



Sintesis Senyawa Bioaromat Melalui Proses Siklisasi Katalitik Gugus Asam Lemak α -eleostearat Dalam Minyak Kemiri Sunan

Vincensia Michelle¹, Tedi Hudaya¹, dan Tatang Hernas Soerawidjaja^{2*}

¹Jurusan Teknik Kimia, Universitas Katolik Parahyangan
Jalan Ciumbuleuit 94 – Bandung, Indonesia

²Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung

*E-mail: thsoerawidjaja@gmail.com

Abstract

Kemiri sunan oil (Reutalis trisperma) is a non-edible vegetable oils which thrives in Indonesia, has α -eleostearic acid that can be processed into aromatic compound through isomerization-cyclization-disproportionation. The purpose of this research was knowing kemiri sunan oil's potency for synthesizing aromatic compound and the effects of the reaction's condition and solvent : feed ratio to the yield of cyclic compound. This research was initiated by testing kemiri sunan oil quality by several tests: acid number, iodine number, and saponification number. Saponification was done using KOH at 60°C ; 3 hours. Then, Mg(NO₃)₂ was added as substituent for K in base soap and Cr(NO₃)₃ as a catalyst. Obtained Mg soap was then cleaned using aquadest before dried in the oven until its mass was constant at 60°C, then diluted in Diethanolamine. The reaction was held for 2 hours with the variations of temperature and ratio of solvent : feed (w/w). The product was then extracted using toluene in order to gain all of the aromatic compound. Then, the separation of the solvent from the product was done using simple distillation. Cyclic product presence in the form of ortho-disubstituted benzene was tested qualitatively using FTIR, while the quantitative tests were conducted by Wijs test and aromatic product's mass calculation.

Keywords: Kemiri Sunan Oil, Saponification, Cyclization, Disproportionation, Wijs Test

Pendahuluan

Dewasa ini penggunaan minyak bumi masih sangat digemari oleh berbagai negara di dunia. Kebutuhan akan minyak bumi terus meningkat, akan tetapi cadangannya diperkirakan hanya akan bertahan selama beberapa tahun kedepan. Hasil pembakaran dari bahan bakar minyak itu sendiri berdampak buruk bagi lingkungan dan akhirnya menyebabkan pemanasan global. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu penggantian bahan bakar minyak bumi dengan minyak nabati yang pembakarannya lebih ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Indonesia memiliki tanah yang subur dan kekayaan nabati yang melimpah, salah satunya terletak pada pohon kemiri sunan yang pemanfaatannya belum maksimal. Minyak dari kemiri sunan mengandung 50% asam α -eleostearat yang memiliki tiga ikatan rangkap terkonjugasi yang dapat disiklisasi. Produk berupa senyawa siklik kemudian diproses lebih lanjut melalui tahap disproporsionasi dan menghasilkan senyawa siklik bercabang yang mengandung sikloheksana dan benzena. Produk antara ini dapat diolah lebih lanjut untuk sintesis senyawa aromatik yang memiliki angka oktan yang tinggi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi terhadap perolehan senyawa aromatik berupa produk siklik bercabang dengan gugus benzena. Variasi yang dilakukan yaitu rasio jumlah pelarut Dietanolamina terhadap umpan (5:1, 6:1, 8:1) (b/b) dan suhu reaksi (150, 200, 250 °C). Respon yang diamati adalah perolehan massa senyawa aromatik, penurunan ikatan rangkap melalui uji Wijs, dan kandungan *ortho-disubstituted benzene* dengan analisis FTIR.

Metode Penelitian

Sebelum penelitian dilakukan, kualitas minyak kemiri sunan diuji terlebih dahulu dengan uji angka asam dan uji angka iodium awal untuk mengetahui kualitas minyak. Uji angka asam bertujuan untuk mengetahui kandungan asam lemak bebas pada sejumlah sampel minyak dengan menentukan banyaknya KOH dalam milligram yang dibutuhkan untuk menetralkan asam-asam bebas dalam satu gram sampel. Angka asam minyak kemiri sunan adalah 1,7 (Vossen, 2002). Uji angka iodium bertujuan untuk mengetahui jumlah ikatan rangkap dalam asam lemak. Angka



iodium merupakan ukuran empirik jumlah ikatan rangkap dalam asam lemak yang dinyatakan dalam sentigram iodium yang diabsorpsi per gram sampel. Angka iodium minyak kemiri sunan adalah 160 (Vossen, 2002).

