

PEMBUATAN METIL ESTER DARI MINYAK KELAPA

PRODUCTION OF METHYL ESTER FROM COCONUT OIL

Ardi Makalalag

Balai Riset dan Standardisasi Industri Manado

Jalan Diponegoro No. 21-23 Manado

Telp. (0431) 852395, Fax. (0431) 852396

Pos-el: ardimakalalag@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian pembuatan metil ester dari berbagai jenis minyak kelapa telah dilakukan. Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui metode pembuatan metil ester yang optimal dilihat dari segi kadar asam lemak bebas serta rendemen metil ester yang dihasilkan. Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini yaitu minyak kelapa kasar yang diproses dari kopra asap, minyak kelapa yang sudah dinetralisasi, dan VCO yang telah diekstrak senyawa fenoliknya. Penelitian dilakukan secara deskriptif. Proses esterifikasi dilakukan dengan menggunakan metanol dan katalis NaOH pada suhu 60°C selama 3 jam. Hasil penelitian menunjukkan kadar asam lemak bebas yang dihasilkan dari bahan baku minyak kelapa kasar, minyak kelapa yang telah dinetralisasi, dan VCO yang telah diekstrak senyawa fenoliknya berturut-turut adalah 4,28%; 1,14%; dan 0,17%. Rendemen metil ester yang dihasilkan dari ketiga bahan baku berkisar dari 61.5-65.5% dengan bilangan asam 0.64-0.72 mg KOH/gr, bilangan penyabunan 261.50-270.57 mg/gr, serta rendemen gliserol kasar 17.75-22.75%. Kromatogram asam-lemak dalam metil ester memperlihatkan pola yang relatif sama untuk semua bahan baku. Minyak kelapa maupun VCO yang telah diekstrak senyawa fenoliknya dapat diproses menjadi metil ester dengan transesterifikasi menggunakan metanol dan katalis NaOH.

Kata kunci: Asam lemak bebas, metil ester, minyak kelapa.

ABSTRACT

Production of methyl ester from various coconut oils had been studied. This study aimed to determine optimal method for methyl ester production based on free fatty acid content and methyl ester yield. This study used crude coconut oil (CCO) which was processed from smoked copra, neutralized coconut oil and VCO whose phenolic compounds had been extracted, as raw materials. Descriptive study of esterification process was carried out using methanol and NaOH catalyst at temperature of 60 °C for 3 hours. The results showed that free fatty acid content of crude coconut oil, neutralized coconut oil, and VCO whose phenolic compounds had been extracted were 4.28%, 1.14%, and 0.17% respectively. Methyl esters produced from the three materials ranged from 61.5-65.5% with acid numbers 0.64-0.72 mg KOH/g, saponification number 261.50-270.57 mg/g, and crude glycerol yield 17.75-22.75%. Chromatogram (graph) of fatty acids in methyl esters showed relatively similar pattern. Coconut oil and VCO whose phenolic compounds had been extracted could be processed into methyl esters by transesterification using methanol and NaOH catalysts.

Keywords: Coconut oil, free fatty acid, methyl ester.

PENDAHULUAN

Kelapa sebagai salah satu kekayaan hayati Indonesia telah berabad-abad yang lalu dimanfaatkan untuk memenuhi berbagai kebutuhan, baik sebagai sumber makanan, obat-obatan maupun industri. Pada masyarakat Indonesia, buah kelapa banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, baik di pedesaan maupun di perkotaan. Terutama daging buahnya dapat dipakai sebagai bahan baku untuk menghasilkan kopra,

minyak kelapa, santan dan kelapa parut. Komposisi asam lemak tertinggi dalam minyak kelapa adalah asam laurat yang berfungsi dapat memberi gizi serta melindungi tubuh dari penyakit menular dan penyakit degeneratif⁽¹⁾. Komposisi asam lemak dalam daging buah kelapa terdiri dari asam lemak jenuh yaitu asam kaproat (0,5%), asam kaprilat (8,0%), asam kaprat (6,4%), asam laurat (48,5%), asam miristat (17,6%), asam palmitat (8,4%), asam stearat

(2,5%) dan asam lemak tidak jenuh yaitu asam oleat (6,5%), asam linoleat (1,5%)⁽²⁾.

