

**PEMBUATAN *VIRGIN COCONUT OIL* MENGGUNAKAN ENZIM
BROMELIN DENGAN *TREATMENT* ULTRASONIK**

SKRIPSI

Oleh:
GURID ANAS JATIPUTRA
NIM. 16630029



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**PEMBUATAN *VIRGIN COCONUT OIL* MENGGUNAKAN ENZIM
BROMELIN DENGAN *TREATMENT* ULTRASONIK**

SKRIPSI

**Oleh:
GURID ANAS JATIPUTRA
NIM. 16630029**

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

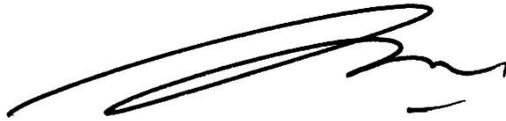
**PEMBUATAN *VIRGIN COCONUT OIL* MENGGUNAKAN ENZIM
BROMELIN DENGAN *TREATMENT* ULTRASONIK**

SKRIPSI

Oleh:
GURID ANAS JATIPUTRA
NIM. 16630029

**Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diseminarkan
Pada tanggal 20 Desember 2021**

Pembimbing I



Dr. Akyunul Jannah, S.Si, M.P
NIP. 19750410 200501 2 009

Pembimbing II



Oky Bagas Prasetyo, M.PdI
NIDT. 19890113 20180201 1 244

**Mengetahui,
Ketua Program Studi**



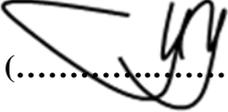
Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810811 200801 2 010

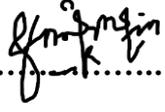
**PEMBUATAN *VIRGIN COCONUT OIL* MENGGUNAKAN ENZIM
BROMELIN DENGAN *TREATMENT* ULTRASONIK**

SKRIPSI

**Oleh:
GURID ANAS JATIPUTRA
NIM. 16630029**

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 20 Desember 2021**

Penguji Utama : Himmatul Baroroh, M.Si 
NIP. 19750730 200312 2 001 (.....)

Ketua Penguji : Anik Maunatin, S.T., M.P 
NIDT. 19760105 20180201 2 248 (.....)

Sekretaris Penguji : Dr. Akyunul Jannah, S.Si, M.P 
NIP. 19750410 200501 2 009 (.....)

Anggota Penguji : Oky Bagas Prasetyo, M.PdI 
NIDT. 19890113 20180201 1 244 (.....)

**Mengesahkan,
Ketua Program Studi**



**Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810811 2008012 010**

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Gurid Anas Jatiputra

NIM : 16630029

Program Studi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Pembuatan *Virgin Coconut Oil* Menggunakan Enzim Bromelin dengan *Treatment* Ultrasonik

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan maka saya bersedia menerima konsekuensi atas perbuatan tersebut.

Malang, 20 Desember 2021
Yang membuat pernyataan,

A yellow postage stamp with a value of 1000 Rupiah. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'METERAI KEMPEL'. A handwritten signature is written over the stamp. The serial number '419AJX547159828' is visible at the bottom of the stamp.

Gurid Anas Jatiputra
NIM. 16630029

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Orang tua yaitu Bapak Triwanta yang telah memberi dukungan dan pelajaran hidup untuk menghadapi segala permasalahan dengan baik dan Ibu Sonem yang telah menjadi sosok ibu yang sangat luar biasa dalam merawat dan mendidik saya menjadi pribadi yang lebih baik.

Tidak lupa untuk kakak dan adik saya Ginting Sabil Arrosad dan Ganis Ayu Rogowati yang saya sayangi, dimana selalu memberikan dukungan moril dan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir.

Terakhir untuk diri saya sendiri yang sudah sampai pada titik ini dengan segala bantuan dan kasih sayang dari keluarga saya.

Motto

*“Syukuri apa yang kita punya dan selalu tetap semangat untuk
menggapai cita-cita”*

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Pembuatan *Virgin Coconut Oil* Menggunakan Enzim Bromelin dengan *Treatment* Ultrasonik”. Solawat serta salam penulis panjatkan kepada Nabi Agung Muhammad SAW, yang telah membawa umatnya keluar dari masa kegelapan menuju masa yang terang benerang. Selama proses penulisan skripsi, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak, Ibu, Kakak, Adik dan segenap keluarga yang selalu memberikan perhatian, nasihat, dukungan, dan do'a sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Rachmawati Ningsih, M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Akyunul Jannah, S.Si, M.P selaku dosen wali sekaligus Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan kepada penulis.
4. Oky Bagas Prasetyo, M.PdI selaku dosen pembimbing agama atas masukan serta saran selama proses penyelesaian skripsi ini.
5. Seluruh bapak dan ibu dosen dan laboran Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan ilmu, wawasan, dan pengalaman bagi penulis.

6. Segenap rekan-rekan Kimia, khususnya Angkatan 2016 Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah membantu penyusunan semhas ini baik dari segi moril dan ide.

Bersama dengan iringan do'a dan harapan semoga apa yang telah mereka berikan kepada penulis, mendapatkan balasan terbaik dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan. Demi kesempurnaan skripsi ini, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat dilaksanakan dan memberikan manfaat bagi kita semua.

Malang, 20 Desember 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
مستخلص البحث.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kelapa.....	7
2.2 <i>Virgin Coconut Oil</i>	8
2.3 Kualitas <i>Virgin Coconut Oil</i>	11
2.4 Enzim Bromelin	12
2.5 Ekstraksi Ultrasonikasi	14
2.6 Gas <i>Chomatography</i> (GC).....	15
2.7 Integrasi Al-Quran	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Pelaksanaan Penelitian	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.2.1 Alat.....	18
3.2.2 Bahan	18
3.3 Rancangan Penelitian	19
3.4 Tahapan Penelitian	20
3.5 Prosedur Penelitian	20
3.5.1 Pembuatan Enzim Bromelin Ekstrak Kasar Batang Buah Nanas	20
3.5.2 Pembuatan Krim Santan.....	20
3.5.3 Pembuatan <i>Virgin Coconut Oil</i>	21
3.5.4 Analisis Uji Kualitas Minyak	21
3.5.4.1 Pengukuran Rendemen.....	21
3.5.4.2 Analisis Kadar Air	22
3.5.4.3 Analisis Asam Lemak Bebas.....	22

3.5.4.4 Identifikasi Asam Lemak dengan GCMS	23
3.6 Analisis Data	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Pembuatan Ekstrak Kasar Enzim Bromelin dari Batang Buah Nanas.....	25
4.2 Pembuatan VCO	26
4.3 Pengaruh Konsentrasi Enzim dan Waktu Ultrasonikasi Pada Rendemen.....	27
4.4 Pengaruh Konsentrasi Enzim dan Waktu Ultrasonikasi Pada Asam Lemak Bebas	30
4.5 Pengaruh Konsentrasi Enzim dan Waktu Ultrasonikasi Pada Kandungan Kadar Air VCO.....	33
4.6 Identifikasi Asam Lemak Menggunakan GC-MS.....	35
4.7 Hasil Penelitian dalam Prespektif Islam	38
BAB V PENUTUP.....	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Model emulsi minyak dalam air pada krim santan (A) emulsi stabil (B) emulsi tidak stabil.....	9
Gambar 2. 2 Reaksi esterifikasi pada minyak.....	16
Gambar 4. 1 Mekanisme reaksi hidrolisis protein oleh enzim bromelain.....	25
Gambar 4. 2 Hasil VCO setelah pemisahan dimana A (VCO), B (Protein), C (Air) dan D (Padatan).....	26
Gambar 4. 3 Hasil nilai rendemen VCO dari pengaruh perlakuan konsentrasi enzim dan waktu ultrasonikasi	27
Gambar 4. 4 Hasil kandungan asam lemak bebas VCO dari pengaruh perlakuan konsentrasi enzim bromelin dan waktu ultrasonikasi	31
Gambar 4. 5 Hasil kandungan kadar air VCO dari pengaruh perlakuan konsentrasi enzim bromelin dan waktu ultrasonikasi	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi kimia daging buah kelapa	7
Tabel 2. 2 Komposisi asam lemak VCO	10
Tabel 2. 3 Kualitas VCO berdasarkan SNI 01-2901-2008	12
Tabel 3. 1 Data perlakuan pengaruh konsentrasi enzim dan waktu ultrasonikasi	19
Tabel 4. 1 Hasil uji lanjut BNT pada rendemen VCO	29
Tabel 4. 2 Hasil uji lanjut BNT pada asam lemak bebas	32
Tabel 4. 3 Kadar air pada perlakuan konsentrasi enzim	34
Tabel 4. 4 Hasil karakterisasi komposisi asam lemak pada VCO.....	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rancangan Penelitian	44
Lampiran 2 Diagram Alir.....	45
Lampiran 3 Perhitungan Pembuatan Larutan.....	49
Lampiran 4 Analisis Rendemen	51
Lampiran 5 Analisis Asam Lemak Bebas	53
Lampiran 6 Analisis Kadar Air	55
Lampiran 7 Analisis ANOVA.....	57
Lampiran 8 Hasil Analisis GCMS	61
Lampiran 9 Dokumentasi Penelitian.....	69

ABSTRAK

Jatiputra, G., A. 2021. **Pembuatan *Virgin Coconut Oil* Menggunakan Enzim Bromelin Dengan *Treatmen* Ultrasonik**. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Dr. Akyunul Jannah, S. Si, M.P; Pembimbing II; Oky Bagas Prasetyo, M.Si

Kata kunci: VCO, Enzim Bromelin, Ultrasonikasi

Proses pembuatan VCO dapat dilakukan secara tradisional, enzimatik, dan pemancangan. Namun beberapa metode ini masih memiliki kelemahan yaitu waktu pembuatan yang lama dan kualitas VCO yang rendah. Pembuatan VCO dengan enzim bromelin dari ekstrak kasar batang buah nanas dan bantuan ultrasonikasi diharapkan dapat memperoleh kualitas VCO yang baik. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh konsentrasi enzim bromelin dan lama ekstraksi menggunakan ultrasonik pada pembuatan VCO. Pembuatan VCO menggunakan konsentrasi enzim 15%, 20%, dan 25% serta waktu ultrasonikasi 30, 60, dan 90 menit. Hasil dari pembuatan VCO pada penelitian, didapat pengaruh perlakuan konsentrasi enzim bromelin dan waktu ultrasonikasi terhadap hasil rendemen dan kandungan asam lemak bebas VCO, sedangkan pada kandungan kadar air VCO menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi enzim bromelin dan waktu ultrasonikasi tidak berpengaruh. Pembuatan VCO didapat perlakuan terbaik pada konsentrasi enzim bromelin 15% dengan waktu ultrasonikasi 60 menit. Berdasarkan hasil yang diperoleh juga menunjukkan bahwa hasil kandungan asam lemak bebas dan kadar air memenuhi persyaratan mutu SNI 7381:2008, sedangkan pada komposisi asam lemak VCO diperoleh metil ester asam lemak kaproat sebesar 1,53%, kaprilat 10,36%, kaprat 10,67%, laurat 71,95%, miristat 5,31% dan palmitat 0,18%.

ABSTRACT

Jatiputra, G., A. 2021. **Production Virgin Coconut Oil Using Bromelin Enzymes With Ultrasonic Treatment**. Skripsi. Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Setate Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor I: Dr. Akyunul Jannah, S. Si, M.P ; Advisor II; Oky Bagas Prasetyo, M.Si

Keywords: VCO, Bromelin Enzymes, Ultrasound

The process of making VCO can be done traditionally, enzymatically, and fishing. However, some of these methods still have weaknesses, namely long manufacturing times and low VCO quality. Making VCO with bromelain enzyme from a crude extract of pineapple stem and ultrasonication assistance is expected to obtain good VCO quality. The purpose of this study was to determine the effect of bromelain enzyme concentration and ultrasonic extraction time on the manufacture of VCO. Making VCO using enzyme concentrations of 15%, 20%, and 25% and ultrasonication times of 30, 60, and 90 minutes. The results of the manufacture of VCO in the research, obtained the effect of treatment of bromelain enzyme concentration and ultrasonication time on the yield and free fatty acid content of VCO, while the water content of VCO showed that the treatment of bromelain enzyme concentration and ultrasonication time had no effect. Making VCO obtained the best treatment at 15% bromelin enzyme concentration with an ultrasonication time of 60 minutes. Based on the results obtained also indicate that the results of free fatty acid content and water content meet the quality requirements of SNI 7381:2008, while the fatty acid composition of VCO obtained methyl esters of caproic fatty acids of 1.53%, caprylic 10.36%, capric 10, 67%, laurate 71.95%, myristate 5.31% and palmitate 0.18%.

مستخلص البحث

جاتيفوترا، ج.، أ. 2021. صنع زيت جوز الهند البكر باستخدام إنزيم البروميلين مع العلاج بالموجات فوق الصوتية. بحث جامعي. قسم الكيمياء كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: الدكتور أكين الجنة، الماجستير، المشرف الثاني: أوكي بكاس فراستيو، الماجستير

الكلمات المفتاحية: زيت جوز الهند البكر، إنزيم البروميلين، الموجات فوق الصوتية

إن إجراء عملية صنع زيت جوز الهند البكر بشكل تقليدي وأنزيمي وصيد. ولكن لا تزال بعض هذه الأساليب بها نقاط ضعف، وهي فترات التصنيع الطويلة وجودة زيت جوز الهند البكر المنخفضة. صنع زيت جوز الهند البكر مع إنزيم البروميلين من المستخلص الخام لجذع الأناناس ومن المتوقع أن تحصل المساعدة بالموجات فوق الصوتية على جودة زيت جوز الهند البكر جيدة. الهدف من هذا البحث لمعرفة تأثير تركيز إنزيم البروميلين ووقت الاستخلاص باستخدام الموجات فوق الصوتية على صنع زيت جوز الهند البكر. صنع زيت جوز الهند البكر باستخدام تركيزات إنزيم 15 في المائة و 20 في المائة و 25 في المائة وأوقات الموجات فوق الصوتية 30 و 60 و 90 دقيقة. حصلت نتائج صنع زيت جوز الهند البكر في البحث على تأثير معالجة تركيز إنزيم البروميلين ووقت الموجات فوق الصوتية على المحصول ومحتوى الأحماض الدهنية الحرة لزيت جوز الهند البكر، بينما أظهر محتوى الماء من زيت جوز الهند البكر أن معالجة تركيز إنزيم البروميلين والموجات فوق الصوتية الوقت ليس له تأثير. صنع زيت جوز الهند البكر حصل على أفضل علاج بتركيز 15 في المائة من إنزيم البروميلين مع وقت فحص بالموجات فوق الصوتية لمدة 60 دقيقة. بناء على النتائج التي تم الحصول عليها تشير أيضا إلى أن نتائج محتوى الأحماض الدهنية الحرة ومحتوى الماء يلبي متطلبات الجودة لمعيار الوطني الإندونيسي 7381:2008، في حين أن تكوين الأحماض الدهنية لزيت جوز الهند البكر حصل على استرات الميثيل من الأحماض الدهنية كابريك بنسبة 1.53 في المائة، كابريك 10،36 في المائة، كابريك 10، 67 في المائة، لورات 71،95 في المائة، ميريستات 5،31 في المائة وبالميتات 0،18 في المائة.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Virgin coconut oil (VCO) adalah minyak nabati yang diekstrak dari *endosperm* kelapa yang segar dan matang dan diperoleh tanpa pemurnian (Muis, 2016). VCO merupakan salah satu produk olahan dari buah kelapa yang memiliki banyak kegunaan seperti bahan baku industri pangan, kosmetik dan farmasi. VCO memiliki kandungan *medium chain saturated fatty acids* (MCFA), dimana kandungan MCFA yang paling dominan adalah asam laurat (45-53%) (Raghavendra & Raghavarao, 2010). Pada penelitian Gani *et al.*, (2020) menyebutkan bahwa kandungan vitamin E dan asam laurat dalam VCO yang tahan terhadap oksidasi memiliki banyak manfaat dalam kesehatan. MCFA dalam VCO juga memiliki sifat fungsional sebagai anti jamur, anti virus dan anti bakteri. Sebagaimana yang sudah dijelaskan oleh Islam dalam Al-Qur'an bahwa segala sesuatu yang tercipta memiliki manfaat tersendiri dan itu semua merupakan salah satu tanda-tanda kekuasaan Allah swt. Sebagaimana pada firman Allah dalam Al-Quran surat An-Nahl Ayat 11:

يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ (١١)

“Dengan (air hujan) itu Dia menumbuhkan untuk kamu tanam-tanaman, zaitun, kurma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berpikir (QS. An-Nahl/16:11)”

Menurut Tafsir Al-Misbah, menjelaskan bahwa Allah swt., *menumbuhkan bagi kamu dengannya*, yakni dengan air hujan itu, *tanaman-tanaman*; dari yang

paling cepat layu sampai dengan yang paling panjang usianya dan paling banyak manfaatnya. Dia menumbuhkan *zaitun*, salah satu pohon yang paling panjang usianya, demikian juga *kurma*, yang dapat dimakan mentah dan matang, mudah dipetik, dan sangat bergizi lagi berkalori tinggi, juga *anggur* yang dapat kamu jadikan makanan yang halal atau minuman yang haram, dan dari segala macam atau sebagian *buah-buahan*, selain yang disebut itu (Shihab, 2012). Sesungguhnya dengan ayat di atas menjelaskan Allah Maha Esa lagi Maha kuasa atas alam semesta antara lain dengan menumbuhkan tumbuh-tumbuhan yang beraneka ragam dan menghasilkan buah-buahan yang baik atau bermanfaat bagi manusia, salah satu diantaranya tumbuh-tumbuhan beserta buah-buahannya yang bermanfaat adalah daging buah kelapa yang dapat diolah menjadi minyak kelapa dan buah nanas yang memiliki kandungan enzim bromelin.

Pembuatan VCO pada umumnya menggunakan metode pemrosesan kering atau basah, dimana metode basah mempertahankan kualitas minyak yang lebih baik dari minyak kelapa yang diekstraksi. Ekstraksi basah ditambah dengan teknik pembekuan pencairan adalah teknologi yang paling banyak diterapkan untuk ekstraksi VCO, tetapi teknologi tersebut membutuhkan waktu pembuatan yang relatif lama dan rendemen minyak yang relatif rendah. Ekstraksi VCO dengan enzim telah terbukti lebih menguntungkan dibandingkan metode tradisional (Soo *et al.*, 2020). Akan tetapi, biaya enzim yang cukup mahal menjadi permasalahan dari metode ini. Sumber enzim dari limbah dapat menjadi alternatif yang dapat digunakan untuk mengekstrak VCO. Salah satu sumber enzim yang dapat digunakan dalam pembuatan VCO secara enzimatik adalah limbah batang buah nanas.

Nanas termasuk salah satu komoditas buah unggul di Indonesia dengan jumlah produksi 1,73 juta ton di tahun 2015 (Ramadani *et al.*, 2019). Pemanfaatan tanaman nanas di masyarakat umumnya lebih pada daging buahnya saja, sedangkan bagian batang dan kulit hanya dibuang sebagai limbah. Sandika *et al.*, (2017) menyebutkan komposisi limbah yang dihasilkan dari buah nanas yaitu kulit nanas 30-42%, batang 2-5% dan mahkota 2-4%. Palilingan & Pungus, (2018) menyebutkan bahwa batang pada buah nanas dapat dimanfaatkan dalam pembuatan VCO karena terdapat enzim bromelin yang diperlukan dalam proses pembuatan VCO secara enzimatik.

Pembuatan VCO dari enzim bromelin batang buah nanas telah dilakukan beberapa peneliti, diantaranya penelitian yang dilakukan Sangi, (2011) tentang pemanfaatan ekstrak kasar batang buah nanas untuk kualitas minyak kelapa dari perbandingan daging buah kelapa dengan berat batang buah nanas yaitu 8:2 dan waktu pemeraman 12 jam menghasilkan rendemen minyak tertinggi sebesar 23,495%. Effendi (2012) juga melakukan penelitian tentang pembuatan VCO dengan ekstrak batang buah nanas sebesar 600 mL pada santan 800 mL dan waktu fermentasi 48 jam menghasilkan VCO 6,928%, kadar air 0,481%, bilangan asam 0,495 mg KOH/ g minyak, bilangan penyabunan 264,28 mg KOH/g minyak, dan bilangan iod 48,4 g iod/100 g minyak.