Bila angka iodium yang diperoleh sama atau lebih besar dari 160, maka kualitas minyak kemiri sunan dikatakan sudah baik karena ikatan rangkap yang terdapat di dalamnya masih banyak dan tidak teroksidasi. Tahap selanjutnya ialah penentuan angka penyabunan sebagai persiapan untuk saponifikasi.

Reaksi saponifikasi menggunakan basa KOH dengan *excess* 100% dari kebutuhan basa yang telah ditentukan berdasarkan angka penyabunan. Reaksi dilangsungkan selama 3 jam dengan pengadukan pada suhu 60°C dan di refluks. Selanjutnya, dilakukan netralisasi kelebihan OH dalam larutan menggunakan asam nitrat, lalu gugus K pada sabun basa disubstitusi oleh gugus Mg dengan penambahan garam $Mg(NO_3)_2$ dan $Cr(NO_3)_3$. Garam Mg yang ditambahkan sebanyak $\frac{1}{2}$ mol dari KOH dan Cr sebanyak 5% dari mol KOH. Garam Cr ini berfungsi sebagai katalis reaksi isomerisasi, siklisasi, dan disproporsinasi. Selanjutnya, sabun basa Mg yang terbentuk dicuci dengan *aquadest* dan dioven hingga beratnya konstan pada suhu 60°C. Selanjutnya, sabun disiklisasikan dimana reaksinya merupakan reaksi seri dengan isomerisasi dan disproporsionasi. Pelarut yang digunakan adalah dietanolamina (DEA) dan reaksi dilangsungkan selama 2 jam dengan variasi suhu reaksi dan rasio jumlah pelarut terhadap umpan. *Silicon oil bath* digunakan sebagai media penghantar panas dan pengadukan dilakukan dengan *magnetic stirrer*.

Isomerisasi bertujuan untuk mengubah struktur *trans* menjadi *cis*, siklisasi bertujuan untuk membentuk senyawa siklik yaitu 10,12 sikloheksadiena dengan cabang gugus alkil, sedangkan disproporsionasi bertujuan untuk memperoleh senyawa aromatik yaitu benzena bercabang.

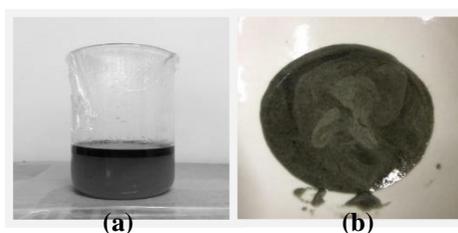
Hasil dan Pembahasan

1. Angka Asam Minyak

Angka asam minyak kemiri sunan yang digunakan pada penelitian ini sebesar 14,89 mg KOH/gram minyak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kandungan asam lemak bebas pada minyak kemiri sunan cukup tinggi dikarenakan oleh kualitas minyak yang sudah menurun akibat penyimpanan yang cukup lama.

2. Saponifikasi Minyak Kemiri Sunan

Angka penyabunan yang diperoleh dari uji angka penyabunan adalah 255,255 mg KOH / gram minyak. Pada proses saponifikasi ini, sebanyak 10 gram minyak kemiri sunan dapat menghasilkan 10,17 gram sabun basa Mg dengan katalis Cr yang telah bebas H_2O . Penambahan massa ini disebabkan karena adanya ikatan antara asam lemak dengan logam Mg serta katalis $Cr(OH)_3$. Sabun basa ini berwarna hijau tua serta bersifat lengket.



Gambar 1. Sabun Basa Magnesium (a) sebelum dikeringkan (b) setelah dikeringkan

3. Siklisasi-Disproporsionasi Sabun Basa Mg dengan Katalis Cr

Pelarut yang digunakan adalah Dietanolamina (DEA). Alasan pemilihan pelarut DEA adalah (1) kemampuannya melarutkan sabun basa karena sifatnya yang polar; (2) sifatnya yang basa, yaitu pH=11 (O'Neil, 2013) yang merupakan katalis bagi reaksi siklisasi (Fiedrich, 1961).

Untuk mencegah adanya oksigen dalam reaktor yang dapat mengoksidasi ikatan rangkap pada sabun basa Mg dan menurunkan konversi sabun basa Mg menjadi senyawa aromatik, maka dilakukan *purging* dengan gas nitrogen ke dalam reaktor selama 2-3 menit.