Metil laurat merupakan salah satu metil ester yang terdapat dalam produk transesterifikasi minyak nabati. Transesterifikasi minyak tumbuhan merupakan proses penggunaan alkohol (seperti metanol dan etanol) dengan bantuan katalis, untuk memutuskan secara kimiawi molekul minyak nabati menjadi metil atau etil ester dengan gliserol sebagai produk sampingannya. Metil ester merupakan bahan baku dalam pembuatan surfaktan, biodiesel dan emollen dalam produk kosmetika, sedangkan gliserol dapat digunakan sebagai bahan baku dalam berbagai aplikasi industri seperti kosmetika, sabun, dan farmasi. Metil laurat merupakan salah satu metil ester yang terdapat dalam asam lemak rantai medium. Asam lemak rantai medium (ALRM) memiliki 6 sampai 12 atom karbon. Asam laurat (C12) merupakan komponen utama yang terkandung dalam minyak kelapa, yaitu sekitar 46,64-48,80%. ALRM dalam sistem metabolisme lebih mudah diserap dan menghasilkan energi lebih cepat. ALRM telah dimanfaatkan sebagai sumber lemak untuk susu bayi, formulasi makanan untuk pasien yang mengalami gangguan penyerapan, pasien pasca operasi dan orang lanjut usia⁽²⁾. ALRM dinyatakan oleh *Food and Drug Administration* sebagai makanan yang aman untuk dikonsumsi sejak tahun 1994⁽³⁾. ALRM dapat digunakan untuk sintesis lipida terstruktur dalam bentuk asam lemak bebas atau ester metil asam lemak. Preparasi ester metil asam lemak lebih mudah dilakukan dibanding dengan asam lemak bebas. Ester metil asam lemak

mempunyai sifat yang sangat menguntungkan yaitu mudah difraksinasi, lebih stabil dan tidak korosif⁽⁴⁾.

Proses esterifikasi bertujuan untuk mengubah asam-asam lemak dari trigliserida dalam bentuk metil ester atau etil ester kemudian diikuti dengan fraksinasi yang dilakukan dengan kromatografi gas. Pembuatan metil ester asam lemak dari minyak dapat dilakukan melalui proses esterifikasi atau transesterifikasi dengan katalis asam misalnya asam sulfat (H_2SO_4) maupun katalis basa misalnya kalium hidroksida (KOH) atau natrium hidroksida (NaOH)⁽⁵⁾. Metode yang digunakan harus sesuai dengan karakteristik asam-asam lemak. Untuk analisa asam lemak rantai pendek harus mendapat perlakuan yang khusus, karena asam lemak tersebut mudah menguap selama proses esterifikasi dan mudah larut dalam air. Sampai sekarang metode pembuatan ester telah banyak dikembangkan, namun demikian, metode-metode tersebut diterapkan ke VCO untuk melihat metode mana yang paling baik dalam menganalisa metil ester khususnya ester dari kaproat dan kaprilat, metil ester kaproat dan kaprilat digunakan sebagai indikator untuk melihat metode yang terbaik, karena asam kaproat dan kaprilat dalam minyak kelapa sangat rendah, masing-masing 0,5% dan 8,0%⁽⁴⁾.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan untuk pembuatan metil ester adalah minyak kelapa kasar, minyak kelapa netralisasi, VCO yang telah diekstrak senyawa fenoliknya, metanol, asam sulfat, natrium hidroksida, natrium sulfat dan bahan kimia untuk analisis mutu.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah erlenmeyer, pendingin balik, *magnetic stirrer*, *heater*, *waterbath*, statif dan klem, *rotary evaporator*, *beker glass*, *water bath*, erlemeyer, penyaring membran vakum, *gas chromatograph* (GC), labu pisah, termometer, gelas ukur, oven, buret, pipet tetes, corong pisah, pengaduk dan pH meter.

