

**PEMBUATAN *VIRGIN COCONUT OIL* (VCO) DENGAN ENZIM PAPAIN
TERIMOBIL PADA MATRIKS ZEOLIT DAN BATU APUNG**

**ANDI NISRA FASIRAH
G031181336**



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**PEMBUATAN *VIRGIN COCONUT OIL* (VCO) DENGAN ENZIM PAPAIN
TERIMOBIL PADA MATRIKS ZEOLIT DAN BATU APUNG**

**ANDI NISRA FASIRAH
G031181336**



Skripsi,
disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknologi Pertanian
pada
Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan
Departemen Teknologi Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin
Makassar

**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

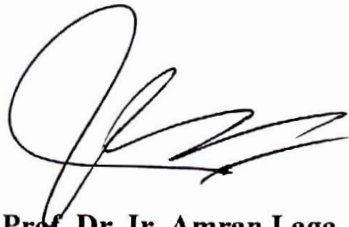
HALAMAN PERSETUJUAN

Judul skripsi : Pembuatan *Virgin Coconut Oil* (VCO) dengan Enzim Papain Terimobil pada Matriks Zeolit dan Batu Apung

Nama : Andi Nisra Fasirah

NIM : G031181336

Menyetujui:



Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS.
Pembimbing I



Dr. Ir. Andi Hasizah Mochtar, M.Si
Pembimbing II

Mengetahui:



Dr. Februadi Bastian, S.TP., M.Si
Ketua Program Studi

DEKLARASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul “Pembuatan *Virgin Coconut Oil* (Vco) dengan Enzim Papain Terimobil pada Matriks Zeolit dan Batu Apung” benar adalah karya saya dengan arahan tim pembimbing, belum pernah diajukan atau tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Saya menyatakan bahwa, semua sumber informasi yang digunakan telah disebutkan di dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

Makassar, 12 November 2022



Andi Nisra Fasirah
G031181336

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Kelapa	4
2.2. <i>Virgin Coconut Oil</i> (VCO)	4
2.3. Pembuatan VCO Metode Enzimatis	5
2.4. Kualitas VCO	5
2.5. Pepaya	7
2.6. Enzim Papain	8
2.7. Imobilisasi Enzim	9
2.8. Matriks <i>Support Zeolit</i>	10
2.9. Matriks <i>Support Batu Apung</i>	11
3. METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2. Alat dan Bahan	12
3.3. Prosedur Penelitian	12
3.3.1. Pembuatan Enzim Papain Kasar	12
3.3.2. Aktivasi Matriks Zeolit dan Batu Apung	12
3.3.3. Imobilisasi Enzim	12
3.3.4. Penyiapan Santan	13
3.3.5. Penentuan Konsentrasi Enzim Papain Imobil dan Lama Reaksi Optimal dalam Pembuatan VCO	13
3.3.6. Penentuan Jumlah Optimal Penggunaan Berulang Enzim Papain Imobil dalam Pembuatan VCO	13
3.4. Desain Penelitian	14
3.5. Rancangan Penelitian	14
3.6. Parameter Pengujian	15
3.6.1. Rendemen	15
3.6.2. Derajat Kejernihan	15
3.6.3. Kadar Air	15
3.6.4. Bilangan Iod	15
3.6.5. Bilangan Peroksida	16
3.6.6. Kadar Asam Lemak Bebas	16

3.6.7. Bilangan Penyabunan	16
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1. Pembuatan Enzim Papain Kasar	18
4.2. Imobilisasi Enzim Papain	19
4.3. Penyiapan Santan.....	21
4.4. Penentuan Konsentrasi Enzim Papain Imobil dan Lama Reaksi Optimal dalam Pembuatan VCO	22
4.4.1. Rendemen.....	23
4.4.2. Derajat Kejernihan	24
4.4.3. Kadar Air.....	25
4.4.4. Bilangan Iod	26
4.4.5. Asam Lemak Bebas.....	27
4.4.6. Bilangan Peroksida.....	29
4.4.7. Bilangan Penyabunan	30
4.5. Penentuan Penentuan Jumlah Optimal Penggunaan Berulang Enzim Papain Imobil dalam Pembuatan VCO	32
5. PENUTUP	35
5.1. Kesimpulan.....	35
5.2. Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	36
LAMPIRAN	43

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Standar kualitas VCO berdasarkan <i>International Coconut Community</i>	5
Tabel 2. Komponen asam lemak VCO berdasarkan <i>International Coconut Community</i>	6
Tabel 3. Syarat mutu VCO berdasarkan SNI 7381:2008	6
Tabel 4. Kandungan gizi buah pepaya	8
Tabel 5. Matriks perlakuan penelitian	14
Tabel 6. Pengaruh penggunaan berulang enzim imobil terhadap kualitas VCO	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Beberapa jenis metode imobilisasi enzim (Homaei <i>et al.</i> , 2013)	10
Gambar 2. Getah pepaya	18
Gambar 3. Homogenisasi getah pepaya dan larutan pengaktif	19
Gambar 4. Enzim papain kasar	19
Gambar 5. Matriks pendukung yang telah diaktivasi	20
Gambar 6. Imobilisasi enzim dengan <i>buffer</i> fosfat	20
Gambar 7. Santan yang telah terpisah dua fase	21
Gambar 8. Campuran krim santan dan enzim imobil	22
Gambar 9. Hasil inkubasi krim santan	22
Gambar 10. Model emulsi minyak dalam air pada santan (Patil dan Benjakul, 2018)	23
Gambar 11. Pengaruh konsentrasi enzim terhadap rendemen VCO	23
Gambar 12. Pengaruh konsentrasi enzim terhadap derajat kejernihan VCO	24
Gambar 13. Pengaruh waktu inkubasi terhadap derajat kejernihan VCO	25
Gambar 14. Pengaruh waktu inkubasi terhadap kadar air VCO	26
Gambar 15. Pengaruh waktu inkubasi terhadap bilangan iod VCO	27
Gambar 16. Reaksi pembentukan asam lemak bebas (Pramitha dan Juliadi, 2018)	28
Gambar 17. Pengaruh waktu inkubasi terhadap asam lemak bebas VCO	28
Gambar 18. Reaksi pembentukan peroksida (Pramitha dan Juliadi, 2018)	29
Gambar 19. Pengaruh waktu inkubasi terhadap bilangan peroksida VCO	30
Gambar 20. Reaksi penyabunan minyak (Azman <i>et al.</i> , 2018)	31
Gambar 21. Hubungan waktu inkubasi dan konsentrasi enzim terhadap bilangan penyabunan VCO	31
Gambar 22. Pengaruh penggunaan berulang enzim imobil terhadap rendemen VCO	33
Gambar 23. Pengaruh penggunaan berulang enzim imobil terhadap derajat kejernihan VCO	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	43
Lampiran 2. Data Penentuan Konsentrasi Enzim Imobil dan Waktu Inkubasi Terbaik	48
Lampiran 3. Data Penentuan Jumlah Optimum Penggunaan Berulang Enzim Imobil	59
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian	64

