

**PEMISAHAN DAN PEMURNIAN TOKOFEROL PADA *CRUDE PALM OIL*
(CPO) DENGAN METODE SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS DAN *HIGH
PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY* (HPLC)**

(Skripsi)

Oleh

**RADITYA ADAM NARENDRA
2167011001**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PEMISAHAN DAN PEMURNIAN TOKOFEROL PADA *CRUDE PALM OIL* (CPO) DENGAN MENGGUNAKAN METODE *HIGH PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY* (HPLC)

Oleh

Raditya Adam Narendra

Crude Palm Oil (CPO) mengandung vitamin E (tokoferol dan tokotrienol). Tokoferol memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi dan bermanfaat untuk industri farmasi serta industri kosmetik. Tokoferol dalam CPO masih bercampur dengan senyawa lain. Penelitian ini bertujuan untuk memisahkan dan memurnikan senyawa tokoferol pada CPO dengan kromatografi kolom, serta melakukan analisis kualitatif dan kuantitatif menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC).

Pemisahan tokoferol pada CPO menggunakan kromatografi kolom dengan fase diam: silika gel, dan fase gerak: n-heksan: etil asetat, dengan 5 perbandingan komposisi (10:0, 9:1, 8:2, 7:3, 6:4). Fraksi yang dihasilkan diidentifikasi dengan Kromatografi Lapis Tipis (KLT) menggunakan visualisasi reagen *Lieberman Buchard*. Fraksi yang menunjukkan positif terpenoid dan mempunyai nilai *Retention factor* (*R_f*) mirip dengan standar tokoferol diukur λ_{max} menggunakan spektrofotometer UV-Vis, kemudian dianalisis menggunakan HPLC dengan fasa diam Kinetex™ C18 (5 μm , 150 $\times$ 4,6 mm), fase gerak (85% metanol, 7,5% etanol dan 7,5% asetonitril), suhu kolom 40°C laju alir 1 mL/menit, detektor PDA.

Hasil spektrofotometer UV-Vis, λ_{max} tokoferol pada sampel 280 nm, dan λ_{max} tokoferol pada standar 283 nm. Analisis HPLC menunjukkan satu puncak pada standar dengan waktu retensi yaitu 7,8 menit dan waktu retensi pada sampel yakni 6,9 menit, nilai-nilai tersebut mendekati nilai waktu retensi yang ada pada referensi yaitu pada waktu sekitar 8 menit, hasil ini menunjukkan adanya isomer tokoferol dalam sampel, dengan konsentrasi yang didapatkan sebesar 0,23 %.

Kata Kunci: CPO, tokoferol, Kromatografi kolom, Spektrofotometri UV-Vis, HPLC.

ABSTRACT

SEPARATION AND PURIFICATION OF TOCOFEROLS IN CRUDE PALM OIL (HACPO) USING HIGH PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY (HPLC) METHOD

By

Raditya Adam Narendra

Crude Palm Oil (CPO) contains vitamin E (tocopherol and tocotrienol). Tocopherol has high antioxidant activity and is useful for the pharmaceutical and cosmetic industries. Tocopherol in CPO is often mixed with other compounds. This study aims to separate and purify tocopherol compounds in CPO using column chromatography, and to conduct qualitative and quantitative analyses using a UV-Vis spectrophotometer and *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Tocopherol separation in CPO used column chromatography with silica gel as the stationary phase and n-hexane: ethyl acetate as the mobile phase, in five composition ratios (10:0, 9:1, 8:2, 7:3, and 6:4). The resulting fractions were identified by Thin Layer Chromatography (TLC) using Liebermann-Buchhard reagent visualization. Fractions that showed positive terpenoids and had Retention factor (RF) values similar to the tocopherol standard were measured for λ_{max} using a UV-Vis spectrophotometer, then analyzed using HPLC with a Kinetex™ C18 stationary phase (5 μm , 150 $\times$ 4.6 mm), mobile phase of 85% methanol, 7.5% ethanol, and 7.5% acetonitrile, a column temperature of 40°C, a flow rate of 1 mL/min, and a PDA detector. The UV-Vis spectrophotometer results show that the λ_{max} of tocopherol in the sample is 280 nm, and the λ_{max} of tocopherol in the standard is 283 nm. HPLC analysis showed one peak in the standard with a retention time of 7.8 minutes and a retention time in the sample of 6.9 minutes, these values are close to the retention time value in the reference, which is around 8 minutes, these results indicate the presence of tocopherol isomers in the sample, with a concentration of 0.23%.

Keywords: Crude Palm Oil, Tocoferols, High Performance Liquid Chromatography (HPLC).

**PEMISAHAN DAN PEMURNIAN TOKOFEROL PADA
CRUDE PALM OIL (CPO) DENGAN METODE
HIGH PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY (HPLC)**

Oleh

Raditya Adam Narendra

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul : **PEMISAHAN DAN PEMURNIAN TOKOFEROL
PADA *CRUDE PALM OIL* (CPO) DENGAN
METODE SPEKTROFOTOMETRI *UV-VIS* DAN
HIGH PERFORMANCE LIQUID
CHROMATOGRAPHY (HPLC)**

Nama : **Raditya Adam Narendra**

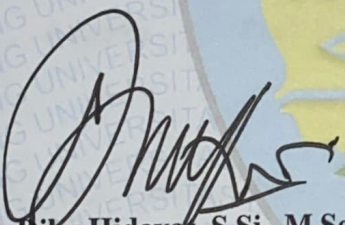
Nomor Pokok Mahasiswa : **2167011001**

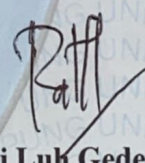
Jurusan : **Kimia**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.
NIP. 197406092005011002.