Tahapan Pekerjaan

Penyediaan bahan baku

Dalam penelitian ini bahan baku yang digunakan yaitu minyak kelapa kasar, minyak kelapa yang dimurnikan dan VCO yang telah diekstrak senyawa fenoliknya. Minyak kelapa kasar diperoleh dari proses pengepressan kopra asap sehingga menghasilkan minyak. Di mana dalam hal ini minyak yang dihasilkan dari proses ini merupakan minyak yang belum bisa digunakan untuk keperluan olahan pangan. Kemudian minyak kelapa yang dimurnikan, yaitu minyak kelapa dari proses olahan kopra asap yang telah dipress kemudian dilakukan perlakuan berupa *bleaching* atau pemucatan dengan menambahkan karbon aktif kedalam minyak kelapa kasar. Kemudian dipanaskan pada suhu 105°C selama 1,5 jam sambil sesekali diaduk agar penyerapan warna dan bahan-bahan pengotor lain yang terkandung dalam minyak berlangsung secara optimal. Kemudian VCO yang telah di ekstrak senyawa fenoliknya yaitu VCO yang diekstrak menggunakan pelarut metanol dengan metode maserasi selama 24 jam untuk melarutkan senyawa fenoliknya. Dalam penelitian ini, VCO yang digunakan memanfaatkan VCO yang telah di ekstrak oleh tim peneliti ekstraksi senyawa fenolik pada VCO.

Tahap Esterifikasi (Pembuatan Metil Ester)

Perlakuan I

Minyak kelapa sebanyak 300 g dimasukkan ke erlenmeyer 500 ml kemudian ditambahkan larutan metoksida 150 ml. Larutan metoksida disiapkan dengan cara melarutkan 50 g NaOH (natrium hidroksida) dalam 1000 ml metanol. Reaksi transesterifikasi dilakukan pada suhu 60°C selama 2 jam sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Hasil reaksi dituang dalam labu pisah, lalu didiamkan selama 2 jam pada suhu 30°C sehingga akan terbentuk 2 lapisan yaitu fase minyak pada bagian atas dan fase non minyak berupa gliserol pada bagian bawah. Fase minyak dipisahkan dari fase non minyak dengan membuka kran labu pisah untuk mengeluarkan gliserol. Metil ester hasil transesterifikasi yang telah dipisahkan dari gliserol menggunakan corong pemisah dicuci dengan H₂SO₄ 10% untuk mendeaktivasi katalis NaOH kemudian setelah air pencucian dengan H₂SO₄ tersebut dikeluarkan, aquades hangat ditambahkan ke dalam metil ester agar sisa metanol, gliserol, H₂SO₄ dan pengotor-pengotor lainnya terpisah dari metil ester. Terakhir, Na₂SO₄ anhidrat ditambahkan ke dalam metil ester agar air yang masih tersisa dapat diserap. Na₂SO₄ kemudian dipisahkan dari metil ester dengan cara penyaringan. Metil ester kemudian dibekukan seluruhnya selama 8 hingga 10 jam. Metil ester yang telah membeku seluruhnya diletakkan pada suhu 5°C (titik leleh metil laurat) selama 1,5 jam. Metil ester yang meleleh kemudian disaring dan disimpan untuk dianalisis kandungan metil ester dengan menggunakan alat *Gas Chromatography* (GC).

Pengamatan

Bilangan asam, bilangan penyabunan, asam lemak bebas (FFA), kadar metil ester (GC), *yield* (rendemen) metil ester dan rendemen gliserol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil analisis bahan baku minyak kelapa dan VCO maupun produk yang dihasilkan yakni metil ester, dapat dilihat pada Tabel 1.

Pembahasan

Sifat Kimia Minyak Kelapa

Nilai asam lemak bebas minyak kelapa yang diproses dari buah kelapa dijadikan kopra dan telah melalui proses pemurnian (netralisasi) maupun belum (minyak kelapa

kasar) dan VCO sisa ekstrak senyawa fenolik disajikan pada Tabel 2.

Asam lemak bebas pada minyak kelapa yang telah melalui proses netralisasi relatif lebih rendah (1,14%) dibandingkan dengan minyak kelapa kasar (4,28%). Tingginya kadar asam lemak bebas dalam minyak kelapa kasar disebabkan karena sejak dari bahan baku kopra kandungan asam lemak bebas sudah tinggi dan ketika diproses menjadi minyak kelapa, maka kadar asam lemak bebas ikut meningkat dan faktor lain yaitu minyak kelapa kasar disimpan sudah lama (\pm 2 tahun) juga pada minyak kelapa yang telah diproses penetralan mengandung kadar asam lemak cukup tinggi (1,14%) karena lama penyimpanan sama dengan minyak kelapa kasar.

