjukkan bahwa asam lemak bebas penyusun minyak kesambi murni sebagian besar merupakan asam lemak bebas jenuh atau rendah asam lemak bebas tidak jenuh. Berdasarkan angka penyabunan sampel minyak murni dari SNI biodiesel, minyak kesambi Noemuti, TTU memenuhi syarat. Angka penyabunan adalah banyaknya mg KOH yang diperlukan untuk menyabunkan 1 g minyak dalam reaksi yang ditunjukkan pada Gambar 8. Angka ini menunjukkan jumlah asam lemak yang terikat sebagai trigliserida atau asam lemak bebas dalam minyak. Semakin pendek komponen rantai karbon asam lemak, semakin tinggi nilai saponifikasinya. Sebaliknya, semakin panjang rantai karbon penyusun asam lemak, semakin rendah nilai saponifikasinya.



**Gambar 8.** Reaksi menyabunkan 1 g minyak dalam reaksi

#### 5.4.7. Bilangan Peroksida (meq O<sub>2</sub>/Kg sampel)

Nilai peroksida yang tercatat adalah 1,7. Ini menunjukkan ketahanan minyak kesambi yang diuji. Nilai peroksida adalah jumlah mol ekuivalen oksigen reaktif yang terkandung dalam 1000 gram lemak. Semakin tinggi bilangan peroksida, semakin besar kerusakan lemak dan minyak yang disebabkan oleh reaksi oksidasi. Bilangan peroksida adalah ukuran ketahanan minyak terhadap proses oksidasi yang disebabkan oleh udara sekitar, seperti umur simpan. Hal ini dikarenakan beberapa komponen asam lemak tak jenuh yang menyusun lemak dan minyak menghasilkan senyawa asam melalui reaksi oksidasi, dan senyawa asam tersebut menghasilkan peningkatan nilai.

## 6. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa minyak kesambi murni asal Noemuti, TTU dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti bahan bakar jika dilihat dari karakteristik minyak kesambi yang meliputi sifat fisik berupa minyak yang berwarna kuning bening; bobot jenis 0,85 gram/mL; indeks bias 1,56; titik leleh 5-31°C; Sifat

kimia berupa angka asam 4,18 mg KOH/gr sampel; angka penyabunan 34,5 mg KOH/gr sampel; dan bilangan peroksida 1,7 meq O<sub>2</sub>/Kg.sampel.

Kemudian, berdasarkan hasil ekstraksi minyak kesambi menggunakan Soxhletasi dengan pelarut n-heksan, diperoleh rendemen 69%. Serta tahapan awal seperti proses pengeringan sampel, degumming, netralisasi dan pemucatan sangat diperlukan dalam proses produksi minyak nabati penghasil biodiesel, karena mampu memperbaiki kualitas minyak kesambi baik secara fisik maupun kimia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aldiona, A. Fandra., 2011. "Kajian Penggunaan Teknologi Ultrasonik Dalam Proses Pembuatan Biodiesel Dan Minyak Limbah Cair PMKS Bengkulu". Jurusan Teknologi Pertanian., Universitas Bengkulu. (Tidak Dipublikasikan).
- Astutik, Susi., 2012. Pengaruh Variasi Bahan Pemucat Terhadap Karakteristik Fisik, Kimia, dan Komposisi Minyak Ikan Hasil Pemurnian Limbah Pengalengan Ikan". Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Jember.
- Aulillah, Asif., dkk. 2012. Minyak Kesambi (*Schleichera oleosa*) Sebagai Bahan Baku Biodiesel. Warta Penelitian Dan Pengembangan Tamanam Industri, Vol. 18 No. 1
- Bachli, Y., 2007. Tanaman Kesambi dan Beternak Kutu Untuk Kesejahteraan. Buletin BPTP, Volume 1(3). Sulawesi Selatan.
- Eliana, A. Karinda., 2011. Evaluasi Dan Analisis Alat Pemisah Kontiyu Biodiesel-Gloserol". Universitas Indonesia.
- Putri,F.D.,dkk,2021."Pemurnian Minyak Biji Kesambi (*Scleihera oleosa*) Sebagai Bahan Baku pembuatan Minyak Goreng. Equilibrium Journal of Chemical Engineering 5(2)2021.75-81.
- Freitas, D. M., 2010. "Pemanfaatan Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) Hasil Olahan dengan Zeolit Alam Sebagai Bahan Bakar Alternatif". Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Katolik Widya Mandira Kupang. (Skripsi tidak dipublikasi)
- Gandi, M.,N Ramu & S. Bakkiya Raj, 2011. "Methyl Ester Production From Schleichera oleosa". International Journal of Pharmaceutical Seinces and Research (2011). Vol. 2. ISSN 5:1244-1250
- Gerpen, J., Shanks, B., dkk. 2004. "Biodiesel Analytical Methods". National Revevable Energy Laboratory. USA.
- Heriwibowo, N., 2009. "Kajian Pengolahan Minyak Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit (PMKS) Menjadi Biodiesel Melalui Transesterifikasi Dua Tahap Dengan Metanol Menggunakan Katalis BF<sub>3</sub> Dan NaOH". Skripsi Fakultas Pertanian., Universitas Bengkulu., (Tidak Dipublikasikan).
- Herlina, Netti., 2002. "Minyak dan Lemak (Skripsi)". Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik. Universitas Sumatra Utara.
- Heyne, K. 1987., Tumbuhan Berguna Jilid III. Badan Litbang Kehutanan. Jakarta.
- Indratono, Y. S. 2006." Mengenal Biodiesel: Karakteristik, Produksi Hingga Performansi Mesin. Jakarta.
- Purnamasari, Juita., dkk."Kajian Perbedaan Katalis Dan Meminimkan Waktu Dalam Pemanfaatan Limbah Cair Kelapa Sawit Menjadi Biodiesel".