Produk siklisasi RUN 1-6 berbeda dengan RUN 7-9, karena memiliki tingkat kekentalan yang lebih rendah. Hal ini diduga terdapatnya polimer pada RUN 7-9. Untuk mengetahui nilai viskositas campuran produk siklik dan pelarut DEA, dilakukan pengukuran viskositas terhadap sampel. Pengukuran ini menggunakan vikometer Ostwald. Akan tetapi, tidak diperoleh data untuk sampel RUN 1, 2, 3, 6, dan 9. Hal ini dikarenakan sampel RUN 1 dan 2 merupakan RUN awal penelitian sehingga sampel tersebut telah habis terpakai untuk percobaan berbagai analisa. Sedangkan sampel pada RUN 3, 6, dan 9 berbentuk pasta sehingga tidak memungkinkan pengukuran dengan menggunakan viskometer Ostwald. Data viskositas beberapa RUN disajikan pada **Tabel 1**.

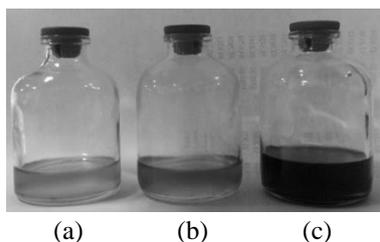
Banyaknya kandungan polimer diduga karena suhu reaksi yang sangat tinggi (Eisenhauer, 1964), yaitu 250°C, dimana semakin tinggi suhu reaksi, maka energi kinetik molekul meningkat dan molekul-molekul semakin

bertumbukan, lalu berikatan satu sama lain. Polimerisasi yang terjadi diduga merupakan polimerisasi adisi dimana 2 molekul yang identik berikatan satu sama lain. Molekul yang saling berikatan merupakan sabun basa Mg yang telah terisomerisasi. Ikatan yang kurang stabil pada rangkap dua C=O pada gugus karboksilat terputus sehingga saling berikatan dan kemungkinan besar membentuk oligomer. Hal ini didukung dengan wujud pasta pada seluruh sampel pada suhu 250°C.

Tabel 1. Data Viskositas Hasil Disproporsionasi

Sampel	Kondisi Operasi		Viskositas Dinamis (kg/ms)
	Rasio Pelarut:Umpan (b/b)	Temperatur Reaksi (°C)	
1		150	NA
2	5:1	200	NA
3		250	NA
4		150	0,057
5	6:1	200	1,583
6		250	NA
7		150	0,058
8	8:1	200	1,815
9		250	NA

Hasil tiap RUN ini selanjutnya diekstraksi dengan toluena. Hal ini bertujuan untuk memindahkan senyawa siklik dari campuran produk-pelarut sehingga dapat dianalisa lebih lanjut secara lebih akurat. Toluena dipilih sebagai pengeskrak karena mampu melarutkan senyawa aromatik dengan baik karena keduanya merupakan senyawa non-polar. RUN pada suhu 150°C, 200°C, 250°C dengan perbandingan jumlah sabun dan pelarut yang berbeda memiliki kecenderungan warna yang sama, yaitu semakin gelap seiring kenaikan suhu. Semakin gelapnya warna larutan diduga karena terbentuknya oligomer seiring meningkatnya suhu reaksi. Hal ini didasarkan pada pengamatan selama penelitian dilakukan, yaitu terdapatnya partikel-partikel halus berwarna hitam pada sampel dengan suhu tinggi, yaitu 250°C.



Gambar 2. Kecenderungan warna hasil ekstraksi a) 150°C, b) 200°C, c) 250°C

Hasil ekstraksi ini selanjutnya didistilasi dengan distilasi sederhana. Hal ini bertujuan untuk memperoleh produk berupa senyawa aromatik murni. Distilasi dilangsungkan pada suhu 110°C karena titik didih toluena berada pada 110,6°C. Produk yang tertinggal dalam reaktor inilah yang selanjutnya diuji lebih lanjut dengan FTIR, uji Wijs, dan perhitungan perolehan massa produk.

4. Uji FTIR

Uji FTIR merupakan uji kualitatif untuk mengetahui terdapatnya senyawa siklik pada produk. Produk yang diinginkan adalah ikatan asam lemak yang sudah terdisproporsionasi, dimana senyawa aromatikya memiliki struktur *ortho-disubstituted benzene* yang memiliki satu *peak* pada panjang gelombang 770-730 cm^{-1} .