Tabel 1. Hasil Analisis Metil Ester

No.	Parameter	Bahan Baku		
		1	2	3
1	Bilangan asam, mg KOH/g	0,72	0,64	0,67
2	Bilangan penyabunan, mg/g	261,50	270,57	265,36
3	Rendemen metil ester, %	61,5	63,25	65,5
4	Rendemen gliserol kasar, %	22,75	17,75	21,25

Indikator yang ditunjukkan kedua jenis minyak kelapa yaitu bau sudah tengik dan jika dibandingkan, maka minyak kelapa kasar jauh lebih tengik daripada minyak kelapa yang telah dinetralisasi. Kadar asam lemak bebas dalam VCO yang telah diekstrak senyawa fenolik cukup rendah

yakni 0,17% karena contoh relatif masih baru (segar) dan dalam proses ekstraksi senyawa fenolik tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap peningkatan asam lemak bebas. Hal ini ditandai dengan bau VCO yang masih normal bau minyak kelapa segar.

Tabel 1. Hasil uji kadar FFA

No.	Jenis Contoh	FFA (%)
1.	Minyak kelapa kasar	4,28
2.	Minyak kelapa netralisasi	1,14
3.	VCO	0,17

Bilangan Asam

Bilangan asam dan FFA (*free fatty acid*) menggambarkan jumlah asam lemak bebas dari sampel dalam basis yang berbeda. Bilangan asam adalah miligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan grup karboksil bebas dari satu gram sampel. Bilangan asam pada minyak maupun metil ester akan meningkat dengan adanya proses hidrolisis yang dikatalisa asam, terutama jika produk memiliki kadar air yang tinggi. Proses hidrolisis juga dipercepat oleh peningkatan suhu. Selama hidrolisis terjadi pemecahan ikatan ester yang menghasilkan bilangan asam/asam lemak bebas, monogliserida, dan digliserida. Kadar FFA sebanding dengan nilai bilangan asam, yaitu semakin tinggi nilai bilangan asam semakin tinggi pula kadar FFA. Nilai bilangan asam hasil uji dari berbagai jenis bahan baku minyak kelapa ester berkisar antara 0,64-0,72 mg KOH/gram. Kadar bilangan asam dari metil ester dipengaruhi oleh proses esterifikasi asam-asam lemak bebas dalam minyak sebagian besar terkonversi menjadi metil ester. Selain metil ester, dari proses esterifikasi dihasilkan air. Adanya air inilah yang menyebabkan proses hidrolisis terjadi, terutama pada saat transesterifikasi, ditambah dengan adanya peningkatan suhu selama proses. Hidrolisis asam lemak tidak jenuh seperti asam laurat, oleat dan linoleat lebih mudah terjadi karena kelarutannya dalam air cukup tinggi. Adanya kandungan asam lemak bebas pada produk saat transesterifikasi menyebabkan terbentuknya sabun yang akan menyulitkan proses pemisahan metil ester dari gliserol karena sifat pengemulsinya.