Bromelin merupakan salah satu enzim protease yang dapat menghidrolisis ikatan peptida pada protein menjadi molekul yang lebih kecil. Konsentrasi suatu enzim yang digunakan dapat mempengaruhi pada proses enzimatik. Barlina & Daniel (2010) telah melakukan penelitian tentang pembuatan VCO dengan enzim bromelin ekstrak kasar batang buah nanas yang mendapatkan rendemen terbaik

sebesar 27,55% dengan konsentrasi 30 %. Penelitian lain yang dilakukan oleh Palilingan & Pungus (2018) tentang pembuatan VCO dengan ekstrak kasar batang buah nanas menunjukkan hasil rendemen terbaik sebesar 36% dengan konsentrasi 20%. Hal ini diperkuat oleh penelitian Harimurti *et al.*, (2020) mendapatkan hasil rendemen VCO terbaik sebanyak 24,26% dengan konsentrasi penambahan enzim bromelin ekstrak kasar buah nanas sebesar 20%.

Metode yang digunakan dalam pembuatan VCO diantaranya adalah sentrifugasi, enzimatis, dan pancingan. Namun, ketiga metode tersebut masih terdapat kelemahan yaitu waktu pembuatan yang lama, hasil VCO yang rendah, dan kualitas yang masih kurang baik karena adanya kontaminan (Mustafa *et al.*, 2019). Pada penelitian ini, ultrasonikasi adalah modifikasi teknologi yang digunakan untuk optimasi proses pembuatan VCO. Sebuah penelitian perbandingan tentang cara konvensional dan produksi biodiesel yang di katalis enzim dan di bantuan ultrasonik telah diamati Tupufia *et al.*, (2013) dimana hasil menunjukkan konversi trigliserida menjadi ester sebesar 80% membutuhkan waktu 50 jam menjadi 92% dengan waktu 3 jam. Hasil ini menunjukkan bahwa ultrasonik dapat meningkatkan laju reaksi enzim. Hal ini juga didukung oleh penelitian Mustafa *et al.*, (2019) tentang proses pembuatan VCO secara enzimatis dengan bantuan ultrasonik, dimana hasil menunjukkan peningkatan produksi VCO. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu 64,5% rendemen, kadar air 0,01%, dan asam lemak bebas 0,15%.

Ekstraksi dengan bantuan gelombang ultrasonik dipengaruhi oleh waktu ekstraksi ultrasonik. Soo *et al.*, (2020) telah melakukan ekstraksi ultrasonik VCO pada frekuensi 40 kHz dan suhu 30 °C dengan variasi waktu ekstraksi 1 jam, 2 jam,

dan 3 jam. Hasil rendemen yang diperoleh dari ketiga variasi waktu tersebut berturut-turut adalah 12,7%, 24,1%, dan 15,6%. Pada penelitian Fatwatun *et al.*, (2013) menggunakan metode ultrasonik didapatkan hasil rendemen VCO sebesar 21,35% dengan waktu ekstraksi ultrasonik selama 60 menit. Hal ini menunjukkan bahwa waktu ekstraksi dalam metode ultrasonik berpengaruh pada proses ekstraksi VCO. Berdasarkan uraian diatas, maka pada penelitian ini ingin mengetahui kemampuan enzim bromelin dari batang buah nanas dan ultrasonikasi dalam pembuatan VCO. Variasi yang digunakan untuk memperoleh kondisi optimum dalam pembuatan VCO adalah konsentrasi enzim dan waktu ultrasonikasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh konsentrasi enzim bromelin dan lama ekstraksi menggunakan ultrasonik pada pembuatan VCO?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi enzim bromelin dan lama ekstraksi menggunakan ultrasonik pada pembuatan VCO.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah:

1. Pembuatan VCO dari krim santan buah Kelapa Merah di Pasar Landungsari.
2. Enzim bromelin diperoleh dari ekstrak kasar batang buah nanas madu yang sudah matang dari Pasar Landungsari.
3. Variasi konsentrasi enzim yang digunakan adalah 15%, 20%, dan 25%

4. Waktu ekstraksi yang digunakan dalam ultrasonikasi adalah 30, 60, dan 90 menit.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat mengenai pengaruh konsentrasi enzim bromelin ekstrak nanas dan lama ekstraksi menggunakan ultrasonik pada pembuatan VCO.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera*) adalah salah satu tanaman yang menghasilkan minyak yang tumbuh di daerah tropis. Kelapa termasuk dalam tumbuhan monokotil dan termasuk dalam keluarga *Areaceae* (sebelumnya, *Palmaceae*), subfamili dari *Cocoideae*. Subfamili *Cocoidee* mencakup 27 genera dan 600 spesies dan saat ini merupakan salah satu dari genus *Cocos* (Gupta, 2012). Buah kelapa terdiri atas sabut (*eksokarp dan mesokarp*) 35%, tempurung (*endokarp*) 12%, daging buah (*endosperm*) 28%, dan air buah 25% (Songkro *et al.*, 2010). Berikut komposisi kimia daging buah dapat dilihat pada Tabel 2.1 (Syah, 2005).

Tabel 2. 1 Komposisi kimia daging buah kelapa

Komposisi Kimia (dalam 100 g)	Satuan	Buah Muda	Buah Setengah Tua	Buah Tua
Kalori	kal	68,0	180,0	359,0
Protein	g	1,0	4,0	3,4
Lemak	g	0,9	13,0	34,7
Karbohidrat	g	14,0	10,0	14,0
Kalsium	mg	17,0	8,0	21,0
Fosfor	mg	30,0	35,0	21,0
Besi	mg	1,0	1,3	2,0
Aktivitas vitamin A	Lu	0,0	10,0	0,0
Thiamin	mg	0,0	0,5	0,1
Asam askorbat	mg	4,0	4,0	2,0
Air	g	83,3	70,0	46,9
Bagian dapat dimakan	g	53,3	53,0	53,0

Kelapa dalam merupakan golongan kelapa yang berbuah cukup tua, mulai dari 6-8 tahun. Tanaman kelapa yang termasuk golongan kelapa dalam (*tall coconut*) adalah kelapa hijau (*C. veridis*), kelapa merah (*C. rubesoens*), kelapa bali

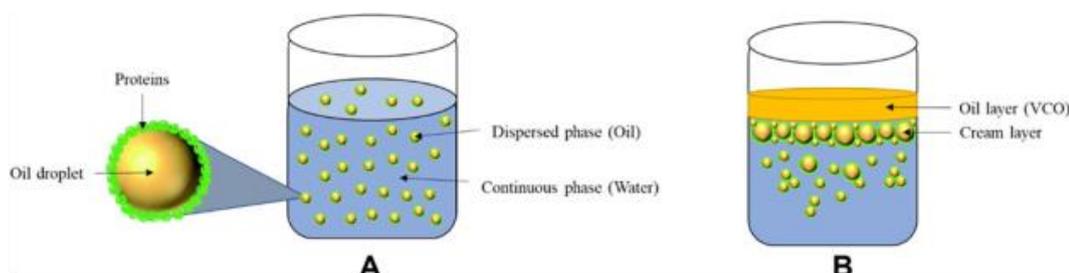
(*macrocaraya*), kelapa manis (*sakarina*) dan kelapa nias. Warna buah yang dihasilkan dari golongan kelapa dalam yaitu bewarna hijau, coklat dan merah. Berat kelapa 2-2,25 kg, daging buah 0,5 kg dan air 0,5 liter. Setiap butir buah kelapanya dapat menghasilkan kopra 200-300 g dan minyak sekitar 132 g (Ningrum, 2019).

2.2 Virgin Coconut Oil

VCO adalah minyak kelapa yang diperoleh dari buah kelapa segar diproses secara mekanik atau alamiah, tanpa pemanasan, dan tanpa melalui pemurnian atau penambahan bahan kimia. Secara kimia minyak terbentuk dari rantai karbon, hidrogen, dan oksigen serta mengandung gugus karboksilat yang disebut asam lemak, komponen asam lemak tersebut akan membentuk gliserida saat bergabung dengan gliserol (Muis, 2016). VCO dapat diekstraksi dari daging buah kelapa menggunakan dua proses yang berbeda, yaitu proses kering dan proses basah. Dalam proses basah, minyak diekstraksi dari daging kelapa segar di bawah suhu rendah menghasilkan produksi VCO yang mempertahankan komponen bioaktif (misalnya tokoferol dan polifenol) yang lebih aktif secara biologis (Songkro *et al.*, 2010).

Pada pembuatan VCO secara konvensional, yakni dengan cara fermentasi spontan dari santan atau krim kelapa, dimana pada pembuatan VCO membutuhkan waktu 12-36 jam (Sangi, 2011), sedangkan pembuatan minyak kelapa murni lainnya, dengan cara memancing minyak dalam santan dengan minyak kelapa murni yang sudah jadi. Teknologi ini memanfaatkan reaksi kimia sederhana, dimana santan adalah campuran air dan minyak yang disatukan oleh emulgator yaitu protein. Dengan teknik pancingan, molekul minyak dalam santan ditarik oleh

minyak VCO yang sudah jadi sebelumnya (Rindawati *et al.*, 2020). Berikut sistem emulsi dari krim santan buah kelapa yang ditunjukkan Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Model emulsi minyak dalam air pada krim santan (A) emulsi stabil (B) emulsi tidak stabil (Patil & Benjakul, 2018)

Pengolahan VCO diawali dengan pembuatan krim santan, krim santan merupakan suatu emulsi minyak dalam air yang distabilkan oleh protein (Rindawati *et al.*, 2020). Air sebagai pendispersi dan minyak sebagai fase terdispersi. Di dalam sistem emulsi minyak air, protein membungkus butir-butir minyak dengan suatu lapisan tipis sehingga butir-butir tersebut tidak dapat bergabung menjadi satu fase kontinyu. Butir-butir minyak dapat bergabung menjadi satu fase kontinyu jika sistem emulsi dipecah dengan merusak protein sebagai pembungkus butir-butir minyak. Protein (berupa lipoprotein) yang terdapat dalam krim santan merupakan agen pengemulsi karena memiliki gugus hidrofilik maupun hidrofobik (Raghavendra & Raghavarao, 2010). Dalam sistem emulsi tersebut, gugus hidroksil pada monogliserida atau digliserida dapat mengikat air melalui ikatan hidrogen yang bersifat hidrofilik, sedangkan gugus non-polar pada ujung metal dari residu asam lemak yang dapat mengikat lemak melalui interaksi hidrofobik (Mamuaja, 2017). Salah satu untuk merusak sistem emulsi dengan merusak stabilitas protein, dimana stabilitas protein dapat dirusak dengan menghidrolisis ikatan peptida dari suatu rantai polipeptida pada protein menjadi molekul yang lebih

sederhana menggunakan jenis enzim protease. Pemanasan terhadap krim santan juga dapat menyebabkan protein mengalami denaturasi sehingga merusak sistem emulsi. Ketika protein terdenaturasi, kelarutan protein menjadi berkurang karena lapisan protein bagian dalam bersifat hidrofobik terbalik keluar, sedangkan bagian hidrofilik yang berada di luar akan terlipat ke dalam, sehingga menyebabkan kurangnya kestabilan dalam sistem emulsi (Patil & Benjakul, 2018). Berikut komposisi asam lemak pada Tabel 2.2 VCO (SNI-01-2901, 2008).

Tabel 2. 2 Komposisi asam lemak VCO

Asam Lemak	Rumus Kimia	Jumlah (%)
Asam kaproat	$C_5H_{11}COOH$	ND – 0,7
Asam kaprilat	$C_7H_{17}COOH$	4,6 – 10,0
Asam kaprat	$C_9H_{19}COOH$	5,0 – 8,0
Asam Laurat	$C_{11}H_{23}COOH$	45,1 – 53,2
Asam miristat	$C_{13}H_{27}COOH$	16,8 – 21
Asam palmitat	$C_{15}H_{31}COOH$	7,5 – 10,2
Asam stearat	$C_{17}H_{35}COOH$	2,0 – 4,0
Asam oleat	$C_{17}H_{33}COOH$	5,0 – 10,0
Asam linoleat	$C_{17}H_{31}COOH$	1,0 – 2,5
Asam linolenat	$C_{17}H_{29}COOH$	ND – 0,2

VCO dikenal sebagai pangan fungsional yang memberikan manfaat kesehatan dan gizi. Kandungan VCO yang kaya akan asam lemak rantai menengah atau *medium chain saturated fatty acids* (MCFA) sebanyak 60-62 %. VCO menyehatkan apabila dikonsumsi. Asam lemak jenuh rantai menengah sangat mudah diabsorpsi oleh tubuh karena hanya membutuhkan sedikit energi dan enzim dapat melancarkan pencernaan (Hanafiah *et al.*, 2011). Beberapa studi ditemukan bahwa penerapan VCO di bidang kesehatan sangat dipengaruhi oleh kandungan asam laurat, miristat, palmitate, kaprat, stearat, oleat, dan asam linoleate yang mudah dicerna (Asiah *et al.*, 2018). Pada penelitian Naiola (2008) menyebutkan

bahwa VCO dapat berfungsi untuk mencegah beberapa penyakit, memperbaiki pencernaan, meningkatkan kekebalan tubuh dan mencegah infeksi. Dari penjelasan diatas menyebutkan bahwa VCO dari daging buah kelapa memiliki banyak manfaat.

2.3 Kualitas *Virgin Coconut Oil*

Minyak kelapa yang berkualitas adalah minyak kelapa yang tidak dihasilkan melalui proses *refining*, *deodorizing*, dan *bleaching* (RDB), yang artinya bahwa minyak ini diproses di pabrik dengan diberi bahan kimia untuk memurnikan (*Refined* = R), memutihkan (*Bleaching* = B) dan menghilangkan aroma yang kurang sedap (*Deodorizing* = D) (Rifa'atul, 2010). Minyak VCO mempunyai keunggulan yaitu kadar air dan asam lemak bebas rendah, tidak bewarna, beraroma harum, dan daya simpan lebih lama. Berdasarkan APCC (*Asia Pasific Coconut Community*) dan standar nasional Indonesia (SNI) 7381:2008 mengenai VCO. Kualitas minimum VCO dapat ditentukan berdasarkan berat jenis, kadar air, dan asam lemak bebas (Mulyadi *et al.*, 2015).

Kadar air merupakan faktor penting dalam menentukan daya simpan dari bahan makanan karena mempengaruhi sifat fisika, kimia, perubahan mikrobiologi, dan perubahan enzimatik. Kandungan air yang tinggi dalam minyak menyebabkan daya tahan minyak rendah. Selain itu, kandungan air dalam minyak juga dapat mengakibatkan reaksi hidrolisis yang akan menyebabkan minyak menjadi tengik (Rindawati *et al.*, 2020). Hal ini diperjelas oleh penelitian yang dilakukan Muis, (2016) bahwa dengan adanya kandungan air maka asam lemak dapat terhidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak bebas dan reaksi hidrolisis tersebut akan lebih mudah terjadi pada minyak dengan kadar air yang tinggi, sehingga semakin rendah kadar air maka kualitas VCO semakin baik.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi kualitas VCO adalah kandungan asam lemak bebas. Asam lemak bebas disebabkan oleh reaksi hidrolisis minyak dengan air, selain itu reaksi oksidasi juga dapat memicu kenaikan asam lemak bebas pada VCO (Mulyadi *et al.*, 2015). Asam lemak bebas dapat menyebabkan kerusakan dalam VCO. Diantaranya, timbulnya bau sabun yang tidak enak dalam minyak atau biasa disebut *soapy flavor*. Hal ini disebabkan oleh hasil reaksi antara asam lemak bebas dengan amonia yang dihasilkan dari degradasi protein. Kandungan asam lemak bebas juga dapat mengakibatkan rasa tidak enak dan bau tengik (Ketaren, 1986). Kualitas minyak kelapa disajikan pada Tabel 2.3 (Edahwati, 2011).

Tabel 2. 3 Kualitas VCO berdasarkan SNI 01-2901-2008

Kualitas Minyak	SNI 01-2901-2008
Densitas	0,915 – 0,920
Indeks refraktif	1,4480 – 1,4492
Kadar air	0,1 – 0,5
Bilangan Penyabunan	4,1 – 11
Bilangan Iod	0,2 – 0,5
Bilangan asam	13
Bilangan polsenske	13 – 18
Warna	Jernih atau bening
Asam lemak bebas (FFA)	Maksimal 0,5 %
Bilangan <i>peroksida</i>	Maksimal 5,0
Total Plate Count	≤ 10 cfu

2.4 Enzim Bromelin

Bromelin (EC 3.4.22.32) merupakan enzim protease yang mengkatalisasi penguraian protein menjadi asam amino dengan melalui reaksi hidrolisis (Maryam, 2009). Bromelin diperoleh dari jaringan-jaringan tanaman nanas (*Ananas sativus*) baik dari tangkai, kulit, daun, buah, maupun batangnya. Pada proses pembuatan VCO secara enzimatis, bromelin dapat menghidrolisis protein dalam krim santan

kelapa untuk memisahkan minyak dengan air pada emulsi krim santan (Palilingan & Pungus, 2018). Residu asam amino yang terlibat dalam reaksi pemutusan ikatan peptida pada protein krim santan adalah sistein yang terjadi pada lokasi aktifnya yaitu gugus sulfhidril yang dimiliki oleh enzim bromelin. (Maryam, 2009).

Kandungan enzim bromelin pada batang nanas tergantung pada umur nanas. Azhar & Ariyanto, (2009) menyebutkan bahwa enzim bromelin pada buah nanas muda sangat sedikit, sedangkan bagian tengah batang nanas mengandung bromelin lebih banyak dibandingkan dengan bagian tepinya. Aktivitas bromelin buah nanas muda lebih tinggi daripada buah yang tua (Silaban & Rahmanisa, 2016). Semakin matang buah nanas maka kandungan enzim bromelinnya akan semakin banyak. Tetapi sebaliknya, aktivitasnya semakin berkurang pada tingkat kematangan tertentu (Poba *et al.*, 2019). Enzim bromelin memiliki kisaran pH 3,0-8,0 (Barlina & Daniel, 2010). Penelitian yang dilakukan oleh Nurhidayah *et al.*, (2013) menemukan kondisi optimum enzim bromelin dari ekstrak kasar batang buah nanas pada pH 6,0 dengan aktivitas 1,021 U/gr. Hal ini juga didukung oleh Kumaunang, (2011) mendapatkan pH optimum enzim bromelin sebesar 6,5 dengan nilai aktivitas 2,758 unit/menit.

Kerja enzim dipengaruhi oleh konsentrasi enzim yang digunakan, karena menentukan banyaknya substrat yang dapat ditransformasi menjadi produk dan dapat menyebabkan proses tidak efisien jika tidak sebanding dengan banyaknya substrat (Perdani *et al.*, 2019). Pada penelitian Harimurti *et al.*, (2020) mendapatkan hasil VCO 17,03 mL tanpa penambahan sari buah nanas. Dengan bertambahnya sari nanas mentah maka VCO yang dihasilkan semakin meningkat pada kadar tertentu. Sehingga, hasil optimum VCO yang di peroleh sebesar 24 mL pada

penambahan 20 mL sari buah nanas mentah. Tetapi semakin tinggi konsentrasi jus nanas yang ditambahkan tidak meningkatkan VCO, dikarenakan semua substrat (krim santan) telah bereaksi dengan enzim.

2.5 Ekstraksi Ultrasonikasi

Ultrasonikasi merupakan metode pemecahan partikel bahan menjadi berukuran nano dengan menggunakan gelombang ultrasonik. Ultrasonikasi dapat digunakan untuk mempercepat pelarutan suatu materi dengan memecah reaksi intermolekuler sehingga terbentuk partikel berukuran nano (Pratiwi *et al.*, 2018). Pada sampel emulsi ultrasonik akan merusak sistem emulsi dengan menyerap gelombang ultrasonik yang akan mengalami peningkatan suhu dan tekanan, sehingga suhu mengurangi viskositas minyak dan tekanan gelombang mendorong air untuk berpisah dengan minyak (Mulyadi *et al.*, 2015). Ultrasonikasi terdapat efek kavitasi yang memecah ikatan lipoprotein. Adanya efek kavitasi ditandai dengan pecahnya gelombang mikro dalam media cairan, pecahnya gelembung mikro secara tiba-tiba menyebabkan terbentuknya gelombang kejut sehingga protein akan terurai. Jika ikatan lipoprotein tersebut terurai, maka minyak dapat keluar dari sistem emulsi (Mustafa *et al.*, 2019).