ABSTRAK

ANDI NISRA FASIRAH (NIM. G031181336). Pembuatan *Virgin Coconut Oil* (VCO) dengan Enzim Papain Terimobil pada Matriks Zeolit dan Batu Apung. Dibimbing oleh AMRAN LAGA dan ANDI HASIZAH MOCHTAR.

Latar belakang: *Virgin Coconut Oil* (VCO) merupakan minyak dari santan kelapa yang diperoleh tanpa proses *refining, bleaching, deodorization* (RBD) sehingga memiliki sifat teurapatik yang baik. Salah satu metode untuk ekstraksi VCO adalah secara enzimatis yang mampu menghasilkan rendemen tinggi dan kejernihan yang baik, namun memiliki kelemahan yakni enzim yang mahal dan sulit untuk dipisahkan dari produk akhir sehingga hanya dapat digunakan untuk satu kali proses saja. Hal tersebut dapat diatasi dengan imobilisasi enzim.

Tujuan: Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi enzim papain imobil dan waktu inkubasi terhadap kualitas VCO serta jumlah optimal penggunaan berulang enzim papain imobil. **Metode:** Penelitian dilakukan dua tahap, dimana tahap pertama, dilakukan pembuatan VCO dengan variasi konsentrasi enzim papain imobil sebesar 0,5%, 1%, dan 1,5% (b/v) dan variasi waktu inkubasi selama 6, 12, 18, dan 24 jam. Kombinasi perlakuan terbaik kemudian digunakan pada tahap kedua dengan melakukan pembuatan VCO dengan enzim papain imobil sebanyak delapan kali. **Hasil:** Perlakuan terbaik yang diperoleh pada tahap pertama adalah penggunaan konsentrasi enzim papain imobil sebesar 1% dan waktu inkubasi selama 6 jam dengan rendemen 24,29%; derajat kejernihan 93,53%; kadar air 0,08%; bilangan iod 9,15 g iod/100g; asam lemak bebas 0,33%; bilangan peroksida 0,85 mg ek/kg; dan bilangan penyabunan 310 mg KOH/g. Pada tahap kedua, rendemen VCO yang diperoleh menurun seiring dengan kuantitas penggunaan berulang enzim imobil yang dilakukan. VCO yang dihasilkan memiliki derajat kejernihan 90,55-96,85%; kadar air 0,15-0,27%; asam lemak bebas 0,27-0,39%; dan bilangan peroksida 0,56-1,55 mg ek/kg. **Kesimpulan:** Kombinasi perlakuan terbaik dalam pembuatan VCO adalah penggunaan konsentrasi enzim papain imobil sebesar 1% dan lama waktu inkubasi 6 jam. Jumlah optimal penggunaan berulang adalah sebanyak empat kali dengan persentase penurunan rendemen dari penggunaan pertama adalah 47,42%.

Kata Kunci: enzim papain, imobilisasi, *virgin coconut oil*

ABSTRACT

ANDI NISRA FASIRAH. (NIM G031181336). Virgin Coconut Oil Production (VCO) with Immobilized Papain Enzyme on Zeolit and Pumice Stone Matrix. Supervised by AMRAN LAGA and ANDI HASIZAH MOCHTAR.

Background: Virgin Coconut Oil (VCO) is oil from coconut milk obtained without refining, bleaching, or deodorization (RBD) processes so it has good therapeutic properties. One of the methods for VCO extraction is enzymatically capable of producing high yields and good clarity but has the disadvantage that the enzymes are expensive and difficult to separate from the final product so they can only be used for one process. This can be overcome by the immobilization of enzymes. **Aim:** This study was conducted with the aim of knowing the effect of immobilized papain enzyme concentration and incubation time on VCO quality and the optimal number of repeated uses of immobilized papain enzyme. **Method:** The study was carried out in two stages, where the first stage was making VCO with variations in the concentration of immobilized papain enzymes of 0.5%, 1%, and 1.5% (w/v) and variations in incubation time for 6, 12, 18, and 24 hours. The best treatment combination was then used in the second stage by making VCO with immobilized papain enzyme eight times. **Results:** The best treatment obtained in the first stage was the use of an immobilized papain enzyme concentration of 1% and an incubation time of 6 hours with a yield of 24.29%; degree of clarity 93.53%; water content 0.08%; iodine number 9.15 g iodine/100g; free fatty acids 0.33%; peroxide number 0.85 mg ek/kg; and the saponification number is 310 mg KOH/g. In the second stage, the yield of VCO obtained decreased along with the quantity of repeated use of the immobilized enzyme. The resulting VCO has a degree of clarity of 90.55-96.85%; water content of 0.15-0.27%; free fatty acids of 0.27-0.39%; and peroxide number is 0.56-1.55 mg ek/kg. **Conclusion:** The best combination of treatments in making VCO is the use of 1% immobilized papain enzyme concentration and 6 hours incubation time. The optimal number of repeated uses is four times with the percentage decrease in yield from the first use is 47.42%