Dr. Eng. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si.
NIP. 197707132009122002.

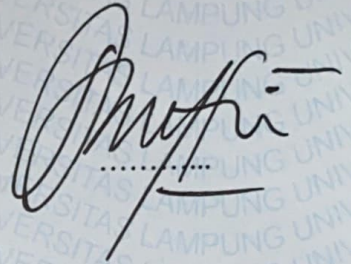
2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung


Prof. Dr. Mita Rilyanti, S.Si., M.Si.
NIP. 197205302000032001.

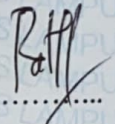
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

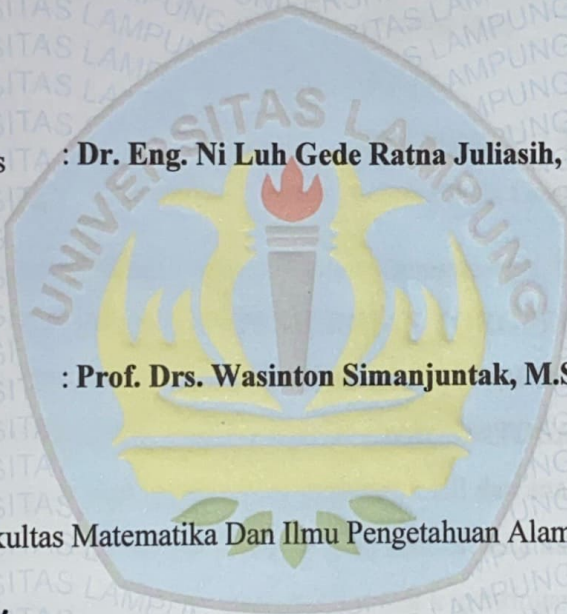
Ketua : Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.



Sekretaris : Dr. Eng. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si.



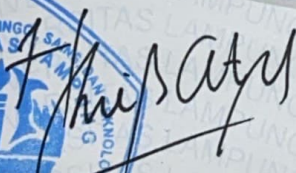
Anggota : Prof. Drs. Wasinton Simanjuntak, M.Sc., Ph.D.



2. Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 29 September 2025

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Raditya Adam Narendra
NPM	: 2167011001
Jurusan	: Kimia
Fakultas	: Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi	: Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya, bahwa skripsi saya berjudul **“PEMISAHAN DAN PEMURNIAN TOKOFEROL PADA *CRUDE PALM OIL* (CPO) DENGAN METODE SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS DAN *HIGH PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY* (HPLC)** adalah benar karya saya sendiri, baik gagasan, hasil dan analisisnya. Selanjutnya saya juga tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi, sepanjang nama saya disebutkan dan terdapat kesepakatan sebelum dilakukan publikasi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

14 Oktober 2025


Raditya Adam Narendra
NPM. 2167011001

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Raditya Adam Narendra, lahir di bandar lampung pada tanggal 17 Agustus 2002 merupakan anak pertama dari dua saudara. Penulis lahir dari pasangan suami istri Bapak Sutoyo dan Ibu Novalia, penulis memiliki satu orang adik perempuan bernama Syakirah Rihadatull Aisy.

Penulis sekarang bertempat tinggal di Nunyai, Kecamatan Rajabasa Kota Bandar Lampung. Penulis telah menyelesaikan pendidikan yakni mulai dari TK dan lulus pada tahun 2008, lalu melanjutkan ke SDN 2 Palapa lulus pada tahun 2014, setelah itu melanjutkan pendidikan di SMPN 22 Bandar Lampung lulus pada tahun 2017, dan melanjutkan SMA di Sekolah Qur'an Darul Fattah kemudian pada tahun 2021 penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan S1 Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur prestasi pada tahun 2021

Selain belajar di bangku kuliah, penulis juga aktif dalam berorganisasi. Organisasi yang pernah di jalani adalah Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) FMIPA Unila sebagai Ketua Biro Usaha Mandiri pada tahun 2022-2023 selain mengikuti Organisasi, penulis juga mengikuti MBKM Kewirausahaan di jurusan kimia Fmipa Unila.

Penulis menyelesaikan penelitian yang dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Lampung dengan judul "Pemisahan dan Pemurnian tokoferol pada *Crude Palm Oil* (CPO) Dengan Metode *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC)".