Bilangan penyabunan

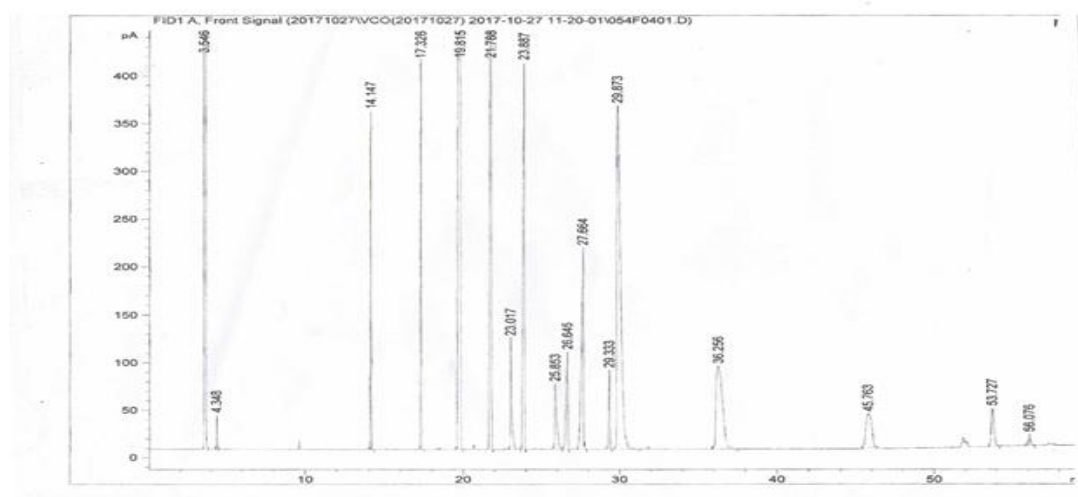
Angka penyabunan menunjukkan berat molekul asam lemak. Trigliserida dengan berat molekul rendah memiliki angka penyabunan yang lebih tinggi dari trigliserida dengan berat molekul tinggi. Dari hasil penentuan bilangan penyabunan dapat diketahui berapa banyak metil ester yang masih utuh. Reaksi transesterifikasi dengan katalis basa mempunyai kecenderungan untuk menghasilkan sabun. Faktor utama yang menyebabkan terjadinya sabun adalah jumlah NaOH yang digunakan sebagai katalis sehingga perlu diketahui jumlah NaOH maksimal yang digunakan agar pada reaksi transesterifikasi tidak menghasilkan sabun. Jumlah NaOH pada reaksi transesterifikasi dengan perbandingan volume minyak kelapa dan metanol 300:100 (5% NaOH) penggunaan katalisator basa pada reaksi transesterifikasi minyak nabati akan efektif pada jumlah 1-5% dari berat minyak⁽⁷⁾.

Rendemen metil ester

Proses metanolisis bertujuan untuk mendapatkan rendemen metil ester yang setinggi-tingginya. Suhu metanolisis ditentukan sebesar 60°C, karena suhu tersebut mendekati titik didih metanol yaitu berkisar 60-70°C, karena reaksi metanolisis akan berlangsung lebih cepat apabila dilakukan mendekati titik didih metanol⁽⁸⁾. Proses metanolisis trigliserida dengan katalis basa akan menghasilkan produk akhir yaitu metil ester asam lemak dan gliserol serta produk antara monogliserida dan digliserida⁽⁹⁾. Pada proses alkoholisis, rendemen yang dihasilkan tidak akan pernah mencapai 100%. Rendemen metil ester asam lemak pada suhu 60°C

dengan 3 jenis bahan baku minyak kelapa ialah 61,5%, 63,25% dan 65,5%. Tingkat pencampuran antara fase alkohol dan trigliserida merupakan faktor yang berperan dalam proses alkoholisis⁽¹⁰⁾. Trigliserida tidak larut dalam metanol, sehingga perlu ada proses pengadukan mekanis dan pemanasan yang akan memungkinkan terjadinya kontak antara alkohol dan trigliserida. Kenaikan suhu akan meningkatkan kelarutan alkohol sehingga akan memungkinkan meningkatnya kontak antara alkohol dan minyak kelapa. Pada

penelitian ini, suhu metanolisis 60°C ternyata mempengaruhi rendemen metil ester minyak kelapa. Adanya perbedaan rendemen metil ester antara jenis bahan baku diduga oleh tidak stabilnya suhu reaksi, karena percobaan dilakukan pada ruang terbuka dan suhu pemanas (*hot plate*) sering berubah (tidak stabil pada 60°C). Faktor lain yakni pada suhu 60°C merupakan titik didih metanol, sehingga sebagian metanol sudah berada pada fase uap yang menyebabkan berkurangnya kontak antara metanol dengan minyak kelapa dan katalis.



Gambar 1. Kromatogram asam-asam lemak metil ester berbahan baku minyak kelapa kasar (CCO)

Rendemen Gliserol Kasar

Pada pembuatan metil ester atau reaksi transesterifikasi minyak kelapa dihasilkan produk samping berupa gliserol dengan tingkat kemurnian yang rendah, yang biasa disebut dengan *crude glycerol*. Produk ini dihasilkan sekitar 10-20% dari total volume produk. Warna gliserol murni yakni kuning muda⁽¹¹⁾. Rendemen gliserol kasar yang diperoleh dari proses transesterifikasi minyak kelapa dan VCO yang telah diekstrak senyawa fenolik masing-masing yakni 22,7%, 17,75% dan