Keywords: papain enzyme, immobilization, virgin coconut oil

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kelapa merupakan komoditas perkebunan yang memegang peranan penting dalam bidang ekonomi, sosial, dan budaya masyarakat Indonesia (Alouw dan Wulandari, 2019). Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Pengembangan Ekspor Nasional (2017) dan Direktorat Jenderal Perkebunan (2020), Indonesia menduduki peringkat pertama dalam produksi kelapa di antara negara-negara produsen dunia lainnya dengan estimasi jumlah produksi pada tahun 2021 adalah 2.777.530 ton dan nilai ekspor pada tahun 2019 sebesar 1.878.872 ton. Oleh karena itu, kelapa menjadi komoditas strategis yang penting untuk dikembangkan. Selain itu, pohon kelapa dikenal juga sebagai “*tree of life*” karena semua bagiannya dapat dimanfaatkan, baik untuk kebutuhan pangan, konstruksi, kosmetik, obat, dsb. (Lima dan Block, 2019). Ada banyak produk yang dapat dihasilkan dari buah kelapa, baik produk primer maupun sekunder, diantaranya adalah air kelapa, *copra meal*, *desiccated coconut*, *nata de coco*, bahan bakar, dan juga *virgin coconut oil* (VCO) (Direktorat Jenderal Industri Agro, 2010; Prades *et al.*, 2016).

Beberapa tahun terakhir, VCO telah menarik perhatian dunia utamanya Eropa dan Amerika karena adanya dukungan dan klaim dari peneliti, dokter, hingga selebriti dan *influencer* terkait penggunaan dan manfaat yang diperoleh dari VCO (Lima dan Block, 2019). Hal ini juga didukung oleh peningkatan kesadaran masyarakat dalam hal konsumsi pangan sehat (*healthier food*). Penelitian yang dilakukan oleh Intahpuak *et al.* (2010) menunjukkan bahwa pemberian VCO dengan dosis tertentu pada tikus percobaan menyebabkan pengurangan yang signifikan terhadap edema (pembengkakan jaringan tubuh) telinga, kaki, dan pembentukan granuloma. Hal ini menunjukkan VCO memiliki sifat antiinflamasi, analgesik, dan antipiretik. Penelitian yang dilakukan oleh Chinwong *et al.* (2017) menunjukkan bahwa konsumsi harian 30ml VCO pada orang dewasa sehat, secara signifikan meningkatkan kadar kolesterol HDL dan tidak ditemukan efek samping yang berbahaya. Penelitian lain dilakukan oleh Marina *et al.*, (2009a) dengan hasil bahwa VCO memiliki kandungan total fenolik yang cukup tinggi sebesar 11,82-28,18 mg ekuivalen asam galat (GAE)/100g minyak. Kandungan fenolik tersebut yang bertanggungjawab atas efek antiinflamasi dan tingginya sifat antioksidan VCO dan berujung pada pencegahan *cardiovascular disease* (CVD) dengan mencegah terjadinya aterosklerosis (Marina *et al.*, 2009b).

Berbeda dari minyak kelapa yang diproduksi melalui metode kering dari kopra, VCO dihasilkan melalui ekstraksi metode basah dari santan tanpa melalui proses *refining*, *bleaching*, and *deodorizing* (RBD), sehingga profil nutrisinya dapat dipertahankan (Babu *et al.*, 2014; Rohman, 2016). Prinsip dasar dalam pembuatan VCO adalah pemecahan emulsi santan atau emulsi minyak dalam air yang distabilkan oleh protein (utamanya albumin dan globulin) dalam fase air (Patil dan Bejakul, 2019). Dalam proses ekstraksi ini, diperlukan metode pemecahan emulsi yang berpotensi menghasilkan rendemen VCO yang besar. Beberapa metode ekstraksi VCO diantaranya adalah ekstraksi dingin, sentrifugasi, fermentasi, dan enzimatik (Ghani *et al.*, 2018; Rohman *et al.*, 2019). Metode yang paling umum digunakan adalah fermentasi tanpa penambahan *starter*. Metode ini mudah untuk dilakukan namun memiliki *recovery* (perolehan) minyak yang buruk sehingga kurang cocok digunakan dalam lingkup industri (Babu *et al.*, 2014). Dengan demikian, metode produksi VCO dengan hasil *recovery* dan kualitas yang baik

banyak diteliti. Berdasarkan penelitian Mohammed *et al.* (2021) diketahui bahwa metode enzimatis menghasilkan rendemen dan tingkat kecerahan VCO tertinggi dibandingkan metode fermentasi, ekstraksi kering, serta teknik *chilling and thawing*. Penelitian lain dilakukan oleh Prapun *et al.* (2016) yang membandingkan kualitas VCO dari metode ekstraksi secara fermentasi, penambahan enzim protease, dan siklus termal, dengan hasil bahwa VCO yang diekstraksi dengan metode penambahan enzim protease memiliki kandungan asam lemak tak jenuh (C18:1 dan C18:2) yang lebih tinggi, serta asam lemak bebas dan bilangan peroksida yang lebih rendah dibandingkan dua metode lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa VCO yang diperoleh dari metode enzimatis memiliki nutrisi yang lebih baik dibandingkan VCO dari metode ekstraksi secara tradisional.