Berdasarkan penelitian Gusniah *et al.*, (2019) tentang transesterifikasi enzimatis dengan bantuan ultrasonik untuk produksi biodiesel menyebutkan bahwa masalah yang paling sering terjadi pada reaksi transesterifikasi enzimatis adalah laju produksi biodiesel yang paling lambat dimana sangat tergantung pada hasil biodiesel terhadap waktu. Mekanisme yang terlibat dalam peningkatan transesterifikasi dengan ultrasonik adalah terjadinya kavitasi. Kavitasi memberikan energi aktivasi yang cukup untuk reaksi yang akan meningkatkan laju reaksi. Selain

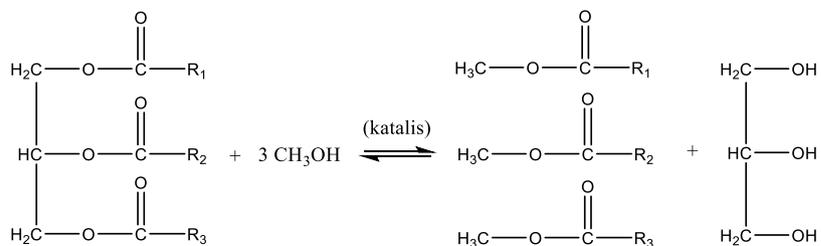
itu, gelombang kejut ringan dari gelembung kavitasi membantu propagasi enzim menuju substrat menjadi lebih cepat dan membantu dalam menghilangkan hambatan perpindahan massa yang umumnya menghambat kemajuan reaksi enzimatik.

Pembuatan VCO menggunakan enzim buah sirsak dengan bantuan ultrasonikasi pernah dilakukan oleh Mustafa *et al.*, (2019) mendapatkan hasil rendemen VCO sebesar 64,5% dengan frekuensi ultrasonik 42 kHz dan suhu 30°C. Waktu optimum ultrasonik yang diperlukan adalah 60 menit dan waktu ultrasonikasi di atas 60 menit, VCO yang dihasilkan mengalami penurunan yakni 60,5%. Hal ini juga dijelaskan pada pembuatan VCO dengan bantuan ultrasonikasi oleh Soo *et al.*, (2020) mendapatkan hasil 12,7%, 24%, dan 15,6% pada masing-masing waktu ultrasonik 1, 2, dan 3 jam. VCO yang didapat mengalami penurunan pada waktu ultrasonikasi 3 jam. Hal ini dikarenakan sistem emulsi yang terlalu lama terkena gelombang ultrasonik dapat menstabilkan minyak kelapa dalam sistem emulsi dan membuat pemisahan fase berikutnya menjadi sulit.

2.6 Gas Chromatography (GC)

Asam lemak yang terkandung dalam VCO dapat ditentukan melalui proses esterifikasi dan fraksinasi yang dilakukan dengan kromatografi gas (Pontoh & Buyung, 2011b). Gas chromatography merupakan metode pemisahan suatu campuran menjadi komponen-komponen berdasarkan interaksi fase gerak dan fase diam. Prinsip kerja dari gas chromatography yaitu bergantung pada titik didih senyawa yang dianalisis serta perbedaan interaksi analit dengan fase diam dan fase gerak. Senyawa dengan titik didih yang tinggi memiliki waktu retensi yang lama (Fessenden, 1982). Proses esterifikasi minyak merupakan reaksi antara trigleserida

dan alkohol menggunakan katalis untuk mempercepat reaksi menjadi metil atau ester. Reaksi tersebut juga menghasilkan gliserol sebagai produk samping (Mandei *et al.*, 2020). Berikut reaksi esterifikasi pada minyak ditunjukkan Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Reaksi esterifikasi pada minyak (Haryanto *et al.*, 2015)

Waktu retensi merupakan waktu yang dibutuhkan oleh asam lemak untuk memunculkan hasil didetektor dari waktu injeksi. Waktu retensi diperoleh dari titik injeksi sampel sampai puncak asam lemak terelusi. Pontoh & Buyung, (2011) menunjukkan hasil waktu retensi asam lemak kaprilat pada 3,17 menit, kaprat pada 4,34 menit, laurat pada 7,34 menit, miristat pada 11,87 menit, palmitat pada 17,32 menit, stearat pada 22,67 menit, oleat pada 23,25 menit, dan linoleat pada 24,25 menit. Instrumen GC-MS bertujuan untuk mengetahui senyawa produk hasil transesterifikasi berdasarkan fragmen-fragmen senyawa yang terdapat pada spektrum MS. Analisis VCO dengan GC-MS pernah dilakukan oleh Suirta & Astitiasih, (2020) mendapatkan hasil kandungan asam lemak rantai menengah yaitu asam kaproat (C6), asam kaprilat (C8), asam kaprat (C10), dan asam laurat (C12). Kandungan asam lemak rantai panjang (LCFA) juga didapatkan yaitu asam miristat (C14), asam palmitat (C16), asam stearat (C18), asam oleat (C18:1), asam linoleat (C18:2) dan asam linolenat (C18:3).

2.7 Integrasi Al-Quran

Allah SWT menciptakan semua alam semesta beserta seisinya sesuai manfaatnya masing-masing. Kekuasaan Allah SWT yang begitu besar bagi makhluk hidup yang ada di bumi merupakan suatu tanda bagi mereka tentang adanya sang maha pencipta. Allah SWT memberikan hikmah dengan mengingatkan-Nya, memikirkan tentang penciptaNya serta beryukur kepadaNya. Sebagaimana yang sudah dijelaskan dalam Al-Qur'an bahwa segala sesuatu yang tercipta memiliki manfaat tersendiri dan itu merupakan tanda-tanda kekuasaan Allah SWT Sebagaimana dalam firman Allah SWT dalam surat Asy-Syu'ara' Ayat 7:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَيْفَ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ (٧)

“Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai pasangan (tumbuh-tumbuhan) yang baik? (QS. Asy-Syu'ara'/26:7)”

Menurut Tafsir Al-Qurthubi, “*Kami tumbuhkan di bumi berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik*”, Allah SWT memperingatkan akan keagungan dan kekuasaan-Nya, bahwa jika mereka melihat dengan hati dan mata niscaya mereka mengetahui bahwa Allah SWT adalah berhak untuk disembah, karena Maha Kuasa atas segala sesuatu. Di sis lain,” *tumbuh-tumbuhan yang baik*”, bahwa tumbuhan yang baik adalah memilki warna dan bentuk (Qurthubi, 2007). Salah satu tumbuhan yang baik adalah kelapa, dimana terdapat buah kelapa yang memilki berbagai manfaat dibidang kesehatan, kosmetik dan pangan. Hal ini merupakan bukti bagi umat manusia agar berfikir, mempelajari dan memperhatikanya. Sungguh dari semua ciptaan-Nya terdapat bukti dari kekuasaan Allah SWT.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni sampai Agustus 2021 di Laboratorium Riset Biokimia dan Bioteknologi Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam preparasi adalah pisau, neraca analitik, saringan, baskom, *blender*, *hot plate*, corong *buchner*, Erlenmeyer vakum dan pH meter. Peralatan yang dibutuhkan pada tahap pembuatan VCO adalah gelas ukur 100 mL, *beaker glass* 500 mL, labu ukur 250 mL, Erlenmeyer 250 mL, pipet ukur 10 mL, oven, seperangkat alat sonikasi (*water bath*), *centrifuge tube*, *sentrifuge*, corong dan pipet tetes. Peralatan yang digunakan pada analisis kualitas VCO adalah botol sampel, botol vial 20 mL, pipet ukur 1 mL, pipet volume 2 mL, bola hisap, spatula, buret, statif dan klem, batang pengaduk, loyang, cawan porselen, termometer, desikator, tabung reaksi, rak tabung reaksi, dan corong pisah.

3.2.2 Bahan

Bahan yang dibutuhkan untuk preparasi sampel adalah buah kelapa tua jenis kelapa Merah yang diperoleh dari pasar landungsari. Proses ekstraksi enzim membutuhkan batang buah nanas matang yang diperoleh dari Pasar Landungsari. Pada ekstraksi enzim dibutuhkan Na_2HPO_4 dan NaH_2PO_4 . Uji kualitas VCO

dibutuhkan larutan alkohol 96%, NaOH, indikator phenolphthalein 1 %, H₂SO₄, n-heksana, metanol 96%, Na₂SO₄ anhidrat, aluminium foil, indikator pH *universal*, akuades, tisu, *plastic wrap*, dan kertas saring.

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian pada pembuatan VCO menggunakan enzim bromelin dengan *treatment* ultrasonik yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari dua perlakuan. Metode penelitian ini terdiri dari dua faktor yaitu variasi konsentrasi dan waktu ultrasonikasi dengan tiga ulangan melalui penetapan jumlah ulangan. Berikut Tabel 3.1 perlakuan pengaruh konsentrasi enzim dan waktu ultrasonikasi.

Tabel 3. 1 Data perlakuan pengaruh konsentrasi enzim dan lama ultrasonikasi

Faktor A (i)	Faktor B (j)	Ulangan (k)			Total (yij.)
		1	2	3	
1	1	y111	y112	y113	y11.
	2	y121	y122	y123	y12.
	3	y131	y132	y133	y13.
2	1	y211	y212	y213	y21.
	2	y221	y222	y223	y22.
	3	y231	y232	y233	y23.
3	1	y311	y312	y313	y31.
	2	y321	y322	y323	y32.
	3	y331	y332	y333	y33.

Keterangan variasi sebagai berikut:

Konsentrasi Enzim (Faktor A)

A1 = Konsentrasi enzim 15%

A2 = Konsentrasi enzim 20%

A3 = Konsentrasi enzim 25%

Waktu Ultrasonik (Faktor B)

B1 = Waktu ultrasonikasi 30 menit

B2 = Waktu ultrasonikasi 60 menit

B3 = Waktu ultrasonikasi 90 menit

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Pembuatan ekstrak kasar enzim bromelin dari batang buah nanas
2. Pembuatan krim santan
3. Pembuatan VCO
4. Analisis uji kualitas minyak
5. Analisis data

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Pembuatan Enzim Bromelin Ekstrak Kasar Batang Buah Nanas

Bagian batang buah nanas dicuci dengan akuades dan kemudian dipotong kecil-kecil. Ditimbang 400 gram batang buah nanas. Selanjutnya batang buah nanas dihaluskan dengan *blender* dan ditambahkan sedikit demi sedikit 50 mL 0,1 M buffer fosfat pH 6,0 (perbandingan 8:1). Kemudian larutan disaring dan diambil filtratnya. Filtrat yang sudah diambil didiamkan selama 24 jam. Setelah itu, dilakukan sentrifuse untuk memisahkan bagian-bagian yang tidak terlarut pada 3500 rpm selama 15 menit pada suhu 4°C. Selanjutnya didekantasi untuk memperoleh supernatan. Supernatan yang diambil merupakan ekstrak kasar atau *crude* enzim bromelin dari batang buah nanas (Rachmania *et al.*, 2017).

3.5.2 Pembuatan Krim Santan

Daging buah kelapa dicuci sampai bersih. Dihaluskan daging buah kelapa menggunakan mesin pamarut. Ditimbang 500 gram daging buah kelapa. Kemudian dicampurkan hasil parutan dengan 100 air. Dipisahkan residu dengan filtratnya dengan saringan. Setelah itu, filtrat yang diperoleh (santan) dimasukkan dalam

beaker glass 500 mL dan didiamkan selama ± 1 jam hingga terpisah menjadi tiga lapisan yaitu lapisan atas berupa krim, lapisan tengah berupa skim dan lapisan bawah berupa endapan. Selanjutnya diambil bagian krim dan dimasukkan ke dalam *beaker glass* untuk dilanjutkan proses selanjutnya (Perdani *et al.*, 2019).

3.5.3 Pembuatan Virgin Coconut Oil

Dibuat 100 mL larutan krim santan dengan konsentrasi enzim bromelin 15%, 20%, dan 25%. Diaduk larutan hingga merata. Selanjutnya Erlenmeyer ditutup dengan aluminium foil. Lalu dimasukkan ke inkubator selama 2 jam pada suhu 40°C. Setelah itu, diberikan perlakuan ultrasonik (*sonikasi water bath*) dengan frekuensi 42 kHz dengan waktu ultrasonikasi 30, 60, dan 90 menit. Kemudian, disentrifuse pada 4000 rpm selama 15 menit sehingga akan terbentuk 3 lapisan yaitu, minyak pada lapisan paling atas, blondo protein pada lapisan tengah, dan air pada lapisan bawah. Minyak yang berada di lapisan atas diambil dengan menggunakan pipet (Rindawati *et al.*, 2020).

3.5.4 Analisis Uji Kualitas Minyak

3.5.4.1 Pengukuran Rendemen

Rendemen minyak diperoleh dari perbandingan antara berat minyak yang dihasilkan dengan berat awal bahan baku diperlihatkan pada persamaan 2.1 (Rindawati *et al.*, 2020).

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{berat minyak yang dihasilkan}}{\text{berat bahan}} \times 100\% \dots\dots\dots 2.1$$

3.5.4.2 Analisis Kadar Air

Cawan kosong dikeringkan dalam oven selama 1 jam, kemudian didinginkan dalam desikator. Selanjutnya ditimbang sampel VCO dalam cawan porselin sebanyak 5 g lalu di oven selama 1 jam dengan suhu 105°C. Cawan dan isinya lalu dipindahkan kedalam desikator sampai diperoleh bobot tetap (SNI No. 738: 2008) (Rindawati *et al.*, 2020). Pengukuran kadar air dilakukan sesuai prosedur BSN (2008) tentang standar mutu minyak SNI No. 7381: 2008 dengan menggunakan metode oven pada suhu 105°C selama 6 jam diperlihatkan pada persamaan 2.2 (Rindawati *et al.*, 2020).

$$\% \text{ Kadar air} = \frac{a-b}{c} \times 100\% \dots\dots\dots 2.2$$

Dengan a sebagai berat cawan dan sampel awal (g), b sebagai berat cawan dan sampel setelah dikeringkan (g), dan c sebagai berat contoh awal (g/sampel).

3.5.4.3 Analisis Asam Lemak Bebas

Ditimbang hasil minyak yang diperoleh sebanyak 5 g lalu dimasukan kedalam Erlenmeyer ukuran 250 mL. Ditambahkan 50 mL alkohol netral (95%) kemudian dipanaskan dengan menambahkan 3-5 tetes indikator fenolftalein 1% dan dihomogenkan. Kemudian campuran dititrasi dengan larutan NaOH (0,1 N) sampai terbentuk warna merah muda konstan (selama 15 detik tidak berubah). Dicatat volume NaOH yang digunakan (SNI No. 738: 2008) (Rindawati *et al.*, 2020). Penentuan kadar asam lemak bebas pada minyak VCO dilakukan sesuai ketentuan BSN (2008) tentang standar mutu minyak SNI No. 7381: 2008 dengan menghitung kadar ALB diperlihatkan pada persamaan 2.3 (Rindawati *et al.*, 2020).

$$\% \text{ FFA} = \frac{V_{\text{NaOH}} \times N \times \text{BM}}{1000 \times \text{berat sampel}} \times 100\% \dots\dots\dots 2.3$$

Dengan N sebagai normalitas NaOH dan BM sebagai berat molekul VCO yaitu dengan nilai 200.

3.5.4.4 Identifikasi Asam Lemak dengan GCMS

a. Transesterifikasi Asam Lemak

Sebanyak 10 mL n-heksana ditambahkan dalam 0,5 g VCO kocok hingga bercampur. Ditambahkan metanolik NaOH 2 N sebanyak 2 mL ke dalam VCO kemudian dikocok selama 10 detik. Kemudian campuran larutan ditempatkan dalam *water bath* yang telah diukur suhunya yaitu 50°C selama 1 menit dan dikocok selama 10 detik. Selanjutnya ditambahkan metanolik H₂SO₄ 2 N sebanyak 2 mL dan dikocok beberapa detik hingga bercampur. Campuran larutan akan terbentuk dua lapisan, lapisan metil ester asam lemak dipisahkan. Kemudian dianalisis dengan menggunakan GC-MS (Pontoh & Makasoe, 2011).

b. Karakterisasi Hasil transesterifikasi dengan GC-MS

Asam lemak yang telah diesterifikasi diambil sebanyak 1 µL kemudian diinjeksikan dalam GC-MS merk varian, tipe GC: CP 3800 dan MS: Saturn 2000. Temperatur injektor yang digunakan adalah 250°C. Gas pembawa yang digunakan yaitu Helium, serta menggunakan kolom varian VF-5 MS (panjang 30 m, diameter 0,25 mm). Kemudian temperatur kolom pada 70-100°C *rate* 10°C/menit, 100-150°C *rate* 10°C/menit, dan 150-250°C *rate* 10°C/menit dengan total waktu 59 menit, *delay* 2,5 menit. Untuk menghitung kadar didasarkan pada luas puncak kromatogram. Rumus perhitungan kadar ditunjukkan pada persamaan 2.4.

$$\text{Persen (\%)} \text{ komponen} = \frac{\text{luas area senyawa}}{\text{luas area total}} \times 100\% \dots\dots\dots 2.4$$

3.6 Analisis Data

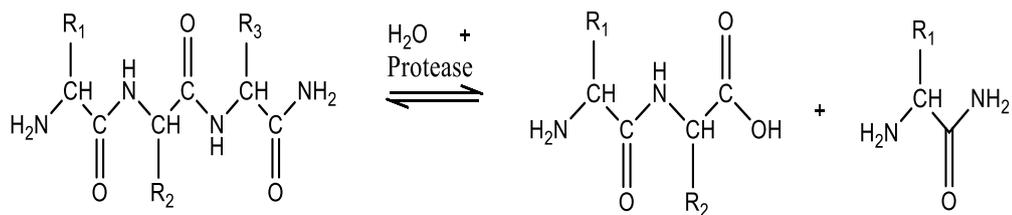
Analisis data menggunakan ANOVA, untuk mengetahui pengaruh konsentrasi enzim dan lama waktu ultrasonikasi. Jika hasilnya menunjukkan perbedaan yang nyata, dilakukan uji lanjut. Hasil yang berbeda nyata dilakukan uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) dengan taraf 5%. Parameter yang akan digunakan dalam uji adalah hasil rendemen, kadar air, kandungan asam lemak bebas dan komposisi asam lemak VCO.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Ekstrak Kasar Enzim Bromelin dari Batang Buah Nanas

Pembuatan ekstrak kasar enzim bromelin diperoleh dari batang buah nanas matang, dimana Silaban & Rahmanisa, (2016) melaporkan bahwa aktivitas bromelin buah nanas muda lebih tinggi daripada buah yang tua. Enzim bromelin tergolong dalam kelompok *sulfhidril* yang dapat menghidrolisis protein menjadi asam amino sederhana yang larut dalam air, dimana enzim bromelin bersifat hidrolase, yaitu enzim yang bekerja dengan adanya air. Enzim bromelin memiliki sisi aktif yang mengandung gugus sistein dan histidina yang penting untuk aktivitas enzim, sehingga enzim bromelin secara khusus memotong ikatan peptida pada gugus karbonil (Gautam *et al.*, 2010). Berikut reaksi pemecahan peptida oleh enzim bromelin ditunjukkan pada Gambar 4.1.



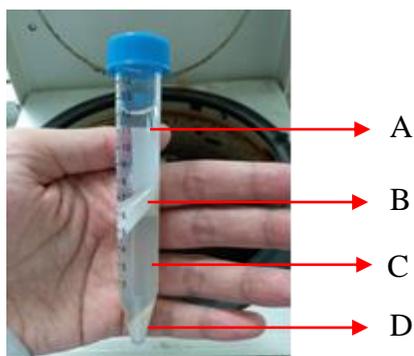
Gambar 4. 1 Mekanisme reaksi hidrolisis protein oleh enzim bromelain (Ketaren, 1986)

Enzim bromelin merupakan kelompok enzim protease sulfhidril, sehingga enzim bromelin dapat memecah protein melalui reaksi hidrolisis pada sistem emulsi krim santan. Krim santan yang merupakan suatu emulsi minyak dalam air yang distabilkan oleh protein. Protein yang terdapat dalam krim santan merupakan agen

pengemulsi karena memiliki gugus hidrofilik maupun hidrofobik. Enzim bromelin menghidrolisis ikatan peptida dari suatu rantai polipeptida pada protein, sehingga ikatan antara CO dan NH putus yang akan menyebabkan protein pecah menjadi molekul yang lebih sederhana yaitu asam amino yang larut dalam. Kemudian, minyak yang teremulsi dalam air dapat keluar (Raghavendra & Raghavarao, 2010).