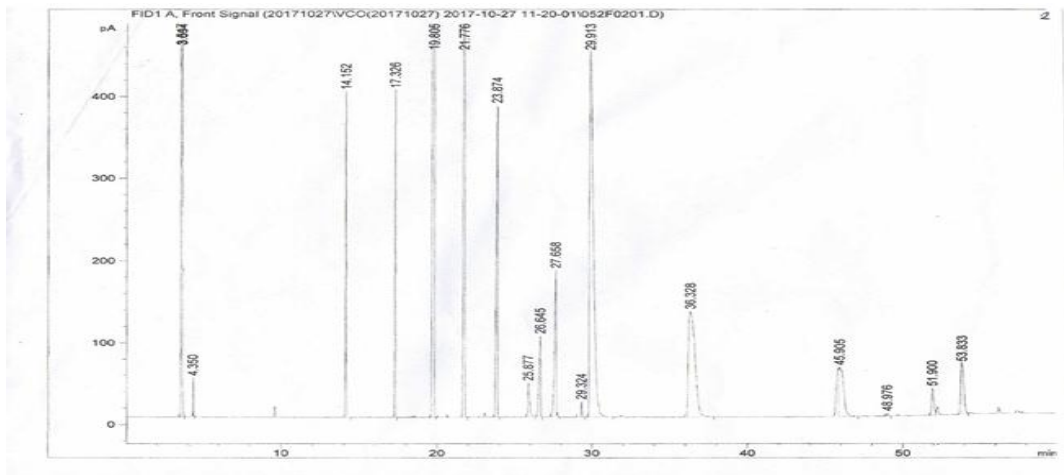
21,25% (Tabel 2). Salah satu bagian dari proses produksi metil ester adalah pemurnian metil ester. Pencucian adalah proses menghilangkan sisa metanol, sisa katalis, sabun dan gliserol yang tidak bisa dihilangkan pada proses pemisahan. Untuk menghilangkan sisa metanol, pencucian dengan air dan asam untuk menghilangkan sisa katalis, pencucian dengan menggunakan air untuk menghilangkan sisa sabun dan pencucian dengan corong pemisah untuk menghilangkan sisa gliserol. Semakin besar kandungan gliserol yang

terkandung dalam metil ester, maka rendemen metil ester akan semakin kecil. Semakin meningkat suhu reaksi, maka kandungan gliserol yang terdapat dalam metil ester akan semakin besar.

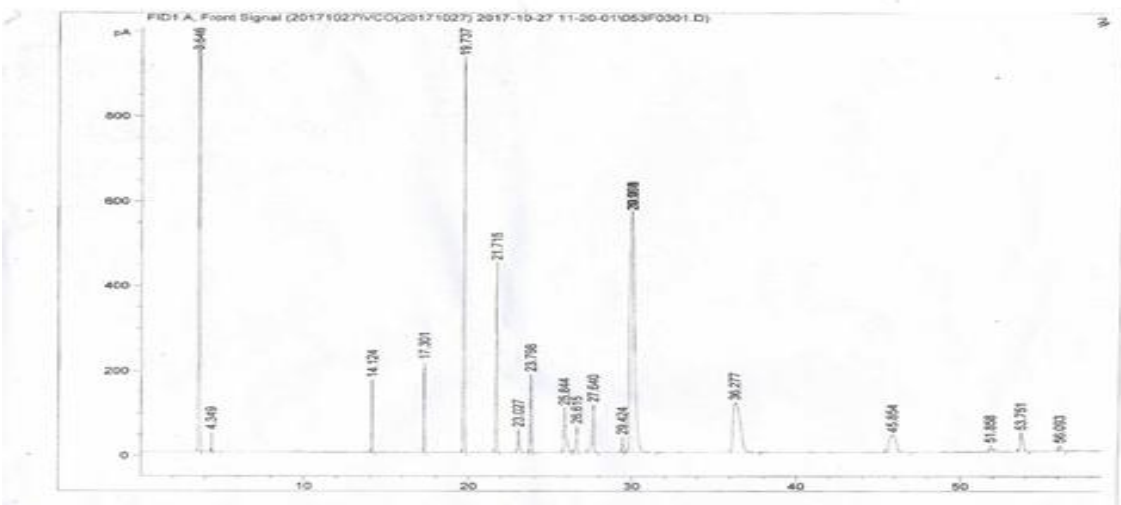
Kromatogram Metil Ester Minyak Kelapa dan VCO