Beberapa struktur senyawa siklik dan nilai absorbansinya disajikan pada **Tabel 2**. Berdasarkan hasil uji FTIR, ditemukan adanya satu puncak pada panjang gelombang 790 cm^{-1} untuk RUN 1, 2; dan 779 cm^{-1} untuk RUN 3-9. Bila ditinjau berdasarkan panjang gelombang, maka struktur ini merupakan golongan *metha-disubstituted benzene*. Akan tetapi, *metha-disubstituted benzene* memiliki tiga puncak pada panjang gelombang tersebut, berbeda dengan hasil uji yang hanya terdiri dari satu puncak. Maka dari itu, struktur ini lebih tepat bila digolongkan pada *ortho-disubstituted benzene*. Perbedaan $\pm 9-18 \text{ cm}^{-1}$ mungkin terjadi karena instrumen FTIR rentan terhadap molekul-molekul yang berada didalam sampel. Hasil uji FTIR disajikan pada **Tabel 3**.

Bila ditinjau dari tujuan penelitian ini, yaitu disproporsionasi minyak kemiri sunan, maka dapat dikatakan penelitian ini sudah berhasil, karena struktur yang diinginkan, yaitu *ortho-disubstitued benzene* sudah diperoleh. Hal

ini didukung dengan tidak ditemukannya puncak serapan tersebut pada minyak kemiri sunan umpan. Perbandingan spektrum FTIR minyak kemiri sunan umpan dan RUN 1 disajikan pada **Gambar 3**.

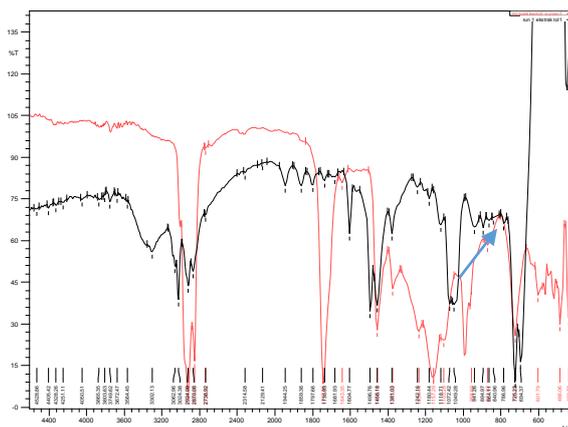
Transmitan merupakan fraksi cahaya yang melewati sampel. Persen transmitan merupakan nilai transmitan yang dikali dengan 100 agar rentangnya lebih besar (0-100) (Harris, 2010). Presentase transmitan berbanding terbalik dengan absorbansi. Hukum Lambert Beer menyatakan bahwa absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi (Harris, 2010). Maka dari itu, semakin besar absorbansi, konsentrasi juga semakin besar. Berdasarkan hasil uji FTIR, pada rasio pelarut : umpan (b/b) yang sama, baik itu 5:1, 6:1, dan 8:1, kandungan senyawa siklik pada sampel semakin rendah seiring kenaikan suhu reaksi. Kecenderungan data ini selanjutnya akan dikaji lebih lanjut dengan uji kuantitatif, yaitu uji Wijs dan perhitungan perolehan massa produk

Tabel 2. Absorbance Peak Beberapa Senyawa Siklik

Senyawa	Penampilan	Jumlah Peak	Absorbance Peak (cm ⁻¹)
Hasil Disproporsionasi	-	Satu	779 atau 790
9,11-Sikloheksadiena		Satu	700-710
Monosubstituted Benzene		Dua	730-770 690-710
Ortho-disubstituted Benzene		Satu	735-770
Metha-disubstituted Benzene		Tiga	860-900 750-810 680-725
Para-disubstituted Benzene		Satu	800-860