MOTTO

“Jangan pernah merasa tertinggal, setiap orang pasti punya proses dan Rezekinya masing-masing.”
(QS. Maryam :4)

“Percayalah Allah tidak pernah membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupan hambanya.”
(QS. Al-Baqarah :286)

“Ketetapan Allah pasti datang, maka janganlah kamu meminta agar dipercepat (datang) nya.”
(QS. An-Nahl 16:1)

“Untuk Menulis Tentang Kehidupan Pertama-tama Kamu Harus Menjalaninya”
(*Ernest Hemingway*)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur kepada Allah SWT atas limpahan karunia-Nya, kupersembahkan karya ini sebagai wujud bakti dan tanggung jawabku kepada:

*Kedua orang tuaku, Bapak Sutoyo S.Si. dan
Ibu Novalia S.Si.*

Yang senantiasa mendoakanku, mengajarkanku, mendidikku, membimbingku dengan penuh kasih sayang, serta memberikan dukungan motivasi, dan segalanya untukku semoga Allah SWT hadiahkan Jannah-nya untukmu, Aamiin yaa Robbal'alamin.

Untuk Adikku Tersayang, Saudara-saudaraku, dan Sahabat-sahabatku. yang telah mendukung dan mendoakan dalam segala hal Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan keberkahan, keberhasilan, dan kebahagiaan kepada kalian.

*Pembimbing penelitianku,
Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc., dan Ibu Dr. Eng. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si. dan Penguji penelitianku Bapak Prof. Drs. Wasinton Simanjuntak, M.Sc., Ph.D. terima kasih atas bimbingan, nasihat, dan ilmu yang telah diberikan selama ini.*

*Serta
Almamater tercinta Universitas Lampung*

SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'alamin segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, karunia, serta keberkahan kepada hamba-Nya, Sholawat beriring salam selalu tucurahkan kepada nabi Muhammad SAW., kepada keluarganya, sahabatnya, dan pengikutnya yang semoga senantiasa istiqomah di jalan-Nya semoga kita mendapatkan syafa'atnya di yaumul akhir nanti, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi.

Skripsi dengan judul “Pemisahan Dan Pemurniaan Tokoferol pada *Crude Palm Oil* (CPO) dengan Metode Spektrofotometri *UV-vis* dan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Penulis menyadari dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini penulis dibantu oleh berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT, atas nikmat dan karunia yang telah diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapakku Sutoyo S.Si. dan Ibuku Novalia S.Si. yang telah mendidik, mendo'akan, merawat, memberikan kasih sayang, motivasi, dan dukungannya kepada penulis. Semoga Allah selalu memberikan kesehatan, keselamatan, rezeki yang halal, lancar, berkah, dan kebahagiaan dunia akhirat, serta diberikan umur yang panjang sehingga dapat menemani anak-anaknya hingga sukses.

3. Adik penulis yang selalu menghibur dan menjadi penyemangat selama ini. Semoga selalu berbakti kepada orang tua dan sukses untuk dunia dan akhirat.
4. Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing Utama terima kasih telah membimbing, membantu, memotivasi dan meluangkan waktu dan pikirannya serta memberikan segala kebbaikannya hingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Semoga Allah SWT selalu memberikan perlindungan dan keberkahan atas semua kebaikan yang telah Bapak berikan.
5. Ibu Dr. Eng. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang telah sabar mengarahkan, memberikan dukungan, dan waktunya kepada penulis serta memberikan arahan dan solusi hingga penulisan skripsi ini dapat selesai. Semoga Allah membalas kebaikan beliau di dunia dan akhirat.
6. Bapak Prof. Wasinton Simanjuntak, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembahas terima kasih atas kritik, saran, ilmu yang telah diberikan. Terima kasih atas segala kesediaannya untuk memberikan yang terbaik untuk penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Semoga Allah SWT selalu memberikan keberkahan atas semua kebaikan yang telah bapak berikan.
7. Bapak Prof. Dr. Drs. Hardoko Insan Qudus, S.U. selaku pembimbing akademik yang telah membimbing, mengarahkan, serta memberikan kesempatan untuk berdiskusi terkait perkuliahan dan kemajuan belajar.
8. Ibu Prof. Dr. Mita Rilyanti, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu, pengalaman yang sangat berharga dan bermanfaat, serta motivasi kepada penulis selama menjadi mahasiswa jurusan kimia.
10. Bapak/Ibu Dosen dan Kepala Laboratorium Jurusan Kimia terima kasih

atas bantuan dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung.

11. Para Staf dan Laboran Jurusan Kimia FMIPA Unila, Pak Rudi, Mba Yuni, Mas Nomo, Mba Wit, Mas Udin, atas segala bantuan yang diberikan kepada penulis.
12. Teman-temanku grup “ceria” Andra, Hafiz, Ramandhika dan Ab atas segala bantuan, dukungan, dan waktu yang telah kita habiskan selama ini. Terima kasih sudah menemani hingga saat ini. Semoga pertemanan ini akan terus terjalin hingga nanti dan semoga kalian selalu diberikan kelancaran dan kesuksesan kedepannya.
13. Rekan seperjuangan seperbimbingan Alya Salma yang telah banyak membantu, memberikan dukungan, dan bekerja sama sehingga penelitian dan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga dilancarkan untuk setiap urusan dan sukses selalu.
14. Teman-teman angkatan 2021 yang tidak dapat disebutkan satu per-satu, terima kasih atas bantuan serta dukungannya. Semoga selalu diberikan kelancaran dan kesuksesan kedepannya
15. Teman-teman “Crew Chemcafe” semua terimakasih atas kebersamaan, pelajaran dan pengalaman yang telah di dapatkan penulis selama menempuh pendidikan di kimia Universitas Lampung
16. Keluarga besar Himaki 2022 dan 2023 yang tidak bisa penulis sebut satu-persatu. Terima kasih atas motivasi, cerita, saran dan pengalaman kepada penulis.
17. Kakak-kakak dan adik-adik tingkat di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung, terima kasih atas segala segalanya.
18. Keluarga Besar KKN Desa Sidodadi atas kebersamaan dan Pengalamannya bersama penulis.
19. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per-satu yang telah memberikan dukungan, doa, nasihat, dan bimbingan dalam penulisan ini.