Pengujian senyawa asam lemak dalam metil ester dilakukan secara kualitatif menggunakan alat *Gas Chromatography* (GC). Dari hasil pengujian menggunakan alat GC diperoleh kromatogram (Gambar

1–3) yang memperlihatkan bahwa asam-asam lemak dalam metil ester dari bahan baku minyak kelapa dan VCO yang telah di ekstrak senyawa fenolik menunjukkan grafik yang hampir sama. Sehingga secara kualitatif dapat dikatakan bahwa ketiga bahan baku mempunyai komposisi asam lemak metil ester yang sama. Terdapat beberapa puncak yang berhubungan dengan masing masing asam lemak sedikit berhimpit namun demikian masih mempunyai resolusi yang baik.



Gambar 2. Kromatogram asam-asam lemak metil ester berbahan baku minyak kelapa yang telah dinetralisasi.



Gambar 3. Kromatogram asam-asam lemak metil ester berbahan baku VCO yang telah diekstrak senyawa fenolik

KESIMPULAN

Minyak kelapa kasar, minyak kelapa yang telah dinetralisasi dan *virgin coconut oil* yang sudah diekstrak senyawa fenolik dapat dibuat menjadi metil ester dengan metode transesterifikasi menggunakan metanol dan katalis natrium hidroksida. Rendemen metil ester yang dihasilkan berkisar antara 61,5-65,5% dan gliserol kasar 17,75-22,75%. Kadar metil ester tertinggi diperoleh dari bahan baku VCO yang telah diekstrak senyawa fenolik yaitu 65,5%. Kromatogram (grafik) asam-asam lemak dalam metil ester yang dibuat dari minyak kelapa dan VCO relatif hampir sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Pontoh J, dan Makasoe L. Perbandingan Beberapa Metode Pembuatan Metil ester dalam analisa asam lemak dari virgin coconut oil (VCO). Jurnal Ilmiah Sains. 2011 Oktober;11 (2):241-247.
- Karouw S, Suparmo, Pudji Hastuti, Tyas Utami. Sintesis Ester Metil Rantai Medium dari Minyak Kelapa dengan Cara Metanolisis Kimiawi. Agritech.2013 Mei;33 (2): 182-188.
- Anggraeni R. Optimasi Formula dan Pendugaan Umur Simpan Emulsi Virgin Coconut Oil. Skripsi. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. 2007.
- Hidayati S, Gultom N, dan Eni H. Optimasi Produksi Metil Ester Sulfonat dari Metil Ester Minyak Jelantah. Jurnal Reaktor.2012 Oktober; 14 (2): 165-172.
- Hikmah MN. Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi. Skripsi, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang. 2010.
- Pratiwi DA. Pengaruh Suhu dan Katalis CAO pada Sintesa Surfaktan Metil Ester Sulfonat Berbasis Crude Palm Oil dengan Agen Sulfonasi NAHSO₃. Skripsi.Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang. 2015.
- Nugraheni DT. Analisis Penurunan Bilangan Iod Terhadap Pengulangan Penggorengan Minyak Kelapa dengan Metode Titrasi Iodometri. Skripsi. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru. 2011.
- Anwar RW. Studi Pengaruh Suhu dan Jenis Bahan Pangan Terhadap Stabilitas Minyak Kelapa Kelama Proses Penggorengan. Skripsi. Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin Makassar. 2012.
- Alvino HW, Sonia SD, dan Dipl HR. Pemisahan gliserol dan biodiesel minyak kelapa sawit (palm oil) dengan menggunakan membrane olypropylene. Jurnal Teknik Pomits. 2013; 2 (1): 2301-1.
- Mery Tambaria Damanik Ambarita MTD. Studi Tentang Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas (Rasio Molar Substrat, Waktu dan Suhu Reaksi) Jumal Ilmu dan Teknologi Pangan. 2004 April; 2(1):107-115.
- Rohman GAN, Fatmawati F, dan Mahfud M. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Menggunakan Microwave: Penggunaan Katalis KOH dengan Konsentrasi Rendah. Jurnal Teknik ITS.2015; 5 (2):225-227.