Metode enzimatis disebut sebagai metode yang paling menjanjikan diantara metode-metode lain untuk mengekstraksi minyak dari santan serta dapat mengurangi waktu ekstraksi (Patil dan Benjakul, 2018). Enzim dikatakan sebagai katalis paling efisien di alam karena bersifat aktif, spesifik, dan selektif yang memungkinkan penggunaannya dalam kondisi biasa (suhu ruang) serta menghasilkan jumlah produk sampingan yang tidak banyak (Tacias-Pascacio, 2021). Meskipun begitu, penggunaan enzim memiliki kekurangan yakni sulit untuk dipisahkan dari produk akhir sehingga hanya dapat digunakan untuk satu kali proses dan membutuhkan biaya yang cukup mahal. Mengatasi hal tersebut maka dapat dilakukan teknik imobilisasi enzim dengan kelebihan yakni stabilitas yang baik, proses berkelanjutan, memungkinkan untuk pemulihan dan penggunaan kembali karena enzim dapat dipisahkan dari produk akhir, serta mengurangi biaya produksi (Yu *et al.*, 2020).

Papain adalah salah satu jenis enzim yang dapat digunakan dalam ekstraksi VCO yang diperoleh dari getah pepaya (Sheng *et al.*, 2018). Papain memiliki aktivitas kinerja yang tinggi, ketahanan suhu yang baik, aman dan non-toksik, harga yang murah serta mudah untuk diperoleh (Yu *et al.*, 2020). Sebelum ditambahkan ke dalam santan, enzim papain terlebih dahulu diimobilisasi dengan teknik adsorpsi secara fisik menggunakan padatan pendukung seperti zeolit dan batu apung. Penggunaan enzim papain dalam pembuatan VCO telah dilakukan oleh Mohammed *et al.* (2021) dengan hasil *recovery* sebesar 62%, kadar air 0,15%, viskositas 49 cP, dan FFA 0,2%. Penelitian lain oleh Yulirohyami *et al.* (2022) menggunakan enzim papain untuk hidrolisis santan menghasilkan nilai rendemen sebesar 24,30%. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian pembuatan VCO dengan teknik imobilisasi enzim papain menggunakan zeolit dan batu apung.

1.2. Rumusan Masalah

Pembuatan VCO secara enzimatis telah banyak dikembangkan karena dapat menghasilkan VCO dengan rendemen yang tinggi dan kualitas baik dalam waktu yang cukup cepat. Meskipun begitu, metode ini juga memiliki kelemahan seperti harga enzim yang mahal dan sulit untuk dipisahkan dari produk akhir sehingga hanya dapat digunakan untuk satu kali proses saja. Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan teknik imobilisasi enzim. Berdasarkan penelitian Alpay *et al.* (2015) yang membandingkan konstanta kinetik, stabilitas pH, termal, operasional, dan penyimpanan dari papain bebas dan papain imobil diketahui bahwa bentuk papain imobil jauh lebih stabil daripada bentuk papain bebas. Sama seperti penggunaan enzim dalam proses produksi lainnya, pembuatan VCO dengan enzim papain dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya konsentrasi enzim dan lama reaksi atau inkubasi. Menurut Tacias-Pascacio (2021),

aktivitas enzim imobil akan berkurang seiring dengan penggunaan berulang yang dilakukan. Oleh karena itu, pengaruh konsentrasi enzim imobil dan waktu inkubasi terhadap kualitas VCO serta jumlah optimal penggunaan berulang enzim imobil perlu untuk diketahui.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian adalah untuk menghasilkan metode pembuatan VCO dengan imobilisasi enzim yang efisien dalam produksi VCO dengan kualitas yang baik. Adapun tujuan khusus penelitian adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi enzim papain imobil dan waktu inkubasi terhadap kualitas VCO
2. Untuk mengetahui jumlah optimal penggunaan berulang enzim papain imobil dalam pembuatan VCO

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi tentang pemanfaatan getah pepaya sebagai sumber enzim papain serta sebagai referensi dalam pembuatan atau penelitian terkait produksi VCO dengan enzim terimobil.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera* Linnaeus) merupakan tanaman perkebunan yang tumbuh di negara-negara tropis utamanya Asia seperti Filipina, Indonesia, India, Sri Lanka, dan Thailand (Prades *et al.*, 2016). Menurut Mardiatmoko dan Ariyanti, (2011) taksonomi kelapa diklasifikasikan ke dalam Kingdom (*Plantae*), Divisi (*Spermatophyta*), Kelas (*Monocotyledonae*), Ordo (*Palmales*), Famili (*Palmae*), Genus (*Cocos*), dan Spesies (*Cocos nucifera* L.). Ciri morfologi kelapa yakni memiliki batang keras yang tumbuh lurus ke atas atau melengkung ke arah matahari, daun terdiri dari tangkai dan pelepah daun yang memiliki helai dan berliidi pada bagian tengah, serta berakar serabut. Pada usia 4-8 tahun, dari ketiak daun akan tumbuh manggar yang tertutupi seludang (*spadix*) dan ditumbuhi bunga yang berwarna putih kekuningan. Kisaran 3-4 minggu setelah seludang membuka, bunga betina yang sudah dibuahi akan tumbuh menjadi bakal buah kelapa (Mardiatmoko dan Ariyanti, 2011).