4.2 Pembuatan VCO

Pembuatan VCO diawali dengan pembuatan krim santan dari daging buah kelapa. Santan yang diperoleh didiamkan selama 1 jam untuk memisahkan skim dan krim santan. Krim santan yang berwarna putih susu terdapat pada bagian atas yang mana memiliki banyak kandungan minyak serta sedikit endapan, sedangkan skim santan yang tampak terlihat jernih terdapat pada bagian bawah yang memiliki kandungan air paling banyak. Berikut hasil VCO setelah pemisahan ditunjukkan pada Gambar 4.2.



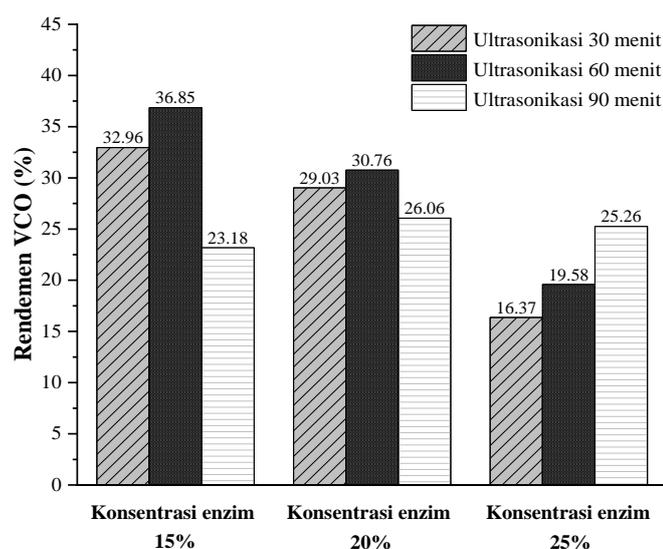
Gambar 4. 2 Hasil VCO setelah pemisahan dimana A (VCO), B (Protein), C (Air) dan D (Padatan)

Pemisahan minyak dari sistem emulsi krim santan dilakukan dengan mendegradasi protein melalui reaksi hidrolisis oleh enzim. Krim santan sendiri merupakan koloid yang terdiri dari minyak, air, dan protein. Protein sebagai

emulgator yang memiliki hidrofobik dan hidrofilik. Dengan adanya penambahan enzim bromelin, protein yang berfungsi sebagai emulgator akan terdegradasi, sehingga fase air dan minyak akan terpisah. Ultrasonikasi dalam penelitian dilakukan untuk mengoptimasi proses pembuatan VCO secara enzimatik, sehingga terjadi peningkatan laju reaksi enzim dan didapatkan hasil yang lebih baik. Selanjutnya, disentrifugasi untuk memisahkan lapisan minyak, protein, dan air. Hasil minyak yang diperoleh tidak berwarna atau jernih, sehingga hasil ini memenuhi ketentuan SNI 7381:2008, dimana warna VCO yaitu jernih.

4.3 Pengaruh Konsentrasi Enzim dan Waktu Ultrasonikasi Pada Rendemen

Rendemen VCO merupakan perbandingan jumlah minyak yang dihasilkan dari bahan krim santan yang digunakan, dimana rendemen ditentukan dengan menghitung banyaknya VCO yang diperoleh lalu dibandingkan dengan volume krim santan yang digunakan. Berikut hasil rendemen VCO dari perlakuan konsentrasi enzim bromelin dan waktu ultrasonikasi ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Hasil nilai rendemen VCO dari pengaruh perlakuan konsentrasi enzim dan waktu ultrasonikasi

Hasil rata-rata nilai rendemen VCO dengan pengaruh perlakuan konsentrasi enzim bromelin yaitu konsentrasi enzim 15% sebesar 30,99%, konsentrasi enzim 20% sebesar 28,62% dan konsentrasi 25% sebesar 20,40%. Diketahui bahwa konsentrasi enzim bromelin 15% merupakan konsentrasi optimum untuk memperoleh hasil rendemen terbaik. Penurunan hasil rendemen pada penambahan konsentrasi enzim diduga terjadi karena kejenuhan antara enzim dan substrat. Perdani *et al.*,(2019) melaporkan bahwa konsentrasi enzim bromelin mempengaruhi aktivitas enzim, sehingga berpengaruh terhadap jumlah krim santan sebagai substrat dimana penambahan jumlah enzim harus sebanding dengan penambahan jumlah substrat, jika enzim yang ditambahkan lebih banyak dibandingkan dengan jumlah substrat maka enzim tersebut tidak dapat bereaksi menghasilkan produk, sehingga proses menjadi tidak efisien.

Hasil rata-rata nilai rendemen VCO dari pengaruh waktu ultrasonikasi yaitu pada ultrasonikasi 30 menit sebesar 26,12%, waktu ultrasonikasi 60 menit sebesar 29,06% dan waktu ultrasonikasi 90 menit sebesar 24,84%. Diketahui waktu ultrasonikasi 60 menit merupakan waktu optimum ultrasonikasi untuk pembuatan VCO secara enzimatis, sedangkan pada waktu ultrasonikasi 90 menit memperoleh rata-rata nilai rendemen VCO terendah. Hal ini dikarenakan terjadi kestabilan minyak dalam sistem emulsi yang disebabkan oleh waktu ultrasonikasi terlalu lama, sehingga rendemen yang dihasilkan menurun pada waktu 90 menit. Soo *et al.*, (2020) melaporkan bahwa pembuatan VCO dengan bantuan ultrasonikasi mendapatkan hasil 12,7%, 24%, dan 15,6% pada waktu ultrasonik 1, 2, dan 3 jam. VCO yang didapat mengalami penurunan pada waktu ultrasonikasi 3 jam. Hal ini dikarenakan sistem emulsi yang teralalu lama terkena gelombang ultrasonik dapat

menstabilkan minyak kelapa. Uji lanjut BNT pada rendemen VCO ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil uji lanjut BNT pada rendemen VCO

Perlakuan	Rendemen (%)
A1B1	32.96 ^f
A1B2	36.85 ^g
A1B3	23.18 ^c
A2B1	29.03 ^e
A2B2	30.76 ^e
A2B3	26.06 ^d
A3B1	16.37 ^a
A3B2	19.58 ^b
A3B3	25.26 ^d

Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata

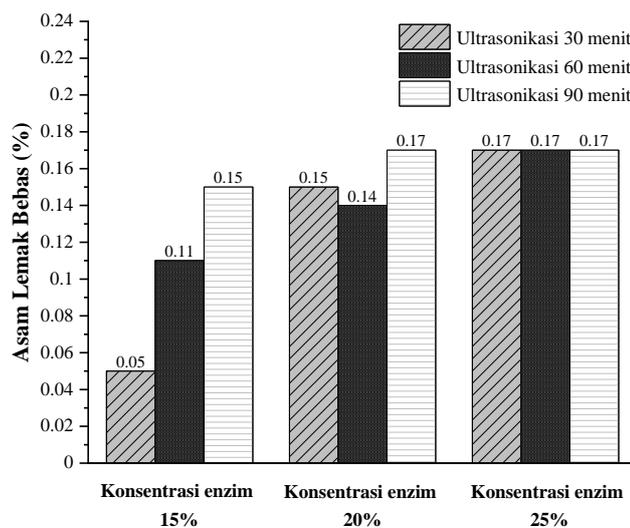
Hasil uji ANOVA menghasilkan berbeda signifikan ($P\text{-Value} < 0,05$), sehingga perbedaan perlakuan konsentrasi enzim bromelin dan waktu ultrasonikasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil rendemen VCO. Pada uji lanjut BNT, diperoleh hasil yang menunjukkan perbedaan yang cukup nyata pada pengaruh perlakuan konsentrasi enzim bromelin dan waktu ultrasonikasi, namun terdapat beberapa perlakuan yang tidak berbeda yaitu A2B1 dengan A2B2 dan A2B3 dengan A3B3, dikarenakan perlakuan yang didapat memiliki selisih hasil yang tidak terlalu jauh. Hasil BNT yang diperoleh juga menunjukkan bahwa rendemen VCO tertinggi pada perlakuan A1B2, sedangkan hasil rendemen VCO terendah pada perlakuan A3B1.

Berdasarkan hasil rendemen yang diperoleh didapat rendemen VCO terbesar pada perlakuan konsentrasi enzim bromelin 15% dan waktu ultrasonikasi 60 menit yaitu 36,85%, sedangkan rendemen terkecil diperoleh pada perlakuan konsentrasi enzim bromelin 25% dan waktu ultrasonikasi 30 menit yaitu 16,37%,

sehingga didapat bahwa pengaruh perlakuan konsentrasi enzim bromelin 15% bekerja secara maksimal pada waktu ultrasonikasi 60 menit untuk memperoleh rendemen yang terbaik. Pada hasil rendemen penelitian ini didapat rendemen yang lebih tinggi dari penelitian sebelumnya Harimurti *et al.*, (2020) yang mendapatkan rendemen VCO sebesar 24,26% dari metode enzimatik dengan enzim bromelin. Hasil rendemen tidak jauh berbeda dengan penelitian Palilingan & Pungus, (2018) mendapatkan rendemen VCO terbesar yaitu 35,90% pada penambahan enzim bromelin 20% dan waktu inkubasi 10 jam. Akan tetapi, pada penelitian ini menunjukkan perbedaan waktu inkubasi yang digunakan yaitu 2 jam. Hal ini menunjukkan bahwa ultrasonikasi berpengaruh pada waktu pembuatan VCO dalam mempercepat laju reaksi enzim bromelin terhadap krim santan.

4.4 Pengaruh Konsentrasi Enzim dan Waktu Ultraonikasi Pada Asam Lemak Bebas

Asam lemak bebas merupakan salah satu parameter kualitas VCO yang sangat penting, karena jumlah asam lemak bebas dalam VCO erat kaitannya dengan tingkat kerusakan VCO baik selama pembuatan, penyimpanan, dan distribusinya. Penyebab utama kerusakan VCO terjadi karena proses hidrolisis dan oksidasi. Salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya proses oksidasi yaitu oleh udara dan suhu tinggi, sedangkan hidrolisis bisa disebabkan oleh kadar air. Kandungan asam lemak bebas juga dapat bersifat berbahaya, khususnya bagi tubuh apabila bahan pangan tersebut terlalu sering untuk dikonsumsi. Asam lemak bebas adalah suatu asam yang dibebaskan pada proses hidrolisis lemak. Berikut hasil kandungan asam lemak bebas VCO dari pengaruh perlakuan konsentrasi enzim bromelin dan waktu ultrasonikasi ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil kandungan asam lemak bebas VCO dari pengaruh perlakuan konsentrasi enzim bromelin dan waktu ultrasonikasi

Hasil rata-rata nilai kandungan asam lemak bebas dari pengaruh perlakuan konsentrasi enzim bromelin yaitu konsentrasi enzim 15% sebesar 0,10%, konsentrasi enzim 20% sebesar 0,15%, dan konsentrasi enzim 25% sebesar 0,17%. Penambahan konsentrasi enzim bromelin pada krim santan yang semakin tinggi menyebabkan kandungan asam lemak bebas VCO semakin meningkat. Hal ini bisa disebabkan oleh reaksi hidrolisis minyak karena kandungan air dalam ekstrak kasar enzim bromelin, sehingga reaksi hidrolisis minyak yang terjadi pada saat proses pembuatan VCO mengakibatkan kandungan asam lemak bebas meningkat. Rukmini & Raharjo, (2010) menjelaskan bahwa asam lemak bebas disebabkan oleh hidrolisis dan oksidasi dan dikatalisis dengan adanya faktor panas, air, asam, basa, dan enzim lipase. Tingginya kadar air dalam tahap pembuatan dapat mempercepat proses hidrolisis minyak dan meningkatkan jumlah asam lemak bebas yang terbentuk, sehingga semakin banyak air yang terkandung dalam krim santan maka semakin tinggi pula jumlah minyak dihidrolisis menjadi asam lemak bebas.

Hasil rata-rata nilai kandungan asam lemak bebas dari pengaruh lama waktu ultrasonikasi yaitu waktu ultrasonikasi 30 menit sebesar 0,12%, waktu ultrasonikasi 60 menit sebesar 0,14% dan waktu ultrasonikasi 90 menit sebesar 0,16%. Data yang diperoleh, menunjukkan bahwa semakin lama waktu ultrasonikasi yang diberikan pada sampel, menyebabkan semakin meningkatnya kandungan asam lemak bebas pada VCO. Gusniah *et al.*, (2019) melaporkan bahwa penerapan ultrasonik yang terlalu lama akan mengakibatkan kenaikan suhu reaksi. Sehingga pada saat proses ultrasonikasi mengakibatkan teroksidasinya minyak dan mempercepat reaksi hidrolisis minyak dengan air. Hasil uji lanjut BNT pada asam lemak bebas VCO ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil uji lanjut BNT pada asam lemak bebas

Perlakuan	Asam Lemak Bebas VCO (%)
A1B1	0.05 ^a
A1B2	0.11 ^b
A1B3	0.15 ^{cd}
A2B1	0.15 ^{cd}
A2B2	0.14 ^c
A2B3	0.17 ^{cd}
A3B1	0.17 ^d
A3B2	0.17 ^d
A3B3	0.17 ^d

Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata

Hasil uji ANOVA menghasilkan berbeda signifikan ($P\text{-Value} < 0,05$), sehingga perbedaan perlakuan konsentrasi enzim bromelin dan waktu ultrasonikasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil kandungan asam lemak bebas pada VCO. Pada uji lanjut BNT, diperoleh hasil yang menunjukkan perbedaan yang cukup nyata pada pengaruh perlakuan konsentrasi enzim bromelin dan waktu

ultrasonikasi, namun terdapat perlakuan yang tidak berbeda yaitu A2B3, A2B1, A2B3, A3B1, A3B2, dan A3B3, dikarenakan perlakuan yang didapat memiliki selisih hasil yang tidak terlalu jauh. Hasil BNT yang diperoleh juga menunjukkan bahwa kandungan asam lemak bebas terendah pada perlakuan A1B1. Hasil asam lemak bebas tertinggi pada perlakuan menunjukkan kesamaan nilai kandungan asam lemak bebas yaitu pada perlakuan A2B3, A2B1, A2B3, A3B1, A3B2, dan A3B3.

Berdasarkan hasil kandungan asam lemak bebas VCO terendah diperoleh pada konsentrasi enzim 15% dan waktu ultrasonikasi 30 menit yaitu 0,05%, sedangkan nilai asam lemak bebas VCO tertinggi pada konsentrasi enzim 20% dan waktu ultrasonikasi 90 menit yaitu 0,17%. Dilihat dari hasil yang diperoleh, bahwa metode yang efektif atau terbaik digunakan dalam mengekstrak VCO adalah pada perlakuan konsentrasi enzim bromelin 15% dan waktu ultrasonikasi 30 menit. Hasil kandungan asam lemak bebas yang diperoleh pada semua perlakuan pembuatan VCO masih memenuhi ketentuan SNI 7381:2008 yaitu kandungan asam lemak bebas VCO maksimal 0,5%, sehingga VCO yang diperoleh dari semua perlakuan masih memiliki kualitas minyak yang baik.

4.5 Pengaruh Konsentrasi Enzim dan Waktu Ultrasonikasi Pada Kandungan

Kadar Air VCO

Kandungan kadar air dalam VCO sangat penting dalam menentukan daya simpan dari bahan makanan karena mempengaruhi sifat fisik, kimia, perubahan mikrobiologi, dan perubahan enzimatik. Kandungan air yang tinggi dalam bahan menyebabkan daya tahan VCO rendah. Selain itu adanya air dalam VCO akan mengakibatkan reaksi hidrolisis. Jika dalam minyak terdapat air maka minyak tersebut akan terhidrolisis, sehingga menghasilkan asam lemak bebas dan gliserol

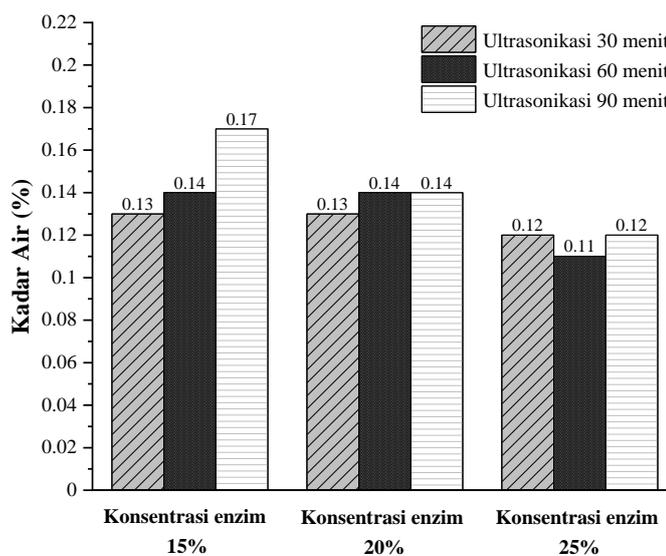
yang mana akan membuat minyak menjadi tengik (Rindawati *et al.*, 2020). Hasil uji lanjut BNT pada perlakuan konsentrasi enzim bromelin terhadap kandungan air pada VCO ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Kadar air pada perlakuan konsentrasi enzim

Perlakuan Konsentrasi Enzim (%)	Kadar Air VCO (%)
15	0,15 ^b
20	0,14 ^{ab}
25	0,12 ^a

Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata

Hasil uji ANOVA menghasilkan tidak berbeda signifikan ($P\text{-Value} > 0,05$), sehingga perbedaan perlakuan konsentrasi enzim bromelin dan waktu ultrasonikasi tidak berpengaruh terhadap kandungan kadar air dalam VCO. Tetapi, pada perlakuan konsentrasi enzim bromelin menghasilkan berbeda signifikan terhadap kandungan kadar air pada VCO ($P\text{-Value} < 0,05$). Pada uji lanjut BNT diperoleh bahwa konsentrasi enzim 15% tidak beda nyata dengan konsentrasi 20%, tetapi berbeda nyata dengan konsentrasi 25%, sedangkan konsentrasi 20% tidak beda nyata dengan 25%, tetapi berbeda nyata dengan konsentrasi 15%, sehingga dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa konsentrasi enzim bromelin tidak mempengaruhi kandungan kadar air dalam VCO, dikarenakan hasil yang diperoleh memiliki selisih yang tidak jauh berbeda. Hasil kandungan kadar air VCO pada perlakuan konsentrasi enzim bromelin dan lama waktu ultrasonik ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Hasil kandungan kadar air VCO dari pengaruh perlakuan konsentrasi enzim bromelin dan waktu ultrasonikasi

Berdasarkan kandungan kadar air VCO yang diperoleh, menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi enzim bromelin dan waktu ultrasonikasi tidak memberikan pengaruh terhadap kandungan kadar air dalam VCO, hal ini dikarenakan hasil rata-rata kandungan kadar air VCO yang diperoleh dari perlakuan konsentrasi enzim bromelin dan waktu ultrasonikasi memiliki selisih yang tidak jauh berbeda. Tetapi, hasil kandungan kadar air VCO yang diperoleh memiliki kandungan kadar air yang baik dan memenuhi ketentuan SNI 7381: 2008 yaitu 0,1 - 0,5%. (Rindawati *et al.*, 2020) melaporkan bahwa kandungan kadar air pada VCO sebaiknya tidak melebihi 0,2%, dikarenakan kadar air penting dalam menentukan daya simpan pada VCO.