Tabel 3. Hasil Analisa Uji Kualitatif RUN 1-9 dengan FTIR

RUN	Kondisi Operasi		Hasil Siklisasi				
	Rasio pelarut : umpan (b/b)	Suhu Reaksi (°C)	FTIR Absorption Peak (cm ⁻¹)	Intensitas (%T)	Uji Wijs	Perhitungan Massa Produk Massa Produk Siklik dalam Sampel (gram)	Massa Produk Bawah Hasil Distilasi (gram)
Minyak Kemiri Sunan	-	-	-	-	221,11	-	-
1	5:1	150	790	66,34	28,02	1,29	1,19
2		200	790	67,54	34,72	0,84	1,12
3		250	779	82,57	54,21	0,72	1,8
4	6:1	150	779	51,72	35,94	1,16	0,85
5		200	779	74,34	49,34	1,08	1,19
6		250	779	81,05	63,96	0,72	1,54
7	8:1	150	779	74,79	31,67	0,98	0,91
8		200	779	76,83	34,11	0,68	1,05
9		250	779	78,51	35,94	0,80	1,33



Gambar 3. Perbandingan Spektrum FTIR Umpan Terhadap RUN 1

5. Uji Wijs

Minyak kemiri sunan yang digunakan sebagai umpan dalam penelitian ini memiliki bilangan iodium sebesar 221,111 gram I_2 / 100 gram minyak. Bilangan iodium tersebut merupakan bilangan yang telah dikoreksi oleh faktor pengali $3/2$. Hal ini dikarenakan terdapatnya ikatan rangkap terkonjugasi pada minyak sehingga memungkinkan angka iod yang diperoleh hanya $2/3$ dari angka sebenarnya (Kristianingrum, 2005). Perbedaan bilangan iodium hasil penelitian dengan literatur dapat disebabkan karena waktu pengambilan data yang berbeda, perbedaan tanaman kemiri sunan, dan perbedaan lama penyimpanan minyak.

Berdasarkan data pada **Tabel 3**, diperoleh kecenderungan bahwa pada rasio pelarut : umpan (b/b) yang sama, bilangan iodium cenderung meningkat seiring meningkatnya suhu reaksi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu reaksi, maka ikatan rangkap pada sampel semakin banyak dan semakin sedikit kandungan senyawa siklik. Peningkatan ini mungkin terjadi karena semakin tinggi suhu reaksi, maka reaksi polimerisasi semakin meningkat (Eisenhauer, 1964), sehingga pembentukan produk siklik tertekan oleh pembentukan polimer.

Menurut Eisenhauer (1964), semakin banyak jumlah pelarut, produk siklik akan semakin banyak karena reaksi polimerisasi dapat ditekan. Berdasarkan hasil uji Wijs, pada suhu reaksi 150°C dan 200°C , perolehan senyawa siklik maksimum berada pada rasio pelarut : umpan 5:1, sedangkan pada suhu reaksi 250°C , didapatnya senyawa siklik maksimum pada rasio pelarut : umpan 8:1. Bila ditinjau dari selisih bilangan iodium pada rasio pelarut : umpan yang sama pada suhu 150°C dan 200°C , nilainya tidak terpaut jauh. Maka dari itu, penggunaan pelarut 5x dan 6x tidak begitu mempengaruhi reaksi polimerisasi yang terjadi. Berbeda dari kedua kondisi tersebut, perolehan maksimum senyawa siklik pada suhu 250°C berada pada rasio pelarut:umpan 8:1. Hal ini menunjukkan bahwa dengan tingginya suhu, reaksi polimerisasi dapat ditekan dengan jumlah pelarut yang cukup banyak. Akan tetapi, pada suhu yang relatif rendah (150 - 250°C), tidak diperlukan jumlah pelarut yang banyak dikarenakan reaksi polimerisasi praktis belum banyak terjadi.

Pada saat penelitian, reaksi siklisasi dan disproporsionasi pernah dilangsungkan pada suhu 100°C selama 2 jam dengan rasio pelarut:umpan 3:1. Berdasarkan hasil pengamatan, hasil akhir dari reaksi tersebut masih berupa 2 fasa, yaitu pelarut DEA yang berwarna keruh dan padatan sabun yang berwarna hijau kegelapan. Hal ini diduga karena pada suhu tersebut, reaksi siklisasi praktis belum sempurna terjadi, dikarenakan sabun basa Mg yang belum terlarut dengan baik dalam larutan.

6. Perhitungan Massa Produk

Uji kuantitatif lain yang dilakukan pada penelitian ini ialah perhitungan massa produk dengan menimbang massa produk bawah yang tertinggal didalam reaktor saat distilasi sederhana selesai dilakukan. Distilasi ini bertujuan untuk memisahkan larutan pengeksrak (toluena) dari produk disproporsionasi.