Kelapa disebut juga sebagai pohon kehidupan (*tree of life*) karena hampir seluruh bagiannya dapat dimanfaatkan dalam kehidupan (FAO, 2002). Bagian batang digunakan sebagai bahan untuk bangunan dan perabotan, bagian daun sebagai pembungkus makanan dan bahan anyaman serta sapu lidi, akar sebagai bahan pembuatan bir, serta buah sebagai bahan dalam pembuatan makanan, minuman, anyaman, matras, dan masih banyak lagi (Winarno, 2015). Buah kelapa terdiri dari sabut, tempurung, daging buah, dan air kelapa (UNDP dan ILO, 2013). Menurut Marcus (2013), dalam 100g daging buah kelapa segar mengandung 354 kalori, 15g karbohidrat, 9g serat, 3g protein, 33g lemak total, 30g lemak jenuh, 1,4g lemak tak jenuh tunggal, 0,4g lemak tak jenuh ganda, dan 0 mg kolesterol.

2.2. *Virgin Coconut Oil (VCO)*

Dibandingkan dengan minyak kelapa dari kopra, *virgin coconut oil* (VCO) lebih dikenal karena sifat terapeutiknya. Hal ini disebabkan karena dalam pembuatannya, VCO tidak mengalami proses *refining*, *bleaching*, dan *deodorizing* (RBD) yang menjadi penyebab tingginya asam lemak bebas dan adanya kontaminasi aflatoksin pada minyak kelapa (Marina *et al.*, 2009). Menurut *International Coconut Community* (ICC) (2021), berbeda dengan minyak kelapa, VCO diperoleh dari kernel kelapa matang dengan cara mekanis atau alami dengan atau tanpa menggunakan panas, sehingga tidak menyebabkan perubahan sifat fisikokimia minyak.

Berdasarkan penelitian Ghani *et al.*, (2018), diketahui bahwa VCO mengandung total *medium chain fatty acids* (MCFA) sebesar 65,7-71,3% yang didominasi oleh asam laurat sebesar 48,40-52,84% dan sisanya adalah asam miristat, palmitat, kaprat, stearate, oleat, dan asam linoleat yang bersifat mudah untuk dicerna. Kandungan MCFA menyebabkan VCO memiliki banyak manfaat kesehatan seperti menghaluskan dan melembabkan kulit, pertumbuhan rambut, mengatasi diare, obesitas, dan masalah gastrointestinal, serta mengobati luka (Mansor *et al.*, 2012). Selain itu, VCO juga mengandung vitamin, asam amino, antioksidan, senyawa antimikroba dan antivirus (Ghani *et al.*, 2018).

Berbagai metode untuk membuat VCO telah dilaporkan, diantaranya adalah ekstraksi pelarut, metode kering, dan metode basah. Penggunaan pelarut memiliki beberapa kelemahan yakni kualitas hasil yang rendah, bahaya lingkungan, dan kemanan yang buruk (Argawal dan

Bosco, 2017). Metode kering dilakukan dengan cara pengepresan kernel untuk mendapatkan minyak (Ghani *et al.*, 2018). Adapun metode basah, minyak diekstraksi melalui santan baik dengan pemanasan atau tanpa pemanasan seperti metode *chilling, freezing, and thawing*, sentrifugasi, fermentasi, dan enzimatis. Pembuatan VCO tanpa pemanasan akan menghasilkan VCO dengan kualitas yang lebih baik karena karakteristik fungsionalnya dapat dipertahankan (Argawal dan Bosco, 2017).

2.3. Pembuatan VCO Metode Enzimatis

Virgin coconut oil (VCO) dibuat dari santan sebagai bahan utama (Harimurti *et al.*, 2020). Santan merupakan emulsi minyak dalam air (O/W) yang distabilkan oleh protein sebagai emulgator. Emulsi santan mengandung lima fraksi protein yaitu albumin, globulin, prolamin, glutelin-1, dan glutelin-2. Oleh karena itu, salah satu cara untuk ekstraksi VCO adalah demulsifikasi santan menjadi fase komponennya dengan memecah protein santan (Soo *et al.*, 2020). Enzim yang dapat digunakan adalah protease atau proteolitik karena dapat menghidrolisis ikatan peptida pada substrat protein. Enzim protease dapat diproduksi oleh mikroba (*Bacillus licheniformis*), fungsi, serangga, serta tumbuhan seperti papaya (papain) dan nanas (bromelin) (Rahmawati *et al.*, 2019).

Enzim akan memecah emulsi santan sehingga terbentuk tiga lapisan yakni minyak, padatan, dan air (Sinaga *et al.*, 2017a). Minyak atau VCO yang dihasilkan kemudian dapat dengan mudah dikumpulkan. Ada banyak keuntungan penggunaan metode enzimatis dalam produksi VCO karena memiliki sifat non toksik, mempercepat reaksi, dan aktif pada konsentrasi rendah. Kecepatan reaksi dapat dikendalikan dengan mengatur suhu, pH, dan konsentrasi enzim. Lebih lanjut, penggunaan enzim dalam produksi VCO merupakan bahan alami yang bersifat ramah lingkungan (Harimurti *et al.*, 2020).

2.4. Kualitas VCO

Standar internasional untuk kualitas VCO ditetapkan oleh *Asian and Pacific Coconut Community* (APCC) yang kemudian berubah nama menjadi *International Coconut Community* (ICC). Adapun standar nasional VCO ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN).

Tabel 1. Standar kualitas VCO berdasarkan *International Coconut Community*

Parameter	Spesifikasi
Kadar air dan kotoran (%)	Maks. 0,1
Senyawa volatil pada suhu 120°C (%)	Maks. 0,2
Asam lemak bebas (%)	Maks. 0,2
Bilangan peroksida (meq/kg)	Maks. 3
Kepadatan/Densitas relatif	0,915 - 0,920
Indeks bias (T= 40°C)	1,4480 - 1,4492
Kotoran yang tidak larut % massa	Maks. 0,05
Nilai saponifikasi (Mg KOH/g minyak)	250 - 260 min

Parameter	Spesifikasi
Nilai iodin (Wijs)	4,1 – 11
Materi yang tidak tersaponifikasi % massa	0,2 - 0,5
Berat jenis pada 30 deg./30°C	0,915 - 0,920
Nilai polenske, min	13
<i>Total Plate Count</i>	< 0,5
Warna	Jernih
Bau dan rasa	Aroma kelapa segar alami, bebas endapan, bebas bau dan rasa tengik
Zat besi (Fe) (mg/kg)	Maks. 5
Tembaga (Cu) (mg/kg)	Maks. 0,4
Timbal (Pb) (mg/kg)	Maks. 0,1
Arsenik (As) (mg/kg)	Maks. 0,1

(International Coconut Community, 2021).