4.6 Identifikasi Asam Lemak Menggunakan GC-MS

Identifikasi senyawa pada VCO menggunakan GC-MS dilakukan untuk mengetahui senyawa produk hasil transesterifikasi berdasarkan fragmen-fragmen senyawa yang terdapat pada spektrum MS. Diketahui bahwa VCO didominasi oleh

asam lemak rantai sedang (C_{10-12}) seperti asam kaproat, kaprilat, kaprat, laurat. dengan presentase sekitar 88,7%, sedangkan kandungan asam lemak rantai panjang pada VCO yaitu asam miristat, palmitat, stearat, oleat, linoleat dan asam linolenat dengan presentase sekitar 11,3% (Suirta & Astitiasih, 2020). Hasil komposisi asam lemak pada VCO menggunakan GC-MS ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil karakterisasi komposisi asam lemak pada VCO

Asam Lemak	Rumus Kimia (Metil Ester)	Waktu Retensi	Ion Molekul er (m/z)	Kadar (%)	SNI (%)
Asam kaproat	$C_7H_{14}O_2$	4,744	130	1,53	ND – 0,7
Asam kaprilat	$C_9H_{18}O_2$	13,382	158	10,36	4,6 – 10,0
Asam kaprat	$C_{11}H_{22}O_2$	21,222	186	10,67	5,0 – 8,0
Asam laurat	$C_{13}H_{26}O_2$	27,173	214	71,95	45,1 – 53,2
Asam miristat	$C_{15}H_{30}O_2$	33,635	241	5,31	16,8 – 21
Asam palmitat	$C_{17}H_{34}O_2$	38,494	270	0,18	7,5 – 10,2

Hasil ketentuan SNI 7381:2008 melaporkan bahwa senyawa asam lemak yang terdapat pada VCO adalah 10 asam lemak yang terdiri dari asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Hasil yang diperoleh pada Tabel 4.4 menunjukkan bahwa terdapat metil ester asam lemak dari VCO yaitu 6 senyawa yang terbentuk. Terdapat asam lemak tak jenuh yang tidak terbentuk dalam VCO, yaitu asam lemak oleat, linoleat, dan linolenat. Hal ini disebabkan karena teroksidasinya senyawa asam lemak tak jenuh pada saat proses perlakuan ultrasonik dan esterifikasi. Diketahui bahwa asam lemak tak jenuh mudah teroksidasi dan terhidrolisis oleh air, dikarenakan asam lemak tak jenuh memiliki ikatan rangkap pada rantai atom karbon, sehingga menyebabkan kandungan asam lemak tak jenuh tidak terdapat dalam kandungan VCO (Mamuaja, 2017).

Asam lemak jenuh yang tidak terdeteksi dalam VCO adalah asam lemak stearat. Namun, pada lampiran 8.1 kromatogram menunjukkan adanya puncak rendah yang diduga milik asam lemak stearat, dikarenakan keberadaan asam stearat dalam minyak kelapa sangat sedikit (2,5%), sehingga kemungkinan penyebab asam stearat tidak muncul ketika dianalisis, karena asam lemak stearat tertinggal didalam kolom. Pontoh & Buyung, (2011) melaporkan bahwa senyawa metil ester yang bersifat lebih nonpolar akan tertahan lebih lama dalam kolom dan memiliki waktu retensi yang lebih lama dibandingkan dengan senyawa lain yang cenderung bersifat polar. Hal ini juga didukung oleh Santoso *et al.*, (2020) yang mendapatkan senyawa metil ester asam stearat pada waktu retensi 43,753 menit dengan hasil 4,57%.

Berdasarkan Tabel 4.4 dilihat senyawa-senyawa yang ada dalam metil ester dari transesterifikasi VCO, menunjukkan kandungan senyawa tertinggi adalah metil laurat yaitu 71,95%. Dari keseluruhan kromatogram, senyawa metil laurat merupakan senyawa utama yang terbentuk dari hasil transesterifikasi VCO. Hasil penelitian diperoleh empat jenis MCFA pada VCO yaitu metil ester asam lemak kaproat ($C_7H_{14}O_2$), kaprilat ($C_9H_{18}O_2$), kaprat ($C_{11}H_{22}O_2$) dan laurat ($C_{13}H_{26}O_2$). Kadar dari semua MCFA melebihi kadar standar yang ditetapkan oleh SNI 7381:2008, sedangkan jenis LCFA yang terkandung pada VCO yaitu metil ester miristat ($C_{15}H_{30}O_2$) dan palmitat ($C_{17}H_{34}O_2$). Kadar dari semua LCFA kurang dari standar yang ditetapkan oleh SNI 7381:2008. Suirta & Astitiasih, (2020) melaporkan bahwa VCO yang baik adalah dengan kandungan MCFA yang lebih banyak daripada LCFA dan kandungan komposisi MCFA terbanyak adalah asam laurat.

4.7 Hasil Penelitian dalam Prespektif Islam

VCO dikenal sebagai produk pangan fungsional yang memberikan berbagai manfaat, salah satu produk olahan dari buah kelapa ini memiliki kegunaan dibidang bahan baku industri pangan, kosmetik, dan farmasi. VCO memiliki keunggulan yaitu memiliki kandungan *medium chain saturated fatty acids* (MCFA) yang tinggi. VCO menyehatkan apabila dikonsumsi, dimana VCO dapat berfungsi untuk mencegah beberapa penyakit, memperbaiki pencernaan, meningkatkan kekebalan tubuh dan mencegah infeksi. Dari penjelasan diatas menyebutkan bahwa VCO dari daging buah kelapa memiliki banyak manfaat. Sebagaimana dalam firman Allah SWT dalam surat Asy-Syu'ara ayat 80:

وَإِذَا مَرِضْتُ فَهُوَ يَشْفِينِ (٨٠)

“Dan apabila aku sakit, Dialah yang menyembuhkan aku (QS. Asy-Syu'ara'/26:80)”

Menurut Tafsir Al-Qurthubi surat Asy-Syu'ara' ayat 80, ditegaskan bahwa manusia hanya berusaha mencari obat, tetapi Allah-lah yang menyembuhkan (Qurthubi, 2007). Berdasarkan ayat di atas menunjukkan bahwa setiap penyakit terdapat obatnya, sehingga sebagai makhluk Allah SWT yang memiliki akal dan fikiran seharusnya kita berupaya untuk mencari alternatif obat untuk menjaga, mencegah, dan mengobati berbagai penyakit dengan memanfaatkan yang berada di sekitar kita. Salah satunya yaitu buah kelapa diolah menjadi VCO, yang dapat dikonsumsi untuk kesehatan, dimana VCO mempunyai kandungan senyawa dominan yaitu asam laurat, ketika dalam tubuh asam laurat akan diubah menjadi monolaurin yaitu sebuah senyawa monogliserida yang bersifat antivirus, antibakteri dan antiprotozoa, sehingga minyak kelapa ini memiliki manfaat bagi tubuh kita.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh perlakuan konsentrasi enzim bromelin dan waktu ultrasonikasi terhadap hasil rendemen dan kandungan asam lemak bebas VCO, sedangkan pada kandungan kadar air VCO menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi enzim bromelin dan waktu ultrasonikasi tidak berpengaruh. Pembuatan VCO pada penelitian didapat perlakuan terbaik pada konsentrasi enzim bromelin 15% dengan waktu ultrasonikasi 60 menit dan memperoleh asam lemak pada VCO yaitu asam lemak kaproat 1,53%, kaprilat 10,36%, kaprat 10,67%, laurat 71,95%, miristat 5,31%, dan palmitat 0,18%.

5.2 Saran

Dilakukan analisis lebih lanjut mengenai uji kualitas pada VCO seperti uji peroksida, penyabunan, Iod, bilangan asam dan organoleptik. Serta perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang pembuatan VCO secara enzimatik dan bantuan ultrasonikasi dengan enzim yang lebih murni lagi ekstraksinya untuk mendapatkan kualitas VCO yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asiah, N., Cempaka, L., & Maulidini, T. (2018). Comparative Study: Physico-Chemical Properties of Virgin Coconut Oil Using Various Culture. *Asia Pacific Journal of Sustainable Agriculture, Food and Energy*, 6(2), 1–5.
- Azhar, R., & Ariyanto, B. (2009). *Penentuan Parameter Fisika Dan Kimia Bromelin Kasar Dari Batang Nanas (Ananas comosus Merr .)*. 1–7.
- Barlina, R., & Daniel, J. T. (2010). Pemanfaatan Ekstrak Enzim Kasar Papain dan Bromelin pada Pembuatan Minyak Starter dan Pengaruhnya pada Mutu Virgin Coconut Oil (VCO) Selama Penyimpanan. *Buletin Palma*, 38, 1–9.
- Edahwati, L. (2011). *Aplikasi Penggunaan Enzym Papain dan Bromelin Terhadap Perolehan VCO*. Jakarta: UPN Press.
- Effendi, A. M. . W. W. s. (2012). Optimalisasi Penggunaan Enzim Bromelin Dari Sari Bonggol Nanas Dalam Pembuatan Minyak Kelapa. *IJCS - Indonesia Journal of Chemical Science*, 1(1), 1–6.
- Fatwatun, N., Chusna, K., & Pramudono, B. (2013). Pembuatan Virgin Coconut Oil (Vco) : Pemecahan Emulsi Dengan Metode Ultrasonik. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, 2(4), 184–188.
- Gani, A., Benjakul, S., & ul Ashraf, Z. (2020). Nutraceutical Profiling of Surimi Gel Containing β -glucan Stabilized Virgin Coconut Oil with and Without Antioxidants After Simulated Gastro-intestinal Digestion. *Journal of Food Science and Technology*, 57(8), 3132–3141.
- Gautam, S. S., Mishra, S. K., Dash, V., Goyal, A. K., & Rath, G. (2010). *Comparative study of extraction , purification and estimation of bromelain from stem and fruit of pineapple plant Abstract : 34, 67–76*.
- Gupta, S. K. (2012). Technological Innovations in Major World Oil Crops. *Technological Innovations in Major World Oil Crops, Volume 1: Breeding, 1*,
- Gusniah, A., Veny, H., & Hamzah, F. (2019). Ultrasonic Assisted Enzymatic Transesterification for Biodiesel Production. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 58(2), 581–589.
- Hanafiah, A., Widyasari, E. M., Oekar, N. K., Teknologi, P., & Bahan, N. (2011). Pembuatan, Pemurnian dan Stabilitas Virgin Coconut Oil (VCO) Bertanda Radioiodium-131. *Jurnal Sains Dan Teknologi Nuklir Indonesia*, XII(2), 75–84.
- Harimurti, S., Rumagesan, R. M., & Susanawati. (2020). Environmentally Friendly Production Method of Virgin Coconut Oil Using Enzymatic Reaction. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 874(1).

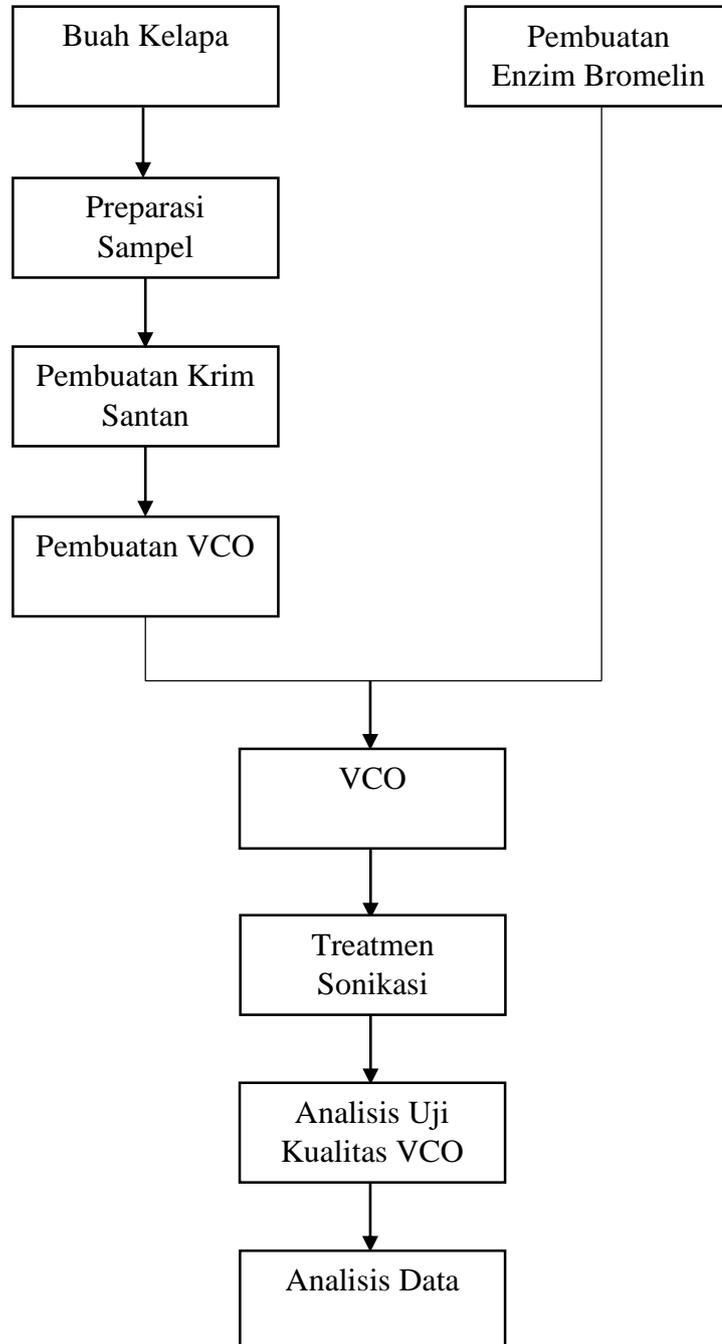
- Ketaren, S. (1986). *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: UI Press.
- Kumaunang, M. (2011). Amobilisasi Enzim Bromelin Yang Diisolasi Dari Batang Nanas Dengan Menggunakan Karagenan. *Amobilisasi Enzim Bromelin Yang Diisolasi Dari Batang Nanas Dengan Menggunakan Karagenan*, 4(2), 85–88.
- Mamuaja, C. F. (2017). Lipida. Manado: In *Unsrat Press* (Vol. 1, Issue 1).
- Mandei, J. H., Edam, M., Assah, Y., Makalalag, A., Silaban, D., Raya, J., Paniki, M., & Manado, D. (2020). *Metil Ester Minyak Kelapa Murni Yang Telah Diekstrak Senyawa Fenolik Dengan Variasi Waktu Transesterifikasi*. 14(2), 307–316.
- Maryam, S. (2009). Ekstrak Enzim Bromelin dari Buah Nanas (*Ananas sativus* Shuclt.) dan Pemanfaatannya pada Isolasi DNA (Skripsi). In *Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang*.
- Muis, A. (2016). Pengaruh Metode Pengolahan Dan Umur Panen Kelapa Terhadap Kualitas dan Kandungan Senyawa Fenolik Virgin Coconut Oil (VCO). *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 8(2), 97.
- Mulyadi, A. F., Dewi, I. A., Wignyanto, Sucipto, & Prayudi, R. (2015). Pengaruh Frekuensi dan Waktu Pretreatment Ultrasound Assisted Extraction (UAE) Terhadap Rendemen dan Kualitas Virgin Coconut Oil. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 16(3), 167–172.
- Mustafa, Alwathan, Faisyal, & Kurniawan, A. (2019). Purification of Virgin Cocunut Oil Using Help Soursop Enzym and Chemical Ultrasonography with Natural Zeolite Adsorben. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 8(1), 191–195.
- Naiola, E. (2008). Pembuatan Starter Untuk Ekstraksi Minyak Kelapa Murni Menggunakan Mikroba Amilolitik. *Jurnal Ilmiah Nasional*, 9(1), 31–38.
- Ningrum, M. S. (2019). *Pemanfaatan Tanaman Kelapa (Cocos nucifera) Oleh Etnis Masyarakat di Desa Kelambir dan Desa Kubah Sentang Kecamatan Pantai Labu Kabupaten Deli Serdang (Skripsi)*. Universitas Medan Area.
- Nurhidayah, Masriany, & Masri, M. (2013). Isolasi dan Pengukuran Aktivitas Enzim Bromelin dari Ekstrak Kasar Bonggol Nanas (*Ananas comosus*) pada Variasi Suhu dan pH. *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 1(2), 119–125.
- Palilingan, S. C., & Pungus, M. (2018). Produksi Enzimatis Virgin Coconut Oil (VCO) dengan Enzim Bromelin Serta Pemurniannya Menggunakan Adsorben Zeolit. *Fullerene Journal of Chemistry*, 3(2), 70.
- Patil, U., & Benjakul, S. (2018). Coconut Milk and Coconut Oil: Their Manufacture Associated with Protein Functionality. *Journal of Food Science*, 83(8), 2019–

- Perdani, C. G., Pulungan, M. H., & Karimah, S. (2019). Pembuatan Virgin Coconut Oil (VCO) Kajian Suhu Inkubasi dan Konsentrasi Enzim Papain Kasar. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 8(3), 238–246.
- Poba, D., Ijirana, I., & Sakung, J. (2019). Crude Bromelain Enzyme Activities Based on Maturity Level of Pineapple. *Jurnal Akademika Kimia*, 8(4), 236–241.
- Pontoh, J., & Buyung, N. T. N. (2011a). Analisis Asam Lemak Dalam Minyak Kelapa Murni (VCO) dengan Dua Peralatan Kromatografi Gas. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(2), 274–281.
- Pontoh, J., & Buyung, N. T. N. (2011b). Dengan Dua Peralatan Kromatografi Gas Fatty Acid Analysis in Virgin Coconut Oil (Vco) With Two Types Gas Chromatography. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(2), 274–281.
- Pontoh, J., & Makasoe, L. (2011). Perbandingan Beberapa Metode Pembuatan Metil Ester Dalam Analisa Asam Lemak Dari Virgin Coconut Oil (VCO). *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(1), 241–247.
- Pratiwi, I., Pardi, & Yunus, M. (2018). Pemisahan Asam Laurat dari Virgin Coconut Oil (VCO) dengan Metode Saponifikasi dan Sonikasi. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 2(1), 235–239.
- Qurthubi, I. Al. (2007). *Tafsir Al-Qurthubi Jilid 2*. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Rachmania, R. A., Priyo, W., Aniza, M. W., & Dini, R. I. (2017). Profil Berat Molekul Enzim Protease Buah Nanas (*Ananas comosus* L. Merr) Dan Pepaya (*Carica pepaya* L.) Menggunakan Metode SDS-PAGE. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 13(1), 52–65.
- Raghavendra, S. N., & Raghavarao, K. S. M. S. (2010). Effect of Different Treatments For The Destabilization of Coconut Milk Emulsion. *Journal of Food Engineering*, 97(3), 341–347.
- Ramadani, A. H., Rosalina, R., & Ningrum, R. S. (2019). Pemberdayaan Kelompok Tani Dusun Puhrejo Dalam Pengolahan Limbah Organik Kulit Nanas Sebagai Pupuk Cair Eco-enzim. *Prosiding Seminar Nasional Hayati VII, September*, 1–6.
- Rifa'atul, A. (2010). *Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Kulit Nanas (Ananas comosus) Dan Lama Pemeraman Terhadap Rendemen Dan Kualitas Minyak Kelapa (Cocos nucifera L) (Skripsi)*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Rindawati, Perasulmi, & Edy, W. K. (2020). Studi Perbandingan Pembuatan VCO (Virgin Coconut Oil) Sistem Enzimatis dan Pancingan Terhadap Karakteristik Minyak Kelapa Murni yang Dihasilkan. *Indonesian Journal of Laboratory*, 2(2), 25–32.

- Rukmini, A., & Raharjo, S. (2010). Pattern of peroxide value changes in virgin coconut oil (VCO) due to photo-oxidation sensitized by chlorophyll. *JAACS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87(12), 1407–1412.
- Sandika, A. S., Muria, S. R., & Yenti, S. R. (2017). Fermentasi Kulit Nanas Menjadi Bioetanol Menggunakan *Zymomonas Mobilis* Dengan Variasi Pemekatan Medium dan Waktu Fermentasi. *JOM FTEKNIK*, 4(1), 1–5.
- Sangi, M. S. (2011). Pemanfaatan Ekstrak Batang Buah Nenas Untuk Kualitas Minyak Kelapa. *Jurnal Ilmiah Sains*, 15(1), 210.
- Santoso, A., Nadia, F., Retnosari, R., Wijaya, A. R., & Sumari, S. (2020). Konsentrasi Katalis dan Suhu Optimum pada Transesterifikasi Minyak Biji Pepaya (*Carica papaya*) sebagai Bahan Baku Biodiesel. *Jc-t Journal (Journal Cis-Trans)*, 4(1), 29–36.
- Shihab, M. Q. (2012). *Tafsir al-Misbah*. Jakarta: Lentera Hati.
- Silaban, I., & Rahmanisa, S. (2016). Pengaruh Enzim Bromelin Buah Nanas (*Ananas comosus*L.) terhadap Awal Kehamilan. *Majority*, 5(4), 80–85.
- SNI, 01-2901. (2008). Minyak kelapa virgin (VCO). *Indonesia*, 1–28.
- Songkro, S., Sirikatitham, A., Sungkarak, S., Buaking, K., Wungsintaweekul, J., Maneenuan, D., & Oungbho, K. (2010). Characterization of Aromatherapy Massage Oils Prepared from Virgin Coconut Oil and Some Essential Oils. *JAACS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87(1), 93–107.
- Soo, P. P., Ali, Y., Lai, O. M., Kuan, C. H., Tang, T. K., Lee, Y. Y., & Phuah, E. T. (2020). Enzymatic and Mechanical Extraction of Virgin Coconut Oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 122(5), 1–13.
- Suirta, I. W., & Astitiasih, I. A. R. (2020). Pembuatan Virgin Coconut Oil Dengan Penambahan Enzim Papain Dari Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya*). *Jurnal Kimia*, 14(2), 192.
- Syah, A. N. A. (2005). *Virgin Coconut Oil: Minyak Penakluk Aneka Penyakit*. Jakarta: PT Agro Media Pustaka.
- Tupufia, S. C., Jeon, Y. J., Marquis, C., Adesina, A. A., & Rogers, P. L. (2013). Enzymatic Conversion of Coconut Oil for Biodiesel Production. *Fuel Processing Technology*, 106, 721–726.