20. Raditya Adam Narendra, diriku sendiri, apresiasi sebesar-besarnya pada diri ini karena telah mampu bertanggung jawab atas apa yang telah dimulai, bangga pada diri ini telah mampu bertahan sampai di titik ini walaupun tidak mudah selamat dan terima kasih atas kuatnya diri ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan skripsi ini. Namun, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan di masa depan. Bandar Lampung,

Bandar Lampung,
Yang Menyatakan,

Raditya Adam Narendra
NPM. 216701101

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	4
1.3 Manfaat Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Minyak Sawit	6
2.2. <i>Crude Palm Oil</i> (CPO)	9
2.3. Senyawa Tokoferol.....	10
2.4. Vitamin E	11
2.5. Pemisahan Dan Pemurnian.....	12
2.5.1. Ekstraksi.....	12
2.5.2. Kromatografi Kolom	14
2.5.3. Kromatografi Lapis Tipis.....	14
2.6. <i>High Performance Liquid Chromatography</i> (HPLC)	16
2.7. Spektrofotometri UV-Vis.....	19
III. METODE PENELITIAN	21
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2. Alat dan Bahan	21
3.2.1. Alat.....	21
3.2.2. Bahan	21
3.3. Prosedur Penelitian.....	22
3.3.1. Pemisahan Menggunakan Kromatografi Kolom	22
3.3.2. Analisis Kromatografi Lapis Tipis (KLT)	22
3.3.2.1. Pengamatan dibawah sinar UV	23
3.3.3. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Dengan.....	23
Spektrofotometer UV-Vis.....	23

3.3.4. Analisis High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1. Pemisahan dengan Kromatografi Kolom	25
4.2. Kromatografi Lapis Tipis (KLT).....	26
4.3. Penentuan Panjang Gelombang Maksimal.....	28
4.4. Uji Menggunakan HPLC.....	29
V. KESIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA.....	33
LAMPIRAN.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Variasi Konsentrasi Pelarut Gradien.....	22
2. Nilai Rf Isomer Vitamin E pada KLT.....	28
3. Nilai Parameter Kuantitatif.....	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Minyak Kelapa Sawit.....	7
2. Alur Pembuatan CPO.....	8
3. Struktur Senyawa Tokoferol	10
4. Skema Ekstraksi tokoferol dan tokotrienol dari vitamin E rich oil.....	13
5. Hasil Analisis HPLC dari vitamin E rich oil (Tocotrol™.....	18
6. Diagram Alir Penelitian	24
7. Pemisahan Kromatografi Kolom.....	25
8. Hasil KLT 6: 4 (a) UV 254, (b) UV 366,.....	27
9. Panjang Gelombang Maksimum Standar (A) dan Sampel (B)	28
10. Hasil Kromatogram HPLC Standar (A) dan Sampel (B)	31

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas unggulan pertanian di Indonesia, yang memiliki peran utama dalam menghasilkan minyak sawit mentah atau *Crude Palm Oil* (CPO) serta juga menghasilkan minyak inti sawit atau Palm Kernel Oil (PKO) yang didapat dari proses pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit. (Arifandy, 2021). Minyak kelapa sawit dapat diolah menjadi bahan makanan seperti mentega, lemak untuk masakan (*shortening*), bahan tambahan cokelat, bahan baku es krim, pembuatan asam lemak, vanaspati, bahan baku berbagai industri ringan, dan makanan ternak (Saragih *et al.*, 2018). Keuntungan utama dari minyak kelapa sawit adalah efisiensinya dalam produksi satu hektar lahan kelapa sawit dapat menghasilkan lebih banyak minyak dibandingkan dengan sumber minyak nabati lainnya (Islamiya dkk., 2022). Ekspor minyak kelapa sawit Indonesia menjadi sangat penting dalam meningkatkan pendapatan nasional dan memenuhi permintaan global yang terus meningkat.

Produksi minyak kelapa sawit dunia didominasi oleh Indonesia dan Malaysia. Kedua negara ini secara total menghasilkan sekitar 85-90% dari total produksi minyak sawit dunia (Nurhayati dkk., 2023). Ekspor minyak kelapa sawit Indonesia menyumbang sebagian besar pendapatan negara dan memberikan lapangan kerja bagi jutaan orang. Menurut data dari Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS), Indonesia mengeksport lebih dari 30 juta ton minyak kelapa sawit, dengan tujuan utama negara-negara seperti India, Tiongkok, dan Uni Eropa (BPDPKS, 2022).

Pertumbuhan permintaan global terhadap minyak kelapa sawit, terutama dari negara-negara berkembang, semakin mendorong Indonesia untuk meningkatkan kapasitas produksinya. Tingginya daya saing produk minyak kelapa sawit Indonesia di pasar internasional juga didorong oleh biaya produksi yang relatif rendah dan keberagaman produk olahan yang ditawarkan (Nurhayati dkk., 2023). Ekspor minyak kelapa sawit Indonesia tidak hanya memberikan dampak positif, tetapi juga menimbulkan berbagai masalah, seperti deforestasi, hilangnya keanekaragaman hayati, dan konflik sosial dengan masyarakat lokal.