Tabel 2. Komponen asam lemak berdasarkan *International Coconut Community*

Asam Lemak	Komposisi	%
Asam kaproat	C6:0	0,10 – 0,95
Asam kaprilat	C8:0	4 – 10
Asam kaprat	C10:0	4 – 8
Asam laurat	C12:0	45 – 56
Asam miristat	C14:0	16 – 21
Asam palmitat	C16:0	7,5 – 10,2
Asam stearate	C18:0	2 – 4
Asam oleat	C18:1	4,5 – 10
Asam linoleat	C18:2	0,7 – 2,5

(International Coconut Community, 2021).

Tabel 3. Syarat mutu VCO berdasarkan SNI 7381:2008

No	Jenis uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan:		
	1.1 Bau		Khas kelapa segar, tidak tengik
	1.2 Rasa		Normal, khas minyak kelapa

No	Jenis uji	Satuan	Persyaratan
			Tidak berwarna hingga kuning pucat
1.3	Warna		
2	Air dan senyawa yang menguap	%	Maks. 0,2
3	Bilangan iod	g iod/ 100 g	4,1 – 11,0
4	Asam lemak bebas (dihitung sebagai asam laurat)	%	Maks. 0,2
5	Bilangan peroksida	mg ek/kg	Maks 2,0
6	Asam lemak:		
6.1	Asam kaproat	%	ND – 0,7
6.2	Asam kaprilat	%	4,6 – 10,0
6.3	Asam kaprat	%	5,0 – 8,0
6.4	Asam laurat	%	45,1 – 53,2
6.5	Asam miristat	%	16,8 – 21
6.6	Asam palmitat	%	7,5 – 10,2
6.7	Asam stearate	%	2,0 – 4,0
6.8	Asam oleat	%	5,0 – 10,0
6.9	Asam linoleat	%	1,0 – 2,5
6.10	Asam linolenat	%	ND – 0,2
7	Cemaran mikroba		
7.1	Angka lempeng total	koloni /ml	Maks 10
8	Cemaran logam:		
8.1	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks 0,1
8.2	Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks 0,4
8.3	Besi (Fe)	mg/kg	Maks 5,0
8.4	Cadmium (Cd)	mg/kg	Maks 0,1
9	Cemaran arsen	mg/kg	Maks 0,1

CATATAN ND = *No Detection* (tidak terdeteksi)

(Standar Nasional Indonesia 7381:2008).

2.5. Pepaya

Papaya (*Carica papaya* L.) merupakan tanaman tahunan yang berasal dari Amerika tropis dan telah menyebar ke berbagai daerah tropis lainnya di seluruh dunia termasuk Indonesia. Taksonomi papaya diklasifikasikan ke dalam Kingdom (*Plantae*), Divisi (*Magnoliophyta*), Kelas (*Magnoliopsida*), Ordo (*Violales*), Famili (*Caricaceae*), Genus (*Carica*), dan Spesies (*Carica papaya* L.) (Hamzah, 2014). Beberapa varietas papaya yang tersebar di Indonesia diantaranya sri gading, sari rona, merah delima, dan callina. Secara morfologi, tanaman papaya

memiliki batang yang lunak, berongga, tidak berkayu, tidak bercabang, dan memiliki bekas tangkai daun rontok. Pada ujung batang, tangkai daun yang cukup panjang, memiliki daun dengan bentuk menjari. Adapun buah pepaya berbentuk bulat memanjang, berwarna hijau saat muda dan menjadi kuning kemerahan ketika matang, dengan daging buah yang cukup tebal dan memiliki rongga yang berisi biji. Biji pepaya berbentuk bulat keriput, dibungkus oleh kulit ari transparan berwarna putih saat muda dan kehitaman ketika matang (Bakar dan Ratnawati, 2017; Oktofani dan Suwandi, 2019).

Buah pepaya banyak disukai karena rasanya yang manis dan mengandung berbagai nutrisi yang penting untuk kesehatan (Febjislami *et al.*, 2018). Misalnya saja kandungan flavonoid, karotenoid, vitamin C dan E berperan sebagai antioksidan dan mencegah radikal bebas penyebab kanker. Selain itu, kandungan seratnya dapat melancarkan pencernaan, menurunkan berat badan, serta mencegah diare, maag, dan sembelit (Nurhayati *et al.*, 2021). Kandungan gizi dalam 100g buah pepaya disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4. Kandungan gizi buah pepaya

Kandungan gizi (nutrisi)	Jumlah
Kalori	46,00 kal.
Serat	0,7 g
Protein	0,50 g
Lemak	-
Karbohidrat	12,20 g
Fosfor	12,00 mg
Zat besi	1,70 mg
Vitamin A	365,00 S.I
Vitamin B1	0,04 mg
Vitamin C	78,00 mg
Air	86,70 g
Kalsium	23,00 mg

(Direktorat Gizi, Kemenkes RI, 2012 dalam Bakar dan Ratnawati, 2017).