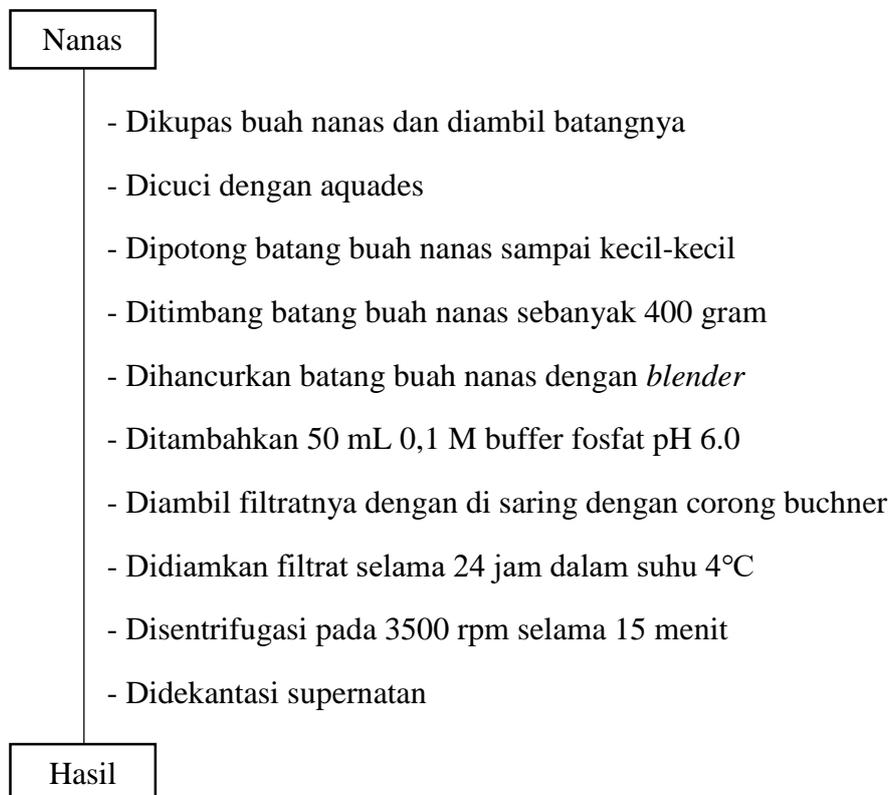
LAMPIRAN

Lampiran 1 Rancangan Penelitian

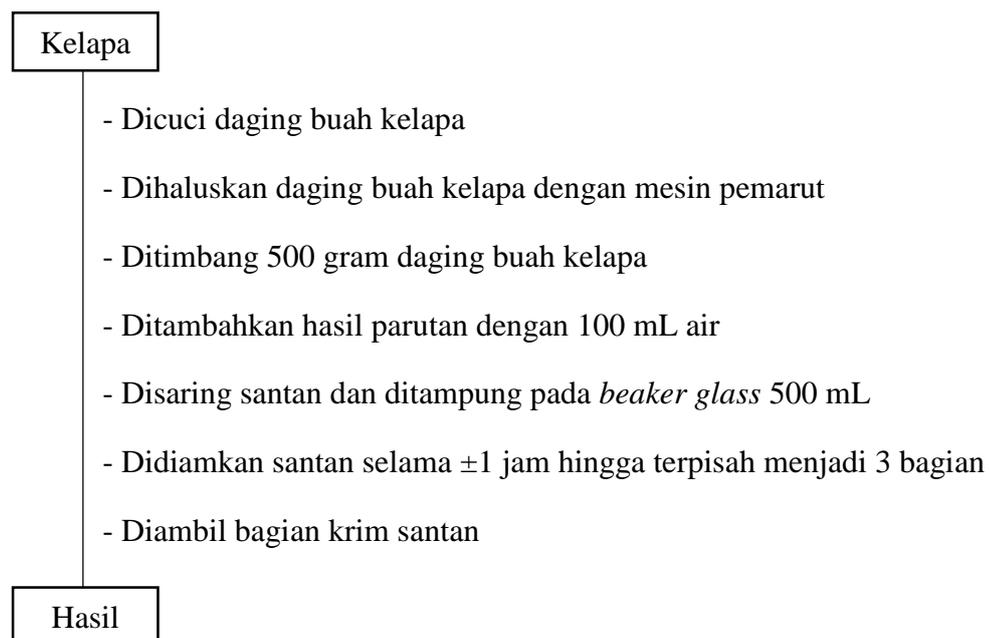


Lampiran 2 Diagram Alir

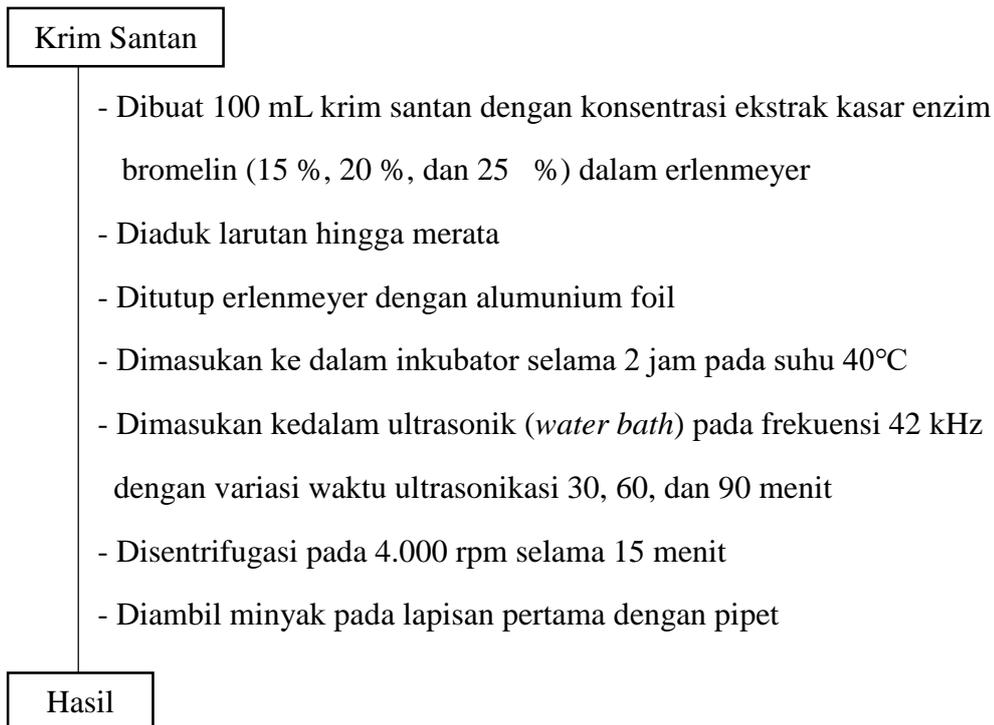
2.1. Pembuatan enzim bromelin ekstrak kasar batang nanas



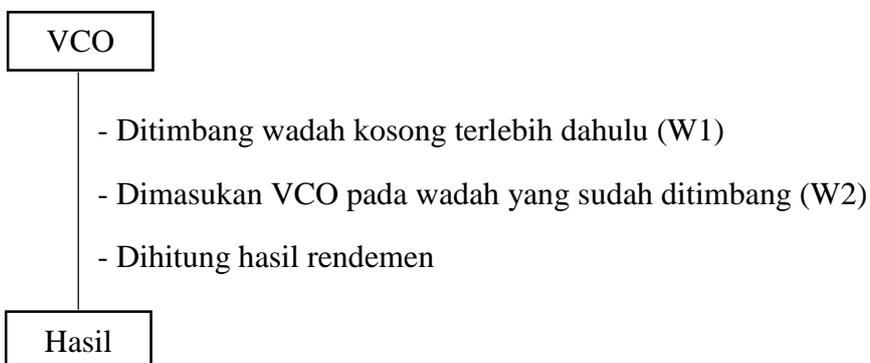
2.2 Pembuatan krim santan



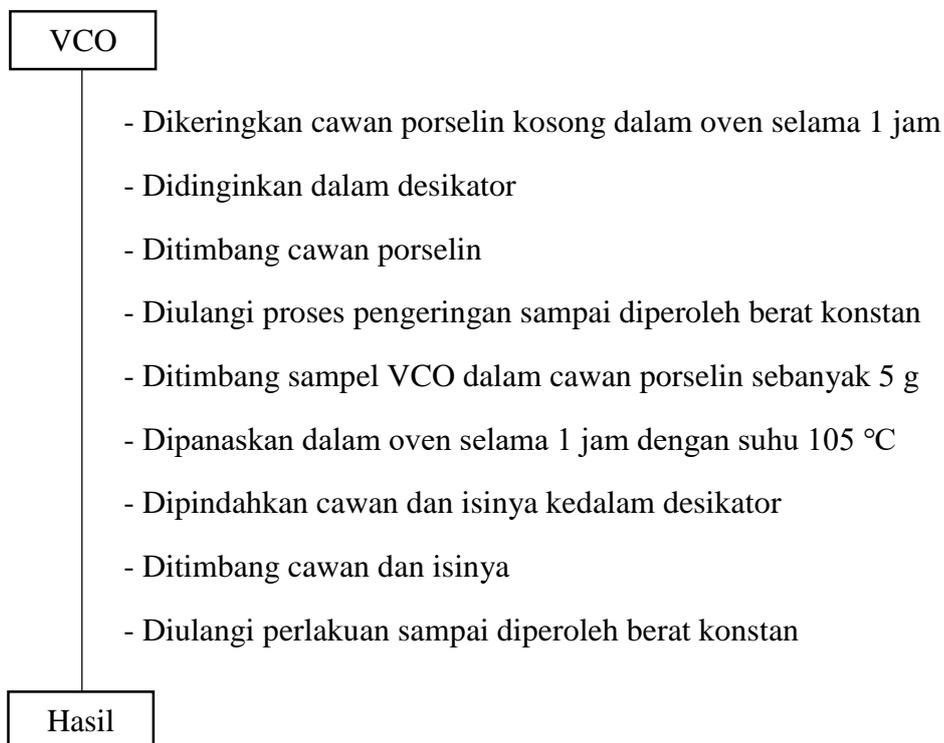
2.3 Pembuatan VCO



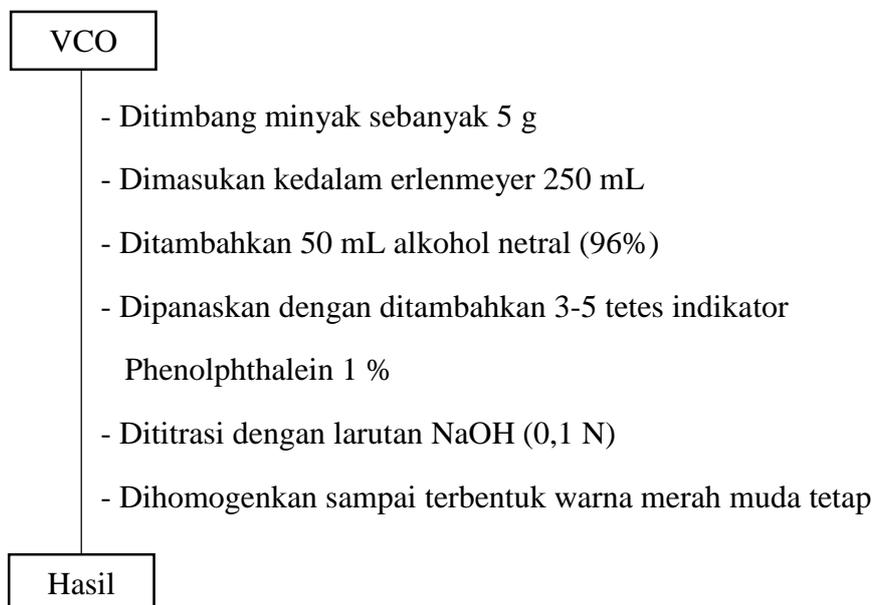
2.4 Pengukuran rendemen



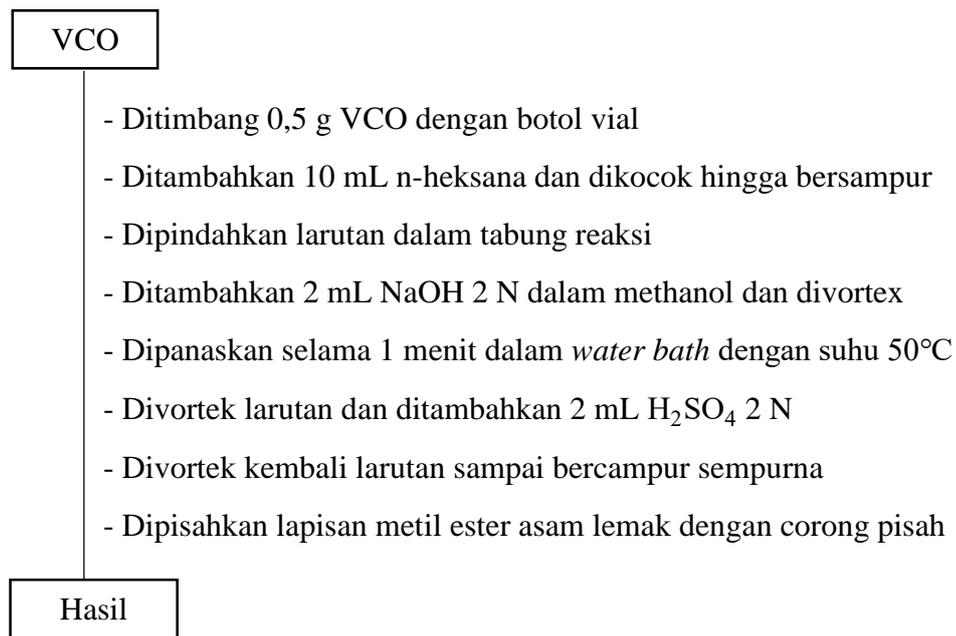
2.5 Analisis kadar air



2.6 Analisis asam lemak bebas



2.7 Transesterifikasi asam lemak pada VCO



Lampiran 3 Perhitungan Pembuatan Larutan

3.1 Larutan 0,1 M Buffer Fosfat pH 6,0

Pembuatan buffer fosfat 0,1 M pH 6 sebanyak 250 mL sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Massa Na}_2\text{HPO}_4 &= M \times V \times \text{BM} \\ &= 0,1 \text{ mol/L} \times 0,25 \text{ L} \times 178 \text{ g/mol} \\ &= 4,45 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NaH}_2\text{PO}_4 &= M \times V \times \text{BM} \\ &= 0,1 \text{ mol/L} \times 0,25 \text{ L} \times 156 \text{ g/mol} \\ &= 3,9 \text{ g} \end{aligned}$$

Pembuatan larutan 0,1 buffer fosfat pH 6 dibutuhkan Natrium Dihidrogen Fosfat (asam lemah) sebanyak 3,9 gram dilarutkan dalam 250 mL aquades dan Dinatrium Hidrogen Fosfat (basa konjugasi) sebanyak 4,45 gram dilarutkan dalam 250 mL aquades. Kedua larutan dicampurkan dikit demi sedikit dan di ukur menggunakan pH meter pada larutan sampai pH 6.

3.2 Larutan NaOH 0,1 N

Pembuatan larutan NaOH 0,1 N sebanyak 100 mL sebagai berikut:

$$N = \frac{g_t}{BE_t} \times \frac{1000}{\text{mL}_{\text{larutan}}}$$

$$BE = \frac{Mr_t}{\text{valensi}}$$

$$BE = \frac{40}{1} = 40$$

$$g_t = \frac{N \times BE \times V}{1000}$$

$$\begin{aligned} g_t &= \frac{0,1 \times 40 \times 100}{1000} \\ &= 0,1 \text{ gram} \end{aligned}$$

Pembuatan larutan natrium hidroksida 0,1 N dibutuhkan NaOH 0,1 gram dalam 100 mL aquades.

3.3 Pembuatan Larutan H₂SO₄ 2 N dalam 50 mL Metanol

Pembuatan larutan H₂SO₄ 2 N dalam 50 mL metanol sebagai berikut:

$$\begin{aligned} N &= \frac{g_t}{BE_t} \times \frac{1000}{mL_{larutan}} \times \text{valensi} \\ &= \frac{1764}{98} \times 2 \\ &= 36 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

$$\begin{aligned} V_1 \times 36 \text{ N} &= 50 \text{ mL} \times 2 \text{ N} \\ &= 2,78 \text{ mL} \end{aligned}$$

Pembuatan larutan asam sulfat 2 N dalam metanol dibutuhkan H₂SO₄ sebanyak 2,78 mL dalam 50 mL metanol.

3.4 Pembuatan Larutan NaOH 2 N dalam 50 mL Metanol

Pembuatan larutan NaOH 2 N dalam 50 mL metanol sebagai berikut:

$$N = \frac{g_t}{BE_t} \times \frac{1000}{mL_{larutan}} \qquad BE = \frac{Mr_t}{\text{valensi}}$$

$$BE = \frac{40}{1} = 40$$

$$g_t = \frac{N \times BE \times V}{1000}$$

$$g_t = \frac{0,1 \times 40 \times 50}{1000}$$

$$= 4 \text{ gram}$$

Pembuatan larutan natrium hidroksida 2 N dibutuhkan NaOH 4 gram dalam 50 mL metanol.