Berdasarkan data pada **Tabel 3**, massa produk yang diperoleh pada seluruh hasil distilasi, kecuali RUN pada suhu 150°C , diperoleh massa produk bawah lebih tinggi dari massa produk siklik yang terdapat sampel. Hal ini disebabkan karena pada saat dilakukannya distilasi, terdapat sejumlah pelarut yang mengembun kembali kedalam reaktor sebelum dapat diuapkan sepenuhnya. Distilasi yang digunakan pada penelitian ini adalah distilasi sederhana. Ketidamampuan teruapkannya seluruh pelarut ini dapat mengindikasikan bahwa distilasi sederhana kurang cocok untuk memisahkan toluena yang terdapat pada campuran toluena dengan produk hasil disproporsionasi. Akan tetapi, pada suhu reaksi yang paling rendah, yaitu 150°C , sebagian besar pelarut sudah berhasil diuapkan, walaupun tidak sepenuhnya. Hal ini menghasilkan massa produk bawah distilasi lebih kecil dari massa produk siklik dalam sampel.



Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, dapat diketahui bahwa semakin tinggi suhu reaksi, maka polimer yang terbentuk semakin banyak dan senyawa siklik semakin sedikit. Selain itu, penggunaan jumlah pelarut 5 dan 6 kali jumlah sabun tidak memberikan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan jumlah pelarut 8 kali jumlah sabun pada suhu reaksi yang tinggi (250°C). Secara keseluruhan, penelitian ini sudah berhasil menemukan senyawa siklik berdasarkan uji FTIR dan uji Wijs. Berdasarkan kedua uji tersebut, produk siklik paling banyak ditemukan pada suhu reaksi 150°C dengan rasio 5:1.

Daftar Pustaka

- Aurand W.L., W. E. (1987). *Food Composition and Analysis*. New York: An Avi Book Van Nostrand Reinhold Company.
- C. R. Scholfield, J. C. (1959). Cyclization of Linolenic Acid by Alkali Isomerization. *The Journal Of The American Oil Chemists' Society*, 36, 631.
- Chang, R. (2010). *Chemistry*. — 10th ed. New York: McGraw-Hill.
- Chia-Chu Chang, S.-W. W. (1947). China's Motor Fuels from Tung Oil. *Industrial and Engineering Chemistry*, 39, 1543.
- Diby Pranowo, M. S. (2014). *Pembuatan Biodiesel dari Kemiri Sunan (Reutalis trisperma (Blanco) Airy Shaw) dan Pemanfaatan Hasil Samping*. Jakarta: IAARD Press.
- Dr. Tedi Hudaya, S. M. (2016). *Potensi, Pengelolaan, dan Teknologi Pemanfaatan Biomassa serta Listrik Terbarukan untuk Ketahanan Energi Indonesia di Masa Depan.*, (p. 7).
- Faizul Ishom, D. W. (2007). *BBN (Bahan Bakar Nabati)*. Depok: Penebar Siwadaya.
- Fleming, I. (2015). *Pericyclic Reactions*. United Kingdom: Oxford University Press.
- Francis Billaud, M. D. (1991). Survey of Recent Cyclohexane Pyrolysis Literature and Stoichiometric Analysis of Cyclohexane Decomposition. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 30, 1469-1478.
- George D. Lockyer, J., Burd, D. E., F.Sweeney, R., Sukornick, B., E., H., & Ulmer. (1980). United States Patent No. 4,187,386.
- H. A. M. Vossen, B. U. (2002). *Plant Resources of SouthEast Asia No 14*. Prosea Foundation. Bogor, Indonesia.
- Harris, D. C. (2010). *Quantitative Chemical Analysis (Eighth ed.)*. China Lake, California: W. H. Freeman and Company.
- Heyne, K. (1987). *Tumbuhan Berguna Indonesia Jilid II*. Jakarta: Badan Litbang Kehutanan.
- Hsien-Liang Hsu, J. O. (1950). Pyrolysis of the Calcium Salts of Fatty Acids. *Industrial and Engineering Chemistry*, 42, 2142.
- Ir. Gamal Nasir, M. (2012). *Pedoman Teknis Pengembangan Tanaman Kemiri Sunan Tahun 2013*. Direktorat Jenderal Perkebunan.
- J.P. Friedrich, H. T. (1961). Liquid C-18 Saturated Acids Derived from Linseed Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 38, 329.
- Maman Herman, M. S. (2013). *Kemiri Sunan (Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw) Tanaman Penghasil Minyak Nabati dan Konservasi Lahan*. Jakarta: IAARD Press.
- Meyers, R. A. (1996). *Encyclopedia of Molecular Biology and Molecular Medicine, Heart Failure, Genetic Basis of to Mammalian Genome (3rd ed.)*. Jerman: Wiley-VCH Verlag GmbH.
- Nasir, I. G. (2013). *Pedoman Teknis Pengembangan Tanaman Kemiri Sunan 2013*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian .
- O'Neil, M. (Ed.). (2013). *The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry.
- R. A. Eisenhauer, R. E. (1964). *The Journal of The American Oil Chemists' Society*. Cyclic Fatty Acids from Linolenic Acid, 41, 60-63.
- R. F. Paschke, D. H. (1955). Cyclization of Eleostearic Acid. *The Journal of The American Oil Chemists' Society*, 32, 473.
- Rama Prihandana, K. N. (2007). *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Rivett, D. E. (1956). The Chemistry of Polymerized Oils VII. Cyclization of Methyl Beta-Eleostearate. *The Journal of The American Oil Chemists' Society*, 33, 635.
- Robert C. Neuman, J. (2013). *Conjugated and Aromatic Molecules*. In *Organic Chemistry*.
- Robert Louw, J. H. (1984). Pyrolysis of benzene and cholobenzene in an atmosphere of hydrogen; formation of methane. *Journal of the Royal Netherlands Chemical Society*, 103, 271-275.
- S. A. Morozov, A. A. (2001). Synthesis of Porous Magnesium Oxide by Thermal Decomposition of Basic Magnesium Carbonate. *Russian Journal of General Chemistry*, 73, 37-42.
- Scientists, U. C. (2010). *Climate Science Update*. Retrieved from <http://www.ucsusa.org/>.