2.6. Enzim Papain

Papain (EC 3.4.22.2) merupakan enzim yang terdapat dalam getah pepaya baik pada buah, batang, dan daun serta termasuk dalam kelompok enzim protease (Amalia *et al.*, 2013). Menurut Amri dan Mamboya (2012) semakin hijau atau muda buah pepaya, maka semakin aktif pula enzim papain yang terkandung di dalamnya. Enzim ini termasuk kelompok protease sistein dan berperan dalam katalisis pemecahan rantai polipeptida pada protein dengan menghidrolisis ikatan peptida menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti peptida dan asam amino (Andaka dan Fitri, 2017).

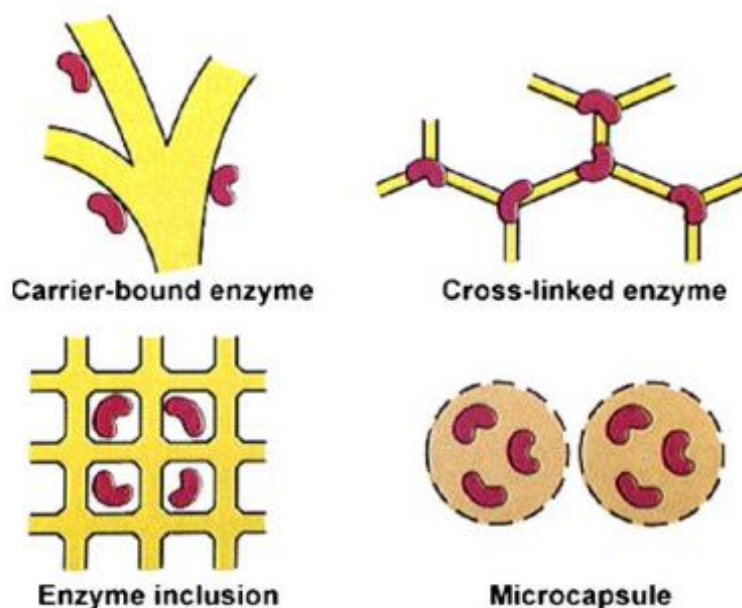
Enzim papain memiliki berat molekul 23,4 kDa dan tersusun dari 212 residu sistein endopeptidase yang distabilkan oleh tiga jembatan disulfida. Struktur tiga dimensinya menampilkan protein globular dan terdiri dari dua domain struktural yang berbeda dengan adanya celah diantaranya. Celah tersebut berisi sisi aktif (*active site*) yang mengandung diad katalitik yang telah disamakan dengan triad katalitik krimotipsin. Diad katalitik terdiri dari asam amino-sistein-25 dan histidin-159. Papain memiliki aktivitas endopeptidase spektrum luas pada pH 5-8 dengan suhu optimum 65°C (Amri dan Mamboya, 2012; Lucas *et al.*, 2017).

2.7. Imobilisasi Enzim

Salah satu kelemahan penggunaan enzim dalam bentuk terlarut adalah relatif tidak stabil terhadap perubahan lingkungan seperti suhu dan pH, serta sulit untuk dipisahkan di akhir reaksi sehingga hanya dapat digunakan untuk satu kali reaksi saja. Hal ini dapat diatasi dengan teknik imobilisasi enzim (Wardoyo dan Kartika, 2017). Imobilisasi enzim merupakan teknik melokalisasi atau memerangkap enzim pada bahan yang stabil dan tidak larut, dengan tetap mempertahankan aktivitas katalitiknya agar dapat diaplikasikan dalam sistem proses yang berkelanjutan (Sutrisno, 2017). Keadaan enzim yang terperangkap menyebabkan pergerakan molekul enzim dalam ruang ditahan, namun terbentuk sistem enzim yang aktif, tidak larut, dan tidak berdifusi ke dalam campuran reaksi sehingga enzim dapat digunakan secara berulang. Lebih lanjut, Lucas *et al.* (2017) menjelaskan bahwa imobilisasi enzim menjadi dasar yang sangat baik dalam meningkatkan stabilitas dan waktu paruh enzim (waktu yang dibutuhkan enzim untuk berinteraksi dengan substrat yang menyebabkan penurunan 50% aktivitas enzim), efisiensi biaya, serta menyederhanakan proses hilir.

Menurut Sutrisno (2017), proses imobilisasi enzim dapat dikelompokkan menjadi tiga metode yakni *entrapment*, *carrier binding*, dan *cross linking*. *Entrapment* atau penjebakan merupakan metode imobilisasi melalui penempatan/lokalisasi enzim dalam matriks polimer atau membran sehingga enzim terperangkap namun dapat dilewati oleh substrat. Metode ini dibagi lagi menjadi dua yakni pemerangkapan dalam matriks serta mikrokapsul. Adapun bahan atau matriks *support* yang biasa digunakan diantaranya adalah alginat, karagenan, kolagen, kitin, kitosan, dan karbon aktif. (Harahap, 2020).

Metode *carrier-binding* merupakan metode pengikatan enzim pada *carrier* atau matriks yang tidak larut dalam air. Metode ini terbagi menjadi tiga berdasarkan jenis ikatan yang terjadi antara enzim dengan matriks yakni adsorpsi fisik dengan ikatan Van der Waals, *ionic-binding* atau ikatan ionik, dan *covalent-binding* atau ikatan kovalen. *Carrier* atau matriks yang dapat digunakan diantaranya adalah karbon aktif, silica gel, DEAE-selulosa, TEAE-selulosa, diazonium, dan isosianat. Adapun metode *cross-linking* merupakan metode imobilisasi dengan pengikatan silang antara enzim dan *carrier* membentuk struktur jaringan tiga dimensi yang berinteraksi (Sutrisno, 2017). Beberapa metode imobilisasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Beberapa jenis metode imobilisasi enzim (Homaei *et al.*, 2013)