Lampiran 4 Analisis Rendemen

4.1 Hasil analisis rendemen VCO

Tabel L.4. 1 Hasil analisis rendemen VCO

Sampel	Ulangan	Berat akhir (g)	Berat awal (mL)	% Rendemen (b/v)	Rata-rata
A1B1	1	31,74	100	31,74	32,96
	2	34,34	100	34,34	
	3	32,80	100	32,80	
A1B2	1	37,15	100	37,15	36,85
	2	37,35	100	37,35	
	3	36,05	100	36,05	
A1B3	1	24,07	100	24,07	23,18
	2	23,84	100	23,84	
	3	21,63	100	21,63	
A2B1	1	29,25	100	29,25	29,03
	2	29,02	100	29,02	
	3	28,82	100	28,82	
A2B2	1	31,01	100	31,01	30,76
	2	30,81	100	30,81	
	3	30,47	100	30,47	
A2B3	1	25,88	100	25,88	26,06
	2	26,24	100	26,24	
	3	26,08	100	26,08	
A3B1	1	15,70	100	15,70	16,37
	2	15,97	100	15,97	
	3	17,44	100	17,44	
A3B2	1	18,26	100	18,26	19,58
	2	20,37	100	20,37	
	3	20,10	100	20,10	
A3B3	1	26,99	100	26,99	25,26
	2	25,24	100	25,24	
	3	23,56	100	23,56	

4.2 Perhitungan pada analisis rendemen VCO

Sampel A1B2 ulangan 1

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{37,15 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times 100\%$$

$$= 0,3715 \times 100\%$$

$$= 37,15\%$$

Sampel A1B2 ulangan 2

$$\begin{aligned}\% \text{ Rendemen} &= \frac{37,35 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times 100\% \\ &= 0,3735 \times 100\% \\ &= 37,35\%\end{aligned}$$

Sampel A1B2 ulangan 3

$$\begin{aligned}\% \text{ Rendemen} &= \frac{36,05 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times 100\% \\ &= 0,3605 \times 100\% \\ &= 36,05\%\end{aligned}$$

Lampiran 5 Analisis Asam Lemak Bebas

5.1 Hasil analisis kandungan asam lemak bebas pada VCO

Tabel L.5. 1 Hasil analisis kandungan asam lemak bebas pada VCO

Sampel	Ulangan	Berat Sampel (g)	mL NaOH		% FFA	Rata-rata
			Titration 1	Titration 2		
A1B1	1	5	0,2	0,1	0,06	0,05
	2	5	0,1	0,1	0,04	
	3	5	0,1	0,1	0,04	
A1B2	1	5	0,2	0,3	0,10	0,11
	2	5	0,3	0,3	0,12	
	3	5	0,2	0,3	0,10	
A1B3	1	5	0,4	0,4	0,16	0,15
	2	5	0,3	0,3	0,12	
	3	5	0,4	0,4	0,16	
A2B1	1	5	0,4	0,5	0,18	0,15
	2	5	0,4	0,3	0,14	
	3	5	0,4	0,3	0,14	
A2B2	1	5	0,4	0,4	0,16	0,14
	2	5	0,3	0,4	0,14	
	3	5	0,3	0,3	0,12	
A2B3	1	5	0,4	0,4	0,16	0,17
	2	5	0,5	0,4	0,18	
	3	5	0,4	0,4	0,16	
A3B1	1	5	0,4	0,4	0,16	0,17
	2	5	0,5	0,4	0,18	
	3	5	0,4	0,5	0,18	
A3B2	1	5	0,5	0,4	0,18	0,17
	2	5	0,4	0,5	0,18	
	3	5	0,4	0,4	0,16	
A3B3	1	5	0,4	0,5	0,18	0,17
	2	5	0,4	0,4	0,16	
	3	5	0,5	0,4	0,18	

5.2 Perhitungan pada analisis asam lemak bebas VCO

Sampel A1B1 ulangan 1

$$\% \text{ FFA} = \frac{0,15 \text{ mL} \times 0,1 \text{ N} \times 200 \text{ g/mol}}{1000 \times 5 \text{ g}} \times 100\%$$

$$= \frac{3}{5000} \times 100\%$$

$$= 0,06\%$$

Sampel A1B1 ulangan 2

$$\begin{aligned}\% \text{ FFA} &= \frac{0,1 \text{ mL} \times 0,1 \text{ N} \times 200 \text{ g/mol}}{1000 \times 5 \text{ g}} \times 100\% \\ &= \frac{2}{5000} \times 100\% \\ &= 0,04\%\end{aligned}$$

Sampel A1B1 ulangan 3

$$\begin{aligned}\% \text{ FFA} &= \frac{0,1 \text{ mL} \times 0,1 \text{ N} \times 200 \text{ g/mol}}{1000 \times 5 \text{ g}} \times 100\% \\ &= \frac{2}{5000} \times 100\% \\ &= 0,04\%\end{aligned}$$

Lampiran 6 Analisis Kadar Air

6.1 Hasil analisis kandungan kadar air pada VCO

Tabel L.6. 1 Hasil analisis kandungan kadar air pada VCO

Sampel	Ulangan	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	% Air	Rata-rata
A1B1	1	59,3576	59,3524	0,12	0,13
	2	75,2088	75,2021	0,13	
	3	59,8982	59,8911	0,14	
A1B2	1	59,8959	59,8871	0,18	0,14
	2	61,8769	61,8693	0,15	
	3	75,2067	75,2014	0,11	
A1B3	1	61,8612	61,8527	0,17	0,17
	2	58,3934	58,3856	0,16	
	3	70,9377	70,9282	0,19	
A2B1	1	61,2085	61,2024	0,12	0,13
	2	61,8586	61,8519	0,13	
	3	75,1980	75,1907	0,15	
A2B2	1	58,9513	58,9451	0,12	0,14
	2	61,2924	61,2839	0,17	
	3	58,3867	58,3808	0,12	
A2B3	1	59,9158	59,9084	0,15	0,14
	2	70,9264	70,9192	0,14	
	3	61,8648	61,8587	0,12	
A3B1	1	75,1310	75,1251	0,12	0,12
	2	60,9167	60,9111	0,12	
	3	59,5310	59,5250	0,12	
A3B2	1	60,8382	60,8324	0,10	0,11
	2	58,3916	58,3866	0,10	
	3	70,9060	70,9001	0,12	
A3B3	1	61,2223	61,2158	0,13	0,12
	2	61,8686	61,8626	0,12	
	3	61,8686	61,8626	0,12	

6.2 Perhitungan analisis kandungan air VCO

Sampel A3B2 ulangan 1

$$\% \text{ Kadar air} = \frac{(57,8644 - 57,8615) \text{ g}}{(57,8644 - 54,8906) \text{ g}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0029}{2,9738} \times 100\%$$

$$= 0,0975\%$$

$$= 0,10\%$$

Sampel A3B2 ulangan 2

$$\% \text{ Kadar air} = \frac{(57,8644 - 57,8615) \text{ g}}{(57,8644 - 53,3736) \text{ g}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,005}{5,018} \times 100\%$$

$$= 0,0996\%$$

$$= 0,10\%$$

Sampel A3B1 ulangan 3

$$\% \text{ Kadar air} = \frac{(70,9060 - 70,9001) \text{ g}}{(70,9060 - 65,9075) \text{ g}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0059}{4,9985} \times 100\%$$

$$= 0,1180\%$$

$$= 0,12\%$$

Lampiran 7 Uji ANOVA

7.1 Uji ANOVA Pada Rendemen VCO

7.1.1 Uji ANOVA

Dependent Variable: Rendemen

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1009.349 ^a	8	126.169	122.038	.000
Intercept	19209.601	1	19209.601	18580.680	.000
Faktor_A	556.143	2	278.071	268.967	.000
Faktor_B	84.525	2	42.262	40.879	.000
Faktor_A *	368.682	4	92.170	89.153	.000
Faktor_B					
Error	18.609	18	1.034		
Total	20237.559	27			
Corrected Total	1027.958	26			

a. R Squared = ,982 (Adjusted R Squared = ,974)

Rendemen

	Konsentrasi Enzim	N	Subset		
			1	2	3
LSD ^{a,b}	konsentrasi 25%	9	20.4033		
	konsentrasi 20%	9		28.6200	
	konsentrasi 15%	9			30.996
	Sig.		1.000	1.000	1.000

The error term is Mean Square(Error) = 1,034.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

Rendemen

	Waktu Ultrasonik	N	Subset		
			1	2	3
LSD ^{a,b}	90 menit	9	24.8367		
	30 menit	9		26.1200	
	60 menit	9			29.0633
	Sig.		1.000	1.000	1.000

The error term is Mean Square(Error) = 1,034.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

7.1.2 Uji Lanjut BNT

Nilai BNT hitung sebagai berikut:

SD : 0,83103474

Nilai tabel BNT 5% : 2,10092204

BNT hitung : 1,745939201

Perlakuan	Rerata	Simbol	BNT+Rerata
A3B1	16.37	a	18,12
A3B2	19.58	b	21,32
A1B3	23.18	c	24,92
A3B3	25.26	d	27,01
A2B3	26.06	d	27,81
A2B1	29.03	e	30,77
A2B2	30.76	e	32,51
A1BI	32.96	f	34,71
A1B2	36.85	g	38,60

7.2 Uji ANOVA Pada Asam Lemak Bebas

7.2.1 Uji ANOVA

Dependent Variable: Asam Lemak Bebas

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.042 ^a	8	.005	20.912	.000
Intercept	.546	1	.546	2168.471	.000
Faktor_A	.026	2	.013	51.353	.000
Faktor_B	.006	2	.003	12.882	.000
Faktor_A * Faktor_B	.010	4	.002	9.706	.000
Error	.005	18	.000		
Total	.593	27			
Corrected Total	.047	26			

a. R Squared = ,903 (Adjusted R Squared = ,860)

Asam lemak bebas

	Konsentrasi Enzim	N	Subset		
			1	2	3
LSD ^{a,b}	konsentrasi 15%	9	.1000		
	konsentrasi 20%	9		.1533	
	konsentrasi 25%	9			.1733
	Sig.		1.000	1.000	1.000

The error term is Mean Square(Error) = ,000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

Asam lemak bebas

	Waktu Ultrasonik	N	Subset	
			1	2
LSD ^{a,b}	30 menit	9	.1244	
	60 menit	9	.1400	
	90 menit	9		.1622
	Sig.		.122	1.000

The error term is Mean Square(Error) = ,000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

7.2.2 Uji Lanjut BNT

Nilai BNT hitung sebagai berikut:

SD : 0.012957671

Nilai tabel BNT 5% : 2,10092204

BNT hitung : 0.027223056

Perlakuan	Rerata	Simbol	BNT+Rerata
A1B1	0.046666667	a	0,073889723
A1B2	0.106666667	b	0,133889723
A2B2	0.140000000	c	0,167223056
A1B3	0.146666667	cd	0,173889723
A2B1	0.153333333	cd	0,18055639
A2B3	0.166666667	cd	0,193889723
A3B1	0.173333333	d	0,20055639
A3B2	0.173333333	d	0,20055639
A3B3	0.173333333	d	0,20055639

7.3 Uji ANOVA Pada Kadar Air

Dependent Variable: Kadar Air

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.008 ^a	8	.001	3.110	.022
Intercept	.485	1	.485	1440.044	.000
Faktor_A	.005	2	.003	7.462	.004
Faktor_B	.001	2	.001	2.187	.141
Faktor_A * Faktor_B	.002	4	.000	1.396	.275
Error	.006	18	.000		
Total	.500	27			
Corrected Total	.014	26			

a. R Squared = ,580 (Adjusted R Squared = ,394)

Kadar air

	Konsentrasi Enzim	N	Subset	
			1	2
LSD ^{a,b}	konsentrasi 25%	9	.1167	
	konsentrasi 20%	9	.1356	.1356
	konsentrasi 15%	9		.1500
	Sig.		.101	.244

The error term is Mean Square(Error) = ,000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

Kadar air

	Waktu Ultrasonik	N	Subset
			1
LSD ^{a,b}	30 menit	9	.1278
	60 menit	9	.1300
	90 menit	9	.1444
	Sig.		.160

The error term is Mean Square(Error) = ,000.

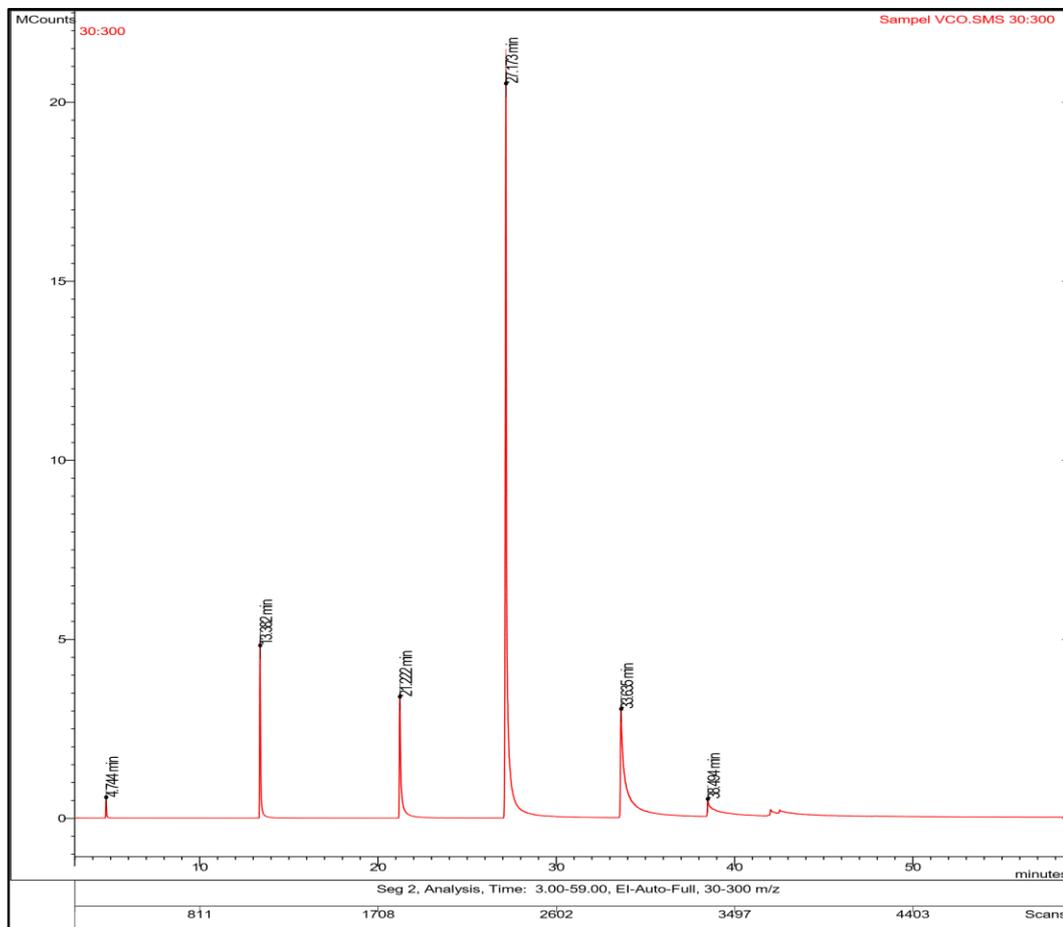
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

Lampiran 8 Hasil Analisis GCMS

8.1 Kromatogram

Scan Range: 1 - 5206 Time Range: 0.00 - 58.99 min.



Target Senyawa

Cmpd. Number	RT (min)	Area	Amount/RF
1	4.744	364376	364376
2	13.382	2.472e+6	2472350
3	21.222	2.547e+6	2547015
4	27.173	1.717e+7	17166856
5	33.635	1.267e+6	1266623
6	38.494	43816	43816

8.2 Perhitungan persen (%) target senyawa yang diperoleh

$$\text{Persen (\%)} \text{ komponen} = \frac{\text{luas area senyawa}}{\text{luas area total}} \times 100\%$$

- Metil ester asam lemak kaproat

$$\begin{aligned} \% \text{ komponen} &= \frac{364376}{23817220} \times 100\% \\ &= 0,0153 \times 100\% \\ &= 1,53\% \end{aligned}$$

- Metil ester asam lemak kaprilat

$$\begin{aligned} \% \text{ komponen} &= \frac{2472350}{23817220} \times 100\% \\ &= 0,1038 \times 100\% \\ &= 10,36\% \end{aligned}$$

- Metil ester asam lemak kaprat

$$\begin{aligned} \% \text{ komponen} &= \frac{2547015}{23817220} \times 100\% \\ &= 0,1069 \times 100\% \\ &= 10,67\% \end{aligned}$$

- Metil ester asam lemak laurat

$$\begin{aligned} \% \text{ komponen} &= \frac{17166856}{23817220} \times 100\% \\ &= 0,7208 \times 100\% \\ &= 71,95\% \end{aligned}$$

- Metil ester asam lemak miristat

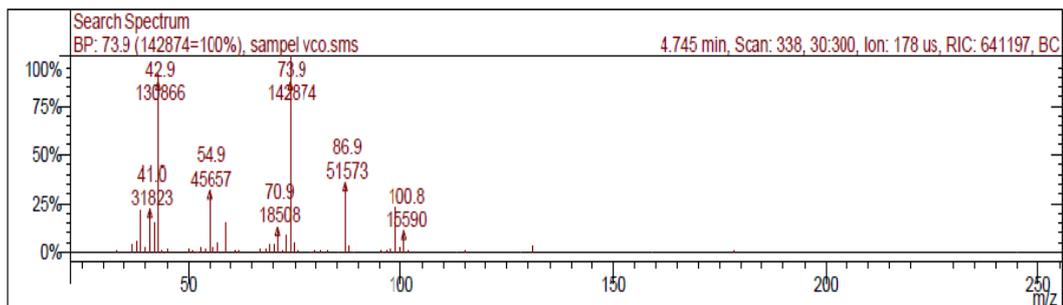
$$\begin{aligned} \% \text{ komponen} &= \frac{1266623}{23817220} \times 100\% \\ &= 0,0532 \times 100\% \\ &= 5,31\% \end{aligned}$$

- Metil ester asam lemak palmitat

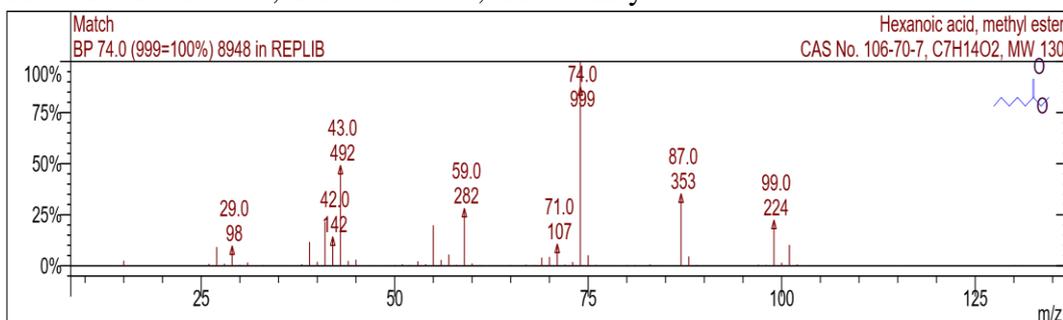
$$\begin{aligned} \% \text{ komponen} &= \frac{43816}{23817220} \times 100\% \\ &= 0,0018 \times 100\% \\ &= 0,18 \end{aligned}$$

8.3 Best 10 Hits of Search NIST Libraries for Spectrum

8.3.1 Target Spectrum $C_7H_{14}O_2$



Hit 1 R.Match: 875, F.Match: 868, Probability: 79.84



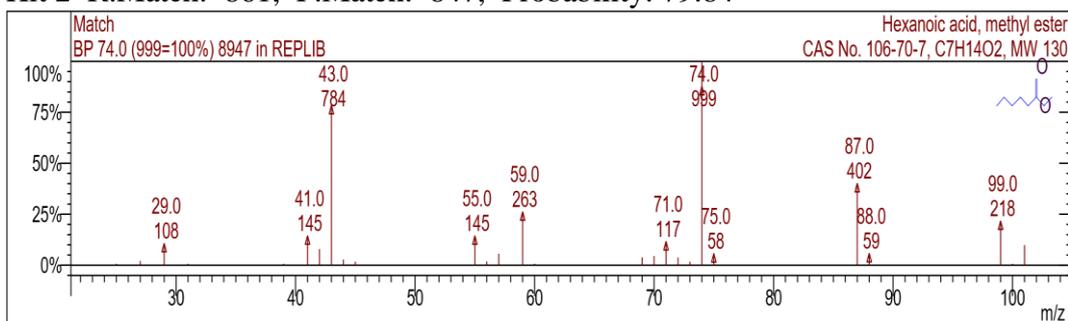
Spectrum 8946 from REPLIB Library

Name: Hexanoic acid, methyl ester

Pair Count: 69 MW: 130 Formula: $C_7H_{14}O_2$

CAS No: 106-70-7 Acquired Range: 26.0 - 131.0 m/z

Hit 2 R.Match: 861, F.Match: 847, Probability: 79.84



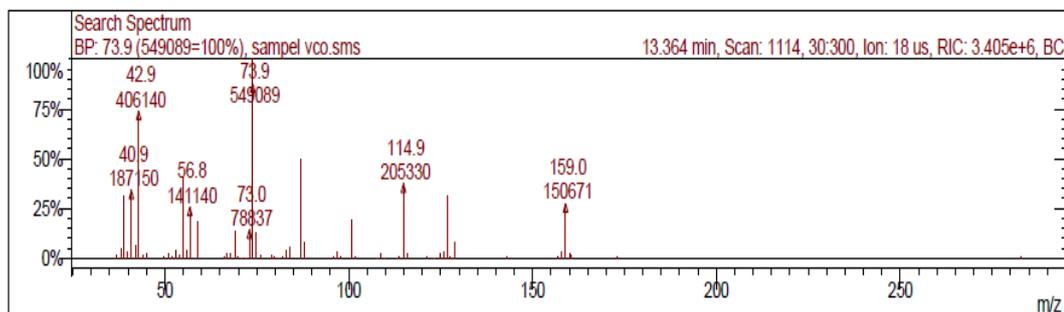
Spectrum 8947 from REPLIB Library

Name: Hexanoic acid, methyl ester

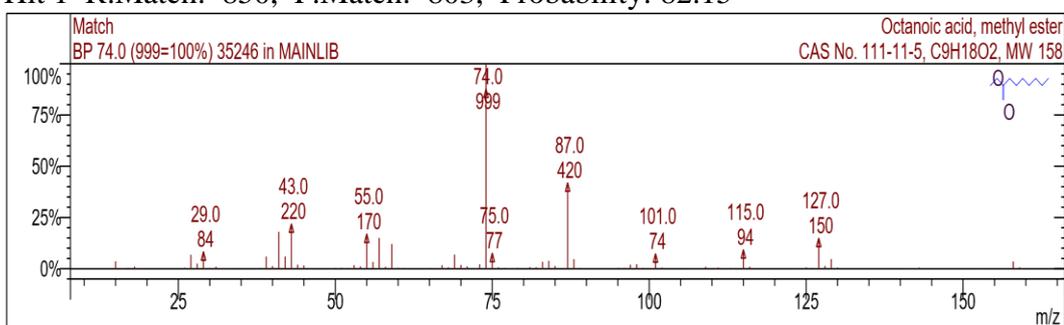
Pair Count: 27 MW: 130 Formula: $C_7H_{14}O_2$