Mengatasi masalah ekspor minyak kelapa sawit ini, diperlukan pendekatan yang lebih berkelanjutan dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit, termasuk penerapan sertifikasi keberlanjutan dan penggunaan teknologi yang lebih efisien. Integrasi masyarakat lokal dalam proses pengelolaan perkebunan juga sangat penting untuk memastikan bahwa kegiatan ini tidak hanya menguntungkan bisnis tetapi juga meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar. Implementasi praktek-praktek agroforestri dapat membantu menjaga keanekaragaman hayati dan mengurangi dampak deforestasi, selain itu penggunaan teknologi seperti drone untuk pemantauan lahan dan sensor IoT untuk monitoring kondisi tanaman dapat membantu meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya produksi (Hidayat *et al.*, 2019). Dengan langkah-langkah ini, diharapkan industri minyak kelapa sawit dapat berjalan lebih berkelanjutan dan memberikan manfaat ekonomi tanpa merusak lingkungan dan masyarakat lokal (Icraf, 2023). Salah satu tantangan yang perlu diatasi untuk mencapai keberlanjutan tersebut adalah pengelolaan *Crude Palm Oil* (CPO), yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber alternatif untuk biodiesel dan produk industri lainnya.

CPO adalah minyak mentah yang diekstraksi dari mesokarp atau daging buah kelapa sawit (*Elaeis guineensis*). CPO merupakan produk utama dari pengolahan kelapa sawit, sedangkan minyak inti sawit (*Palm Kernel Oil*) diperoleh dari biji atau inti buah sawit. CPO dikenal karena warnanya yang kemerahan, yang disebabkan oleh tingginya kandungan karotenoid, terutama beta-karoten. Minyak ini merupakan bahan

baku utama dalam berbagai produk makanan, kosmetik, farmasi, dan industri biofuel (Sundram *et al.*, 2003). proses pembuatan CPO dibuat melalui beberapa tahapan utama, dimulai dengan pemanenan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit, yang kemudian direbus untuk melunakkan daging buah dan menghentikan aktivitas enzim. Setelah itu, buah digiling dan dipres untuk memisahkan minyak dari serat buah. Minyak mentah yang dihasilkan kemudian melalui proses klarifikasi untuk memisahkan minyak dari air dan kotoran lainnya. Minyak yang telah dimurnikan selanjutnya disaring, dipanaskan, dan disimpan untuk digunakan dalam berbagai industri pangan, kosmetik, dan biofuel (Mba *et al.*, 2015). Selain digunakan sebagai bahan baku minyak goreng, CPO juga mengandung senyawa-senyawa bioaktif yang bernilai tinggi, termasuk α -tokoferol.

Senyawa α -tokoferol merupakan salah satu senyawa bioaktif dari CPO, golongan vitamin E yang berperan dalam ekspresi gen dan homeostasis sel (Li dkk., 2010). Vitamin E dapat berfungsi sebagai antioksidan sehingga dapat mencegah berbagai penyakit degeneratif. Sebagai antioksidan, vitamin E berperan pada regulasi sinyal seluler, proliferasi sel, ekspresi gen, serta memicu radikal peroksil lipid dengan menyumbangkan atom hidrogen pada *Reactive Oxygen Species* atau ROS (Devaraj dkk., 2007). Vitamin E merupakan produk bernilai ekonomis tinggi sebagai bahan farmaseutikal dan nutrasetikal. Kendala yang dihadapi dalam pemanfaatan vitamin E dari CPO ataupun HACPO, yaitu belum tersedianya teknik ekstraksi dan purifikasi yang optimal dan cara mempertahankan stabilitas vitamin E (Kresnawaty dkk., 2012). Pemisahan dan pemurnian α -tokoferol dari CPO semakin penting karena permintaan akan produk kesehatan yang kaya senyawa bioaktif terus meningkat, sehingga diperlukan metode yang efisien untuk meningkatkan kemurnian dan konsentrasi senyawa ini (Suhail *et al.*, 2021). Dengan mengembangkan metode pemisahan dan pemurnian yang inovatif.

Pemisahan dan pemurnian α -tokoferol dari CPO merupakan proses yang kompleks dan strategis dalam industri farmasi dan kosmetik. Secara metodologis, penelitian tentang ekstraksi isomer vitamin E dari minyak sawit telah menyoroti pentingnya

pemisahan dan pemurnian α -tokotrienol untuk meningkatkan efektivitas aplikasinya. Langkah awal dalam proses pemisahan α - tokoferol adalah metode kromatografi kolom, yang dilakukan untuk membuang komponen yang tidak diinginkan, setelah mendapat hasil dari proses kromatografi kolom dilakukan ekstraksi. Ekstraksi vitamin E dilakukan menggunakan solvent non-polar seperti heksana. Ekstraksi dengan heksana dapat meningkatkan konsentrasi isomer tokoferol, termasuk α -, δ -, dan γ - tokoferol, yang sangat penting dalam aplikasi medis dan kosmetik. Untuk memastikan identifikasi isomer tokoferol, metode *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) digunakan. HPLC mampu memisahkan isomer-isomer tokotrienol dan tokoferol dengan tingkat selektivitas yang tinggi, sehingga memungkinkan analisis kuantitatif yang akurat. Optimasi kondisi ekstraksi sangat penting untuk meningkatkan efisiensi pemisahan. Kontrol variabel seperti suhu inkubasi, waktu inkubasi, dan rasio pelarut-fraksi dapat mempengaruhi hasil ekstraksi. Suhu inkubasi yang optimum biasanya sekitar 40°C untuk menghindari degradasi isomer tokoferol. (Abu-Fayyad *and* Nazzal, 2023).