- Kariada, I Ketut., Bagus, I Gusti., dkk. 2015. Uji Karakteristik Semprotan Biodiesel Minyak Biji Pinang Untuk Kerja Pada Mesin Diesel Silinder Tunggal Putaran Stasioner. *Jurnal Logic*. Vol. 15. No. 3. Nopember 2015
- Kataren, S. 1986., "Minyak dan Lemak Pangan (Edisi I)". Jakarta: unit I press. 1985. "Pengantar Teknologi Minyak". Jakarta. Balai Pustaka.
- Kirk, R.E and D.F. Othmer. 1985. "Consice Encyclopedia of Chemical Technology". Di dalam: Ahmadi, Pudji Hastuti, Tranggono. 1997."Aktivitas Zeolit Dan Penggunaannya Untuk Pemurnian Tokoferol Dan Destilat Asam Lemak Minyak Sawit". NewYork
- Martin, A. 1993., *Farmasi Fisik: "Bagian Larutan dan Sistem Dispersi"*. Gadjra Mada., University Press, Jogjakarta
- Nuansa, P. Maria., dkk. 2016. "Karakteristik Kimia Fisik Minyak Kacang Tanah (*Arachis hipogaea L* ) Pasca Natralisasi (Kajian Konsentrasi NaOH dan Lama Waktu Proses)". *Jurnal Pangan dan Agroindustri* Vol. 4. No. 1. P: 1-10. Januari 2016.
- Palanuvej, C dan Vipunungeun, N. 2008. "Fatty Acid Constituents of *Schleichera oleosa* (Lour)oken". *Seed Oil. J. Health Res* 2008, 22 (4):203
- Pamata, N., 2008. "Sintesis Metil Ester (Biodiesel) Dari Minyak Biji Kemiri (*Aleurites moluccana*) Hasil Ekstraksi Melalui Metode Ultrasonokimia". Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia.
- Rachimoellah, H.M et al. 2009."Production of Biodiesel Transesterification of Avocado (*Persea gratissima*) Seed Oil Using Base Catalyst". *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 11. No. 2.
- Rahmani, Rizqika. 2008."Penentuan Sifat Fisika Kimia dan Komposisi Asam Lemak Penyusun Trigliserida Secara Optimasi Kondisi Reaksi Sintesis Biodiesel (Metil Ester) Minyak Biji Sirsak (*Annona muricata*)".
- Rama, Prihandana., 2007. "Menghasilkan Biodiesel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM". Argomedia Pustaka. Jakarta 2007. Hal. 68.
- Ritonga, Y. 2004. "Destilasi Asam Lemak". Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Kimia. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Rushang M, Michael J Pegg. *Flow Properties Of Biodiesel Fuel Blends At Low Temperatures*. *Fuel* 2007; 86 : 143-15.
- Smith P.C., Ngothai Y., Nguyen Q.D and O Neil B.K. 2010. "Improving The Low-Temperature Properties Of Biodiesel: Methods and Consequences". *Renew. Energy*, 35, 1145-1151
- Sudrajat, R., Parwoko Endro., dkk. 2010. "Pembuatan Biodiesel Dari Biji Kesambi *Schleichera oleosa L*".
- Suita, Eliya. 2012. "Kesambi *Schleicera oleosa* MERR". Seri Teknologi Pembenihan Tumbuhan Hutan.
- Sulastri., 2011. "Uji Fisiko-Kimia dan Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Biji Mahoni *Swietenia mahagoni (L) Jacq*".
- Winarno, F.G., 2002." *Kimia Pangan dan Gizi*". Pt. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta dalam G. S., Suhartati Djakarsi., "Teknologi Pengolahan Minyak Kenari". *Tropical Plant Curriculum Project.*, Sam Ratulangi University.
- Yuliani, Fitri., Primasari Mira., dkk. 2012 ."Pengaruh Katalis Asam ( $H_2SO_4$ ) Dan Suhu Reaksi Pada Esterifikasi Minyak Biji Karet *Hevea brasiliensis* Menjadi Biodiesel". Diakses pada alamat [ejournal.upnjatim.ac.id](http://ejournal.upnjatim.ac.id). 2012