2.8. Matriks *Support Zeolit*

Zeolit merupakan material kristal mikropori anorganik yang banyak digunakan di berbagai industri. Sifat struktural dan kimianya yang unik menjadi dasar pengaplikasian zeolit sebagai katalisator, adsorben, penukar ion, dan penyaring molekul (Li *et al.*, 2015). Zeolit termasuk jenis mineral kristal alumino silikat dengan struktur yang tersusun dari unit tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ dan $[\text{AlO}_4]^{5-}$ yang saling terhubung oleh atom-atom oksigen membentuk kerangka tiga dimensi terbuka, dan mengandung kanal/rongga, yang didalamnya terisi oleh ion-ion logam, (kation alkali dan alkali tanah, logam transisi, lantanida) dan molekul air yang dapat bergerak bebas (Speybroeck *et al.*, 2015). Rumus empiris zeolite adalah $\text{M}_{x/n} [(\text{AlO}_2)_x(\text{SiO}_2)_y] \cdot z\text{H}_2\text{O}$, dengan n adalah valensi logam M, z adalah jumlah molekul air dalam masing-masing unit. Adapun x dan y adalah masing-masing jumlah alumina dan silika (Ginting *et al.*, 2007).

Berdasarkan proses pembentukannya, zeolit dibagi menjadi dua jenis yakni zeolit alam dan zeolit sintetis. Zeolit alam, terbentuk secara alami karena adanya proses hidrotermal pada batuan beku basa atau terbentuk melalui proses endapan dari aktivitas vulkanik yang banyak mengandung silika. Zeolit alam biasanya dijumpai mengisi celah-celah atau rekahan dari batuan, dengan komposisi kimia tergantung pada kondisi hidrotermal lingkungannya sehingga menyebabkan zeolit yang diambil dari lokasi berbeda memiliki kombinasi mineral dan impuritas yang berbeda pula. Zeolit alam memiliki harga yang lebih murah daripada zeolit sintetis namun mengandung banyak pengotor atau oksida bebas di permukaan seperti Na_2O , K_2O , CaO , dan MgO yang dapat menutup pori-pori atau situs aktif zeolit serta kristalinitasnya kurang baik (Mahaddila dan Putra, 2013). Oleh karena itu, diperlukan proses aktivasi atau modifikasi untuk memperbaiki karakteristik zeolit alam seperti meningkatkan luas permukaan dan keasaman agar aktivitas katalitik zeolit juga meningkat. (Lestari, 2010). Proses aktivasi dapat dilakukan secara fisik melalui pengecilan ukuran butri, pengayakan, dan pemanasan suhu tinggi atau secara kimia dengan pengasaman (Lestari, 2010). Umumnya, zeolit alam mengandung mineral klinoptilolit, mordenit, chabazite, dan erionite. Adapun karakteristik

fisiknya adalah berwarna putih keabu-abuan, putih kehijauan, atau putih kekuningan dengan densitas 2,0-2,3 g/cm³ berbentuk halus dan lunak (Mahaddila dan Putra, 2013).

Adapun zeolit sintesis merupakan hasil rekayasa yang umumnya menggunakan prosedur hidrotermal dimana digunakan gel sintesis encer yang mengandung sumber Si, Al, dan kation yang sesuai lalu diberi perlakuan pH tinggi, suhu dan tekanan sedang hingga bahan perlahan mengkristal (Speybroeck *et al.*, 2015). Zeolit sintetis memiliki kemurnian yang lebih tinggi dibandingkan dengan zeolite alam serta memiliki rasio Si/Al yang dapat disusun sesuai kebutuhan untuk memperoleh material zeolit dengan karakteristik yang diinginkan. Zeolit termasuk zat padat berongga sehingga memiliki sifat sebagai adsorben. Zeolit terlebih dahulu didehidrasi melalui proses pemanasan, agar air yang terkandung dalam pori atau rongga zeolit lepas. Kristal zeolit yang telah terdehidrasi akan menjadi adsorben yang selektif dan mempunyai efektivitas adsorpsi yang tinggi (Mahaddila dan Putra, 2013).

2.9. Matriks Support Batu Apung

Batu apung (*pumice*) merupakan material yang terbentuk dari hasil letusan eksplosif atau aktivitas vulkanik gunung api. Letusan gunung api akan mengeluarkan material hasil erupsi berupa gas vulkanik, lava, dan material vulkanik lastik, yang kemudian mengalami pembekuan dan terakumulasi membentuk endapan piroklastik. Material piroklastik mengandung buih gelas alam dan gas-gas vulkanik yang terperangkap karena lava mengalami pembekuan secara tiba-tiba (Ridha, 2016). Proses ini menyebabkan terbentuknya sel-sel akibat adanya buih dari gelembung-gelembung ber dinding gelas dan membentuk tekstur berpori-pori (Khorunnisa dan Santoso, 2015). Batu apung berwarna putih keabu-abuan, kekuningan, sampai merah dengan tekstur vesikuler, ukuran lubang bervariasi, tersusun memanjang dan paralel antara satu dengan yang lain serta terkadang saling terhubung sehingga memiliki porositas dan sifat vesikular yang tinggi. Jenis mineral yang terdapat dalam batu apung adalah feldspar, kuarsa, obsidian, kristobalit, dan tridimit (Ridha, 2016).

Batu apung telah banyak digunakan untuk berbagai aplikasi di berbagai bidang. Pada bidang konstruksi, batu apung digunakan sebagai bahan baku campuran dalam membuat beton dan bata ringan. Pada industri kimia, digunakan sebagai *chemical carrier*, pemicu korek api belerang, serta media filtrasi. Secara luas, batu apung juga digunakan dalam industri cat, logam dan plastic, kosmetik dan odol, serta komponder, karet, dan elektronika. Batu apung yang digunakan sebagai *chemical carrier* umumnya memiliki derajat ukuran butir yang kasar yakni sekitar 8-30 mesh (Ridha, 2016).