Pada penelitian ini, pemisahan dan pemurnian α - tokoferol pada CPO menggunakan HPLC menjadi proses yang esensial dalam meningkatkan efektivitas aplikasi medis dan kosmetik. Melalui optimasi kondisi ekstraksi yang tepat, diharapkan industri farmasi dan kosmetik dapat memaksimalkan manfaat dari α - tokoferol, sehingga memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan produk yang lebih ampuh dan berkelanjutan.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memisahkan dan memurnikan senyawa tokoferol pada *Crude Palm Oil* (CPO)
2. Mendapatkan kadar tokoferol pada CPO

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi metode untuk menentukan kandungan tokoferol pada CPO secara kuantitatif dan kualitatif menggunakan Spektrofotometri UV-Vis dan *High-Performance Liquid Chromatography* (HPLC)
2. Memberikan solusi inovatif dalam pemanfaatan minyak sawit (CPO), yang sering dianggap kurang bernilai, menjadi produk yang lebih bernilai tinggi melalui pemisahan yang lebih efektif.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Minyak Sawit

Minyak sawit adalah minyak yang biasanya digunakan sebagian besar masyarakat Indonesia sebagai medium penggorengan. Minyak sawit tersusun dari unsur-unsur C, H, dan O. Minyak sawit mengandung asam lemak dalam jumlah cukup banyak dan asam lemak tersebut berikatan dengan gliserol membentuk Menurut Morad *et al.* (2006) komponen trigliserida dalam minyak sawit kasar mencapai 95 persen. Rantai asam lemak yang terdapat pada trigliserida minyak sawit dapat bervariasi jumlah atom karbon dan strukturnya (adanya ikatan rangkap seperti ketidakjenuhan). Variasi struktur dan jumlah karbon pada rantai asam lemak menggambarkan sifat fisik dan kimia minyak sawit (Basiron 2005). Menurut Winarno (1999) trigliserida minyak sawit seperti trigliserida alami pada umumnya, mengandung asam lemak jenuh pada posisi 1 dan/atau 3 serta asam lemak tidak jenuh pada posisi 2, namun ada juga beberapa trigliserida yang ketiga asam lemak penyusunnya asam lemak jenuh.

Minyak sawit merupakan salah satu dari 17 jenis minyak dan lemak dunia dengan kontribusi mencapai 27,8% (Carter, 2007; Oilworld, 2010). Indonesia sebagai penghasil minyak sawit terbesar dunia telah berkontribusi untuk mengisi kebutuhan minyak sawit dunia. Tahun 2010, total produksi *Crude Palm Oil* (CPO) Indonesia mencapai 21 juta ton dan diperkirakan terus meningkat sampai tahun 2011 mencapai 22,2 juta ton (Oilworld. 2010). Sebagai fakta, CPO Indonesia menjadi salah satu komoditi ekspor yang menambah devisa negara selain migas (Tarmizi, 2008). Minyak kelapa sawit disajikan pada Gambar 1.