CAS No: 106-70-7 Acquired Range: 25.0 - 101.0 m/z

8.3.2 Target Spectrum C₉H₁₈O₂



Hit 1 R.Match: 850, F.Match: 803, Probability: 82.15



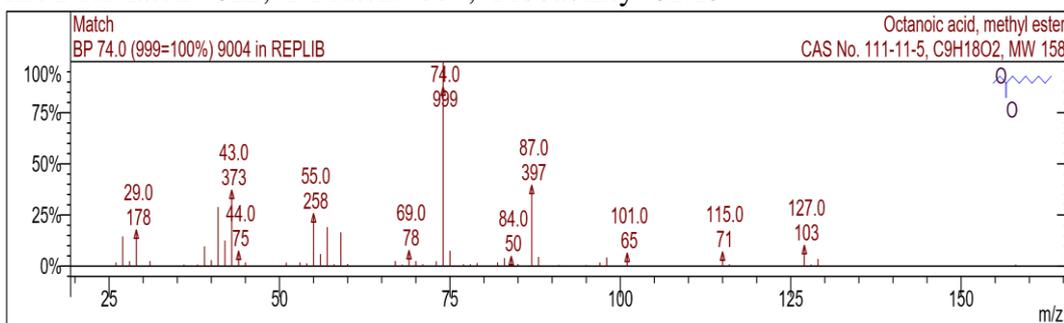
Spectrum 35246 from MAINLIB Library

Name: Octanoic acid, methyl ester

Pair Count: 83 MW: 158 Formula: C₉H₁₈O₂

CAS No: 111-11-5 Acquired Range: 15.0 - 159.0 m/z

Hit 2 R.Match: 822, F.Match: 774, Probability: 82.15



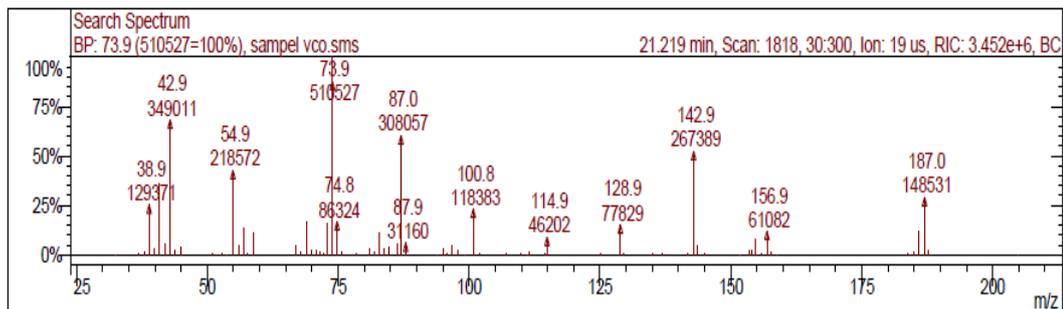
Spectrum 9004 from REPLIB Library

Name: Octanoic acid, methyl ester

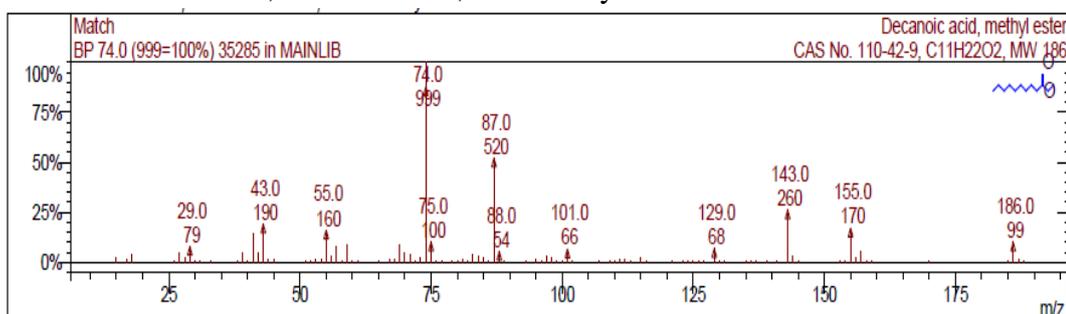
Pair Count: 55 MW: 158 Formula: C₉H₁₈O₂

CAS No: 111-11-5 Acquired Range: 26.0 - 159.0 m/z

8.3.3 Target Spectrum C₁₁H₂₂O₂



Hit 1 R. Match: 800, F.Match: 753, Probability: 31.99



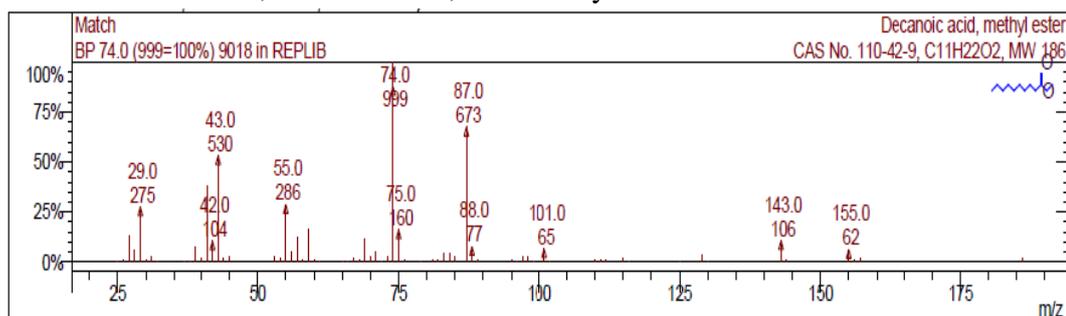
Spectrum 35285 from MAINLIB Library

Name: Decanoic acid, methyl ester

Pair Count: 98 MW: 186 Formula: C₁₁H₂₂O₂

CAS No: 110-42-9 Acquired Range: 15.0 - 188.0 m/z

Hit 2 R.Match: 805, F.Match: 720, Probability: 31.99



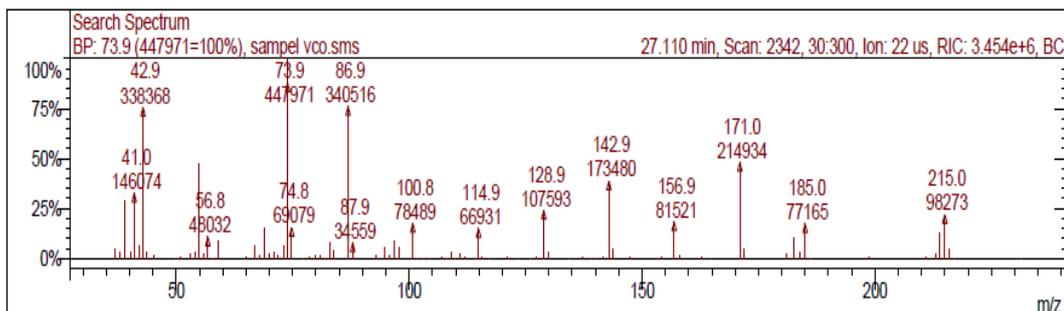
Spectrum 9018 from REPLIB Library

Name: Decanoic acid, methyl ester

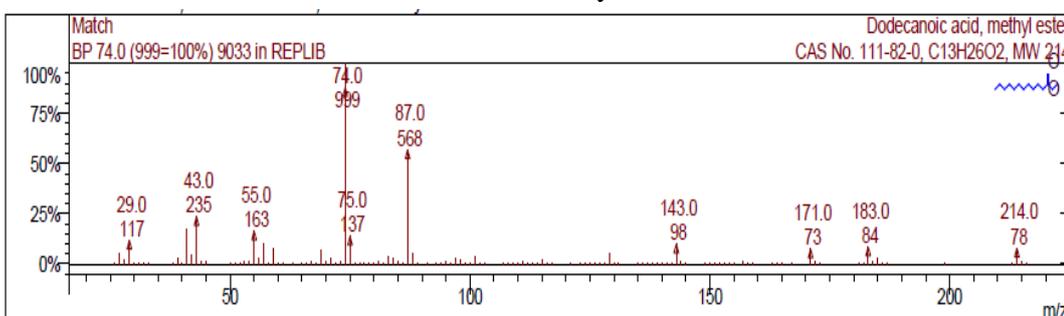
Pair Count: 68 MW: 186 Formula: C₁₁H₂₂O₂

CAS No: 110-42-9 Acquired Range: 25.0 - 186.0 m/z

8.3.4 Target Spectrum C₁₃H₂₆O₂



Hit 1 R. Match: 798, F.Match: 761, Probability: 42.77



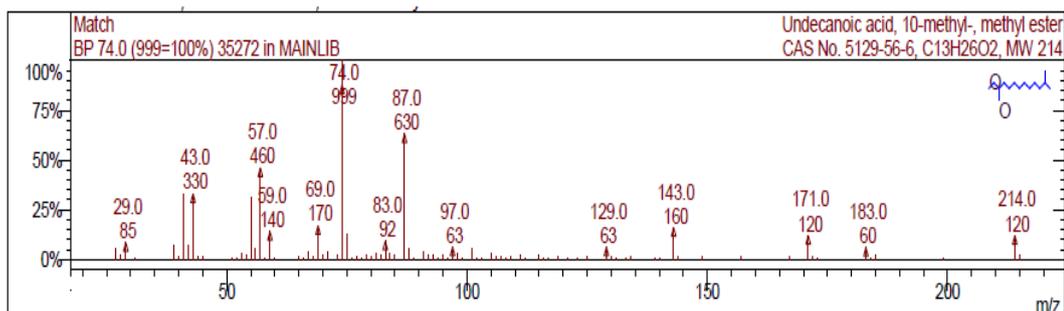
Spectrum 9033 from REPLIB Library

Name: Dodecanoic acid, methylester

Pair Count: 127 MW: 214 Formula: C₁₃H₂₆O₂

CAS No: 111-82-0 Acquired Range: 26.0 - 216.0 m/z

Hit 2 R. Match: 795, F.Match: 756, Probability: 26.77



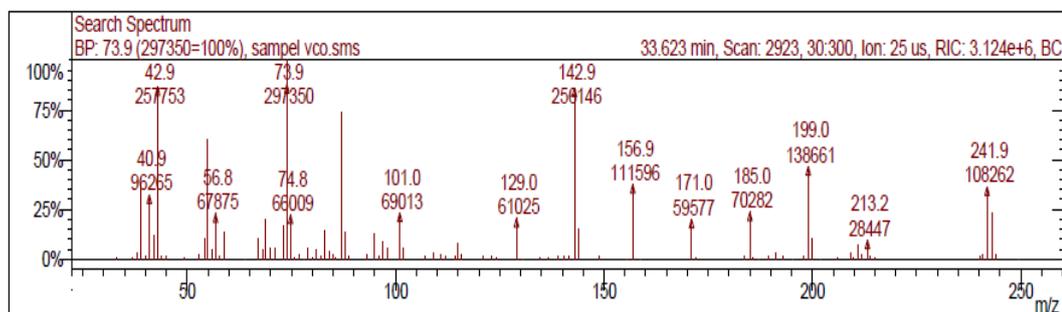
Spectrum 35272 from MAINLIB Library

Name: Undecanoic acid, 10-methyl-, methyl ester

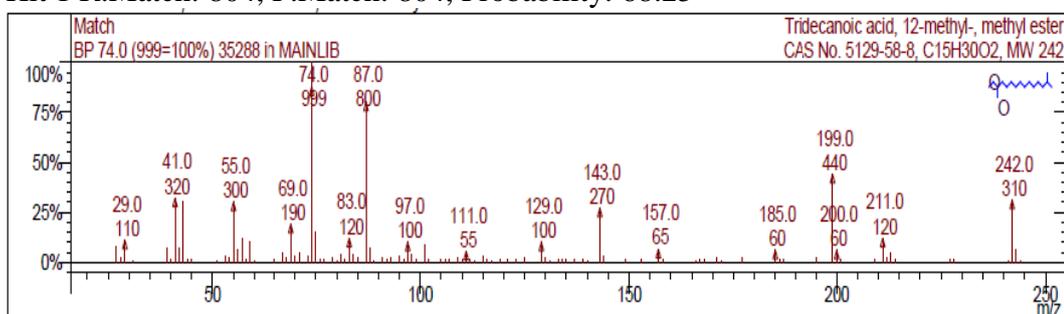
Pair Count: 91 MW: 214 Formula: C₁₃H₂₆O₂

CAS No: 5129-56-6 Acquired Range: 27.0 - 215.0 m/z

8.3.5 Target Spectrum C₁₅H₃₀O₂



Hit 1 R.Match: 804, F.Match: 804, Probability: 68.25



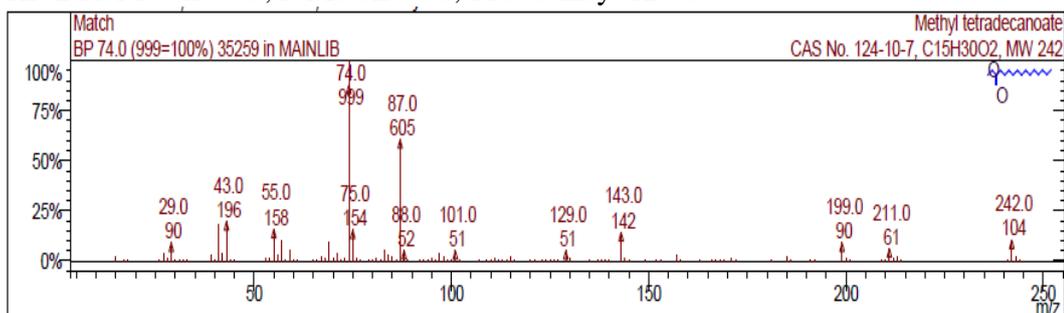
Spectrum 35288 from MAINLIB Library

Name: Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester

Pair Count: 105 MW: 242 Formula: C₁₅H₃₀O₂

CAS No: 5129-58-8 Acquired Range: 27.0 - 244.0 m/z

Hit 2 R. Match: 769, F.Match: 746, Probability: 12.56



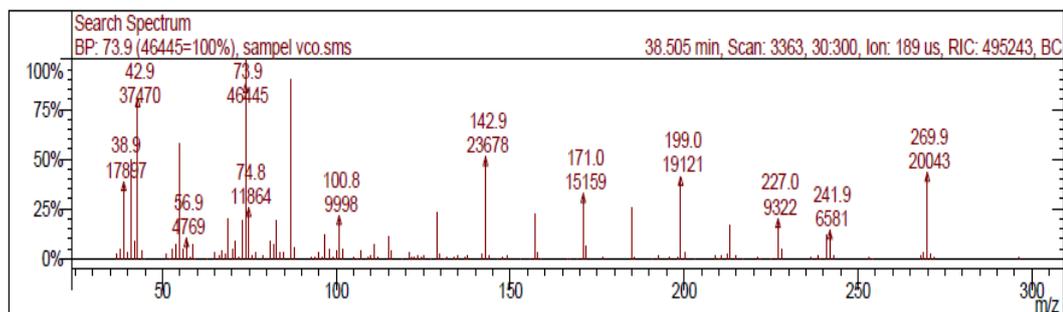
Spectrum 35259 from MAINLIB Library

Name: Methyl tetradecanoate

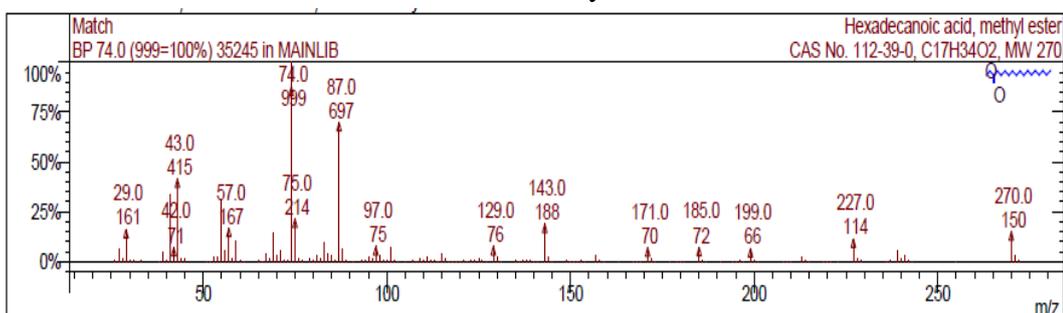
Pair Count: 118 MW: 242 Formula: C₁₅H₃₀O₂

CAS No: 124-10-7 Acquired Range: 15.0 - 244.0 m/z

8.3.6 Target Spectrum $C_{17}H_{34}O_2$



Hit 1 R.Match: 780, F.Match: 779, Probability: 49.40



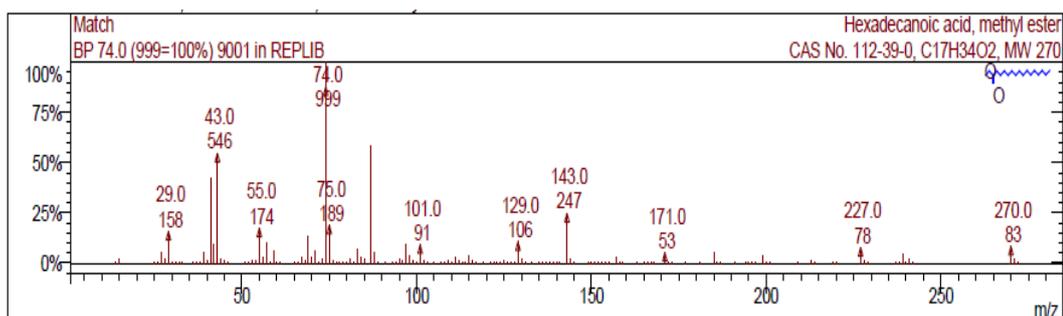
Spectrum 35245 from MAINLIB Library

Name: Hexadecanoic acid, methyl ester

Pair Count: 152 MW: 270 Formula: $C_{17}H_{34}O_2$

CAS No: 112-39-0 Acquired Range: 26.0 - 272.0 m/z

Hit 2 R. Match: 766, F.Match: 766, Probability: 49.40



Spectrum 9001 from REPLIB Library

Name: Hexadecanoic acid, methyl ester

Pair Count: 152 MW: 270 Formula: $C_{17}H_{34}O_2$

CAS No: 112-39-0 Acquired Range: 14.0 - 272.0 m/z

Lampiran 9 Dokumentasi Penelitian



Gambar L. 9.1 Hasil ekstrak kasar enzim bromelin setelah sentrifugasi



Gambar L. 9.1 Hasil ekstrak kasar enzim bromelin



Gambar L. 9.3 Hasil krim santan



Gambar L. 9.4 Krim santan dengan konsentrasi enzim sebelum tahap inkubasi



Gambar L. 9.5 Hasil krim santan setelah proses inkubasi



Gambar L. 9.6 Proses Ultrasonik



Gambar L. 9.7 Krim santan setelah ultrasonikasi



Gambar L. 9.8 Hasil pemisahan setelah sentrifugasi



Gambar L. 9.9 Desikator sampel VCO dalam uji kadar air



Gambar L. 9.10 Uji asam lemak bebas sesudah titrasi



Gambar L. 9.11 Proses pemisahan metil ester pada transesterifikasi



Gambar L. 9.12 Hasil VCO yang diperoleh