- Soerawidjaja, D. T. (2013). *Pemerahan, Penanganan dan Rute-Rute Pengolahan Minyak Kemiri Sunan*. Kota Baru Parahyangan, Padalarang.
- Susila Kristianingrum, S. H. (2005). *Penentuan Angka Iod Minyak Jagung dan Minyak Kelapa Sawit Dengan Metode Wijs dan Hanus*. Yogyakarta: Jursik Kimia, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Szymanski, H. A. (1964). *Interpreted Infrared Spectra*. New York: Springer Science+Business Media, LLC.
- T.W. Graham Solomons, C. B. (2011). *Organic Chemistry (10th ed.)*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- U. R. Nayak, A. H. (1970). Thermal Reorganisation Reactions - I Thermal Cyclization Of Eleostearates. *Tetrahedron*, 26, 5071-5081.
- Vickie Vaclavik, E. W. (2007). *Essentials of Food Science (3rd ed.)*. Dallas, Texas: Springer.
- Vossen, H. B. (2002). *Plant Resources of SouthEast Asia No 14*. Prosea Foundation. Bogor, Indonesia.
- William W. Christie, G. D. (n.d.). 2015. *Structural Analysis of the Cyclic Fatty Acids Formed during Frying*.





Lembar Tanya Jawab

Moderator: Abdullah Kunta-arsa (Teknik Kimia UPN “Veteran” Yogyakarta)

1. Penanya : Ramli Sitanggang (Teknik Kimia UPN “Veteran” Yogyakarta)
Pertanyaan :
 - Waktu memasang FTIR suhu reaksi 250. Waktu menggunakan FTIR menggunakan larutan standar atau tidak?
 - Apakah kemiri sunan dengan kemiri lain berbeda?Jawaban :
 - Yang diuji ialah produk siklik yang bercampur dengan produk toluena yang juga dianalisa.
 - Kemiri sunan memiliki racun jadi tidak bersaing dengan sumber atau produk pangan. Alfa –elostreatat yang menjadi dari kemiri sunan.

2. Penanya : Abdulla Kunta-arsa (Teknik Kimia UPN “Veteran” Yogyakarta)
Pertanyaan : Apa hasil dar produk penelitian ini? Bensn, solar, atau lainnnya?
Jawaban :
 - Bila diproses lebih lanjut menjadi reaksi pirolisis, sehingga dihasilkan pelarut heptana dan toluena.
 - Dapat dijadikan bahan bakar bensin yang mempunyai angka oktan tinggi.