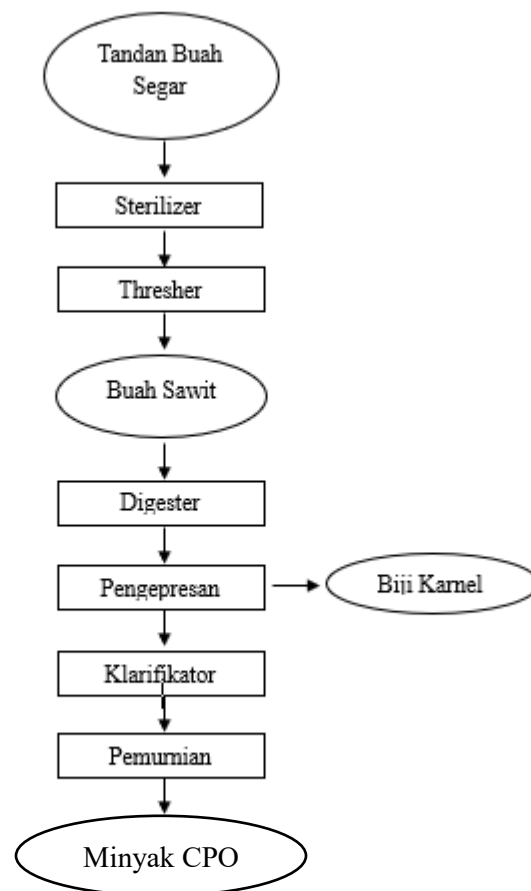
Gambar 1. Minyak Kelapa Sawit

2.1.1. Pengolahan Minyak Sawit

Pengolahan kelapa sawit menjadi minyak sawit CPO menghasilkan produk utama berupa CPO sebesar 20-23% dan minyak inti sawit, 5-7% sisanya sebanyak 70-75% menghasilkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit sebanyak 23% atau 230 kg, limbah cangkang (shell) sebanyak 6,5% atau 65 kg, wet decanter solid (lumpur sawit) 4 % atau 40 kg, serabut (*fiber*) 13% atau 130 kg serta limbah cair sebanyak 50%. Limbah padat pengolahan kelapa sawit terdiri atas tandan kosong, serabut (*fiber*), cangkang (shell) kelapa sawit dan solid dari mesin decanter. Serabut (*fiber*) hasil dari sisa ampas pada proses pemisahan biji yang umumnya digunakan sebagai bahan bakar boiler (Karvinaldi *et al.*, 2022).

Pengolahan kelapa sawit dimulai dengan penimbangan buah, kemudian tanda buah segar (TBS) dibawa truk pengangkut untuk dipindahkan ke *Loading Ramp*. Pada *Loading Ramp* dilakukan sortasi buah yang dibutuhkan untuk produksi. TBS dari *Loading Ramp* dimasukkan ke dalam gerobak. Kemudian gerobak ditarik masuk ke dalam sterilizer untuk proses pemasakan yang berlangsung selama 90 menit dengan bantuan *saturated steam* yang berasal dari boiler yang bertekanan $\pm 3 \text{ kg/cm}^2$ dan temperatur $132,88^\circ\text{C}$. Pemisahan buah sawit dengan tandannya terjadi pada thresher, dimana TBS akan terbanting karena putaran pada alat ini, sehingga buah yang

menempel pada tandan akan terlepas dan jatuh ke bawah *conveyor* lalu menuju stasiun kempa. Pada Stasiun ini terdiri dari dua alat proses yaitu digester dan *screw press*. Pada digester dilengkapi dengan pisau pengaduk yang berfungsi sebagai pelumat buah sawit. Kemudian lumatan buah yang berupa serat dan biji masuk ke dalam *screw press* untuk diperas dan dilakukan pemurnian pada stasiun pemurnian dimana alat ini terdiri dari beberapa alat yaitu menyaring serat dan kotoran untuk *vibrating screen*, penangkap pasir pada tangkai *sand trap*, *cylindrical settling tank* untuk pengendapan sisa-sisa kotoran dan serat, pemurnian yang terjadi pada *oil purifier*, dan *vacuum dryer* untuk mengurangi kadar air lalu minyak disimpan pada suhu sekitar 60°C. Proses pembuatan minyak cpo dirangkum dalam skema yang disajikan pada Gambar 2. (Saragih dkk., 2018)



Gambar 2. Alur Pembuatan CPO (Saragih dkk., 2018)

2.2. *Crude Palm Oil* (CPO)

Crude Palm Oil (CPO), adalah salah satu bahan mentah yang memegang peranan dalam perekonomian Indonesia, laksana sumber pendapatan, penyedia lapangan kerja dan untuk arus kas tanah. Kemajuan industri kelapa sawit di Indonesia berkembang secara ekspres. Produksi *Crude Palm Oil* (CPO) tahun 2018, mencapai 43 juta ton, meningkat 12% dari tahun 2017 dengan jumlah 28 juta ton, pada wawancara outlook 2018 prospek 2019 tercermin pada industri kelapa sawit di Jakarta. Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit (GAPKI) memberitahukan ekspor CPO diharapkan terus tumbuh sebesar 4% - 5% pada tahun 2019, meskipun permintaan CPO domestik diperkirakan akan tumbuh dengan program B20 yang memadukan bahan bakar dengan 20% biodiesel. (Nurkholis dan Sitanggang., 2020).

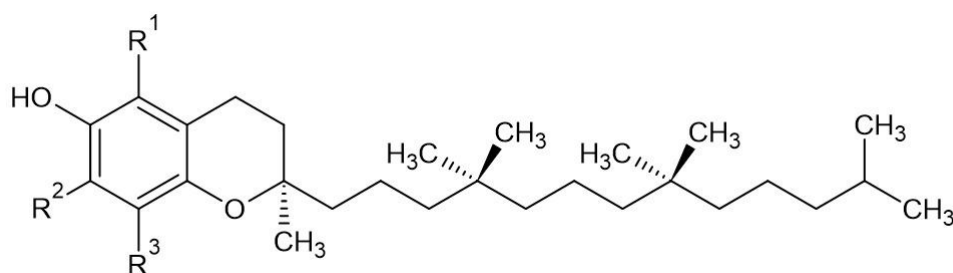
Pertumbuhan produksi CPO Indonesia dalam beberapa tahun terakhir terus mengalami peningkatan dan berbanding lurus dengan luas areal perkebunan kelapa sawit. Indonesia merupakan negara yang aktif dalam melakukan perdagangan internasional dan dikenal sebagai pengekspor produk-produk industri pertanian, khususnya subsektor perkebunan. CPO merupakan produk perkebunan yang menjadi komoditas ekspor unggulan Indonesia, karena tingkat produksinya paling tinggi di dunia (Carter *et al*, 2007).

Indonesia saat ini merupakan produsen minyak sawit terbesar di dunia dengan produk akhir *Crude Palm Oil* (CPO) pada industri hulu. Produksi CPO di Indonesia mencapai 51,3 juta ton pada tahun 2021 dan diprediksi akan meningkat pada tahun 2022 dengan total 53,78 juta ton. CPO memiliki warna merah kekuning- kuning yang menandakan bahwa tingginya kandungan karotenoid sehingga memiliki banyak manfaat bagi kesehatan. Menurut Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BBPT) (2019), CPO biasa digunakan dalam industri pangan, oleokimia, bahan bakar nabati (biofuel) dan biodiesel. Salah satu produk turunan dari CPO adalah minyak sawit merah atau lebih dikenal *Red Palm Oil* (RPO).

Kandungan dalam minyak sawit terdiri dari karoten, tokoferol (vitamin E), sterol, alkohol, triterpen, fosfolipida. Di antara kandungan tersebut yaitu karoten dan vitamin E yang berfungsi untuk menangkal radikal bebas yang selanjutnya juga bermanfaat untuk mencegah kanker, aterosklerosis, memperlambat proses penuaan serta mencegah penyakit degeneratif. (Ayustaningwarno, 2012).

2.3. Senyawa Tokoferol

Tokoferol dan tokotrienol adalah golongan vitamin E yang berasal dari tumbuhan. Salah satu jenis tokoferol aktif yang mampu diserap oleh tubuh manusia adalah α -tokoferol. Tokoferol merupakan bentuk vitamin E yang paling sering berada dalam sistem sirkulasi (Ball, 2006). Alfa-tokoferol merupakan golongan vitamin E yang berperan dalam ekspresi gen dan homeostasis sel (Li dkk., 2010). Vitamin E dapat berfungsi sebagai antioksidan sehingga dapat mencegah berbagai penyakit degeneratif. Sebagai antioksidan, vitamin E berperan pada regulasi sinyal seluler, proliferasi sel, ekspresi gen, serta memicu radikal peroksil lipid dengan menyumbangkan atom hidrogen pada *Reactive Oxygen Species* atau ROS (Devaraj dkk., 2007). Struktur α -tokoferol disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Senyawa Tokoferol.

Metabolisme α -tokoferol sebagai vitamin E bergabung dengan metabolisme lemak. Vitamin E membutuhkan asam empedu dan enzim-enzim pankreas untuk membentuk misel sehingga bisa diserap oleh sel epitel usus. Setelah itu, vitamin E digabungkan

dengan kilomikron kemudian dibawa ke sistem limfatik dan ke sirkulasi darah. Absorpsi vitamin E di usus diatur oleh scavenger receptor kelas B tipe 1 (SR- B1) dengan mekanisme mirip dengan penyerapan kolesterol (Gagne dkk., 2009).

Alfa-tokoferol memiliki sifat tidak stabil terhadap oksidasi dan pengolahan suhu tinggi. Kandungan tokoferol bisa berkurang selama pengolahan, penyimpanan, dan penggunaan dalam produk pangan tertentu (Ball, 2006). Alfa-tokoferol bersifat sangat lipofilik sehingga harus didispersikan dalam fase larut lemak dan tidak bisa secara langsung didispersikan ke dalam fase larut air. Sebagaimana jenis vitamin E yang lain, α -tokoferol juga mengalami penyerapan di usus halus dalam wujud misel berupa campuran asam empedu dan hasil sekresi pankreas. Peningkatan absorpsi α -tokoferol umumnya ditandai oleh peningkatan jumlah misel tersebut (Yang dan McClements, 2013).

2.4. Vitamin E

Vitamin E adalah sekelompok senyawa yang terdiri dari tokoferol dan tokotrienol. Vitamin E ditemukan pertama kali oleh Bishop dan Evan pada tahun 1922, merupakan antioksidan dan lipofilik utama dalam plasma, membran, dan jaringan. Vitamin ini tidak dapat larut dalam air serta dikenal sebagai agen antioksidan. Vitamin E adalah nutrisi penting yang semakin mendapat perhatian dalam dermatologi karena kandungan antioksidannya. Sumber makanan yang memiliki kandungan vitamin E adalah berupa minyak nabati, kacang-kacangan, biji-bijian, daging dan susu. (Cassano R *et al.*, 2012)

Vitamin E termasuk salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan pengawet, karena kemampuannya yang dapat mencegah proses oksidasi. Vitamin E merupakan pertahanan utama melawan oksigen perusak. Produk yang berbasis lemak mudah mengalami ketengikan, oleh sebab itu penghambatan proses oksidasi dapat meningkatkan stabilitas minyak membutuhkan komponen lain seperti antioksidan (Dauqan *et al.*, 2011).

Sebagai antioksidan utama dalam fase lipid tubuh, vitamin E terdiri dari 8 bentuk molekuler, 4 tokoferol dan 4 tokotrienol. Molekul tokoferol ini terdiri dari prenil hidrofobik dan kromonal polar. Kromonal terdiri atas isomer α , β , λ dan δ . Vitamin E ini banyak terdapat dalam sayuran, minyak, kacang, jagung, kedele, tepung gandum, margarin, dan daging. Vitamin E dalam bentuk α tokoferol merupakan bentuk paling aktif dan banyak digunakan. (Andarina dan Djauhari, 2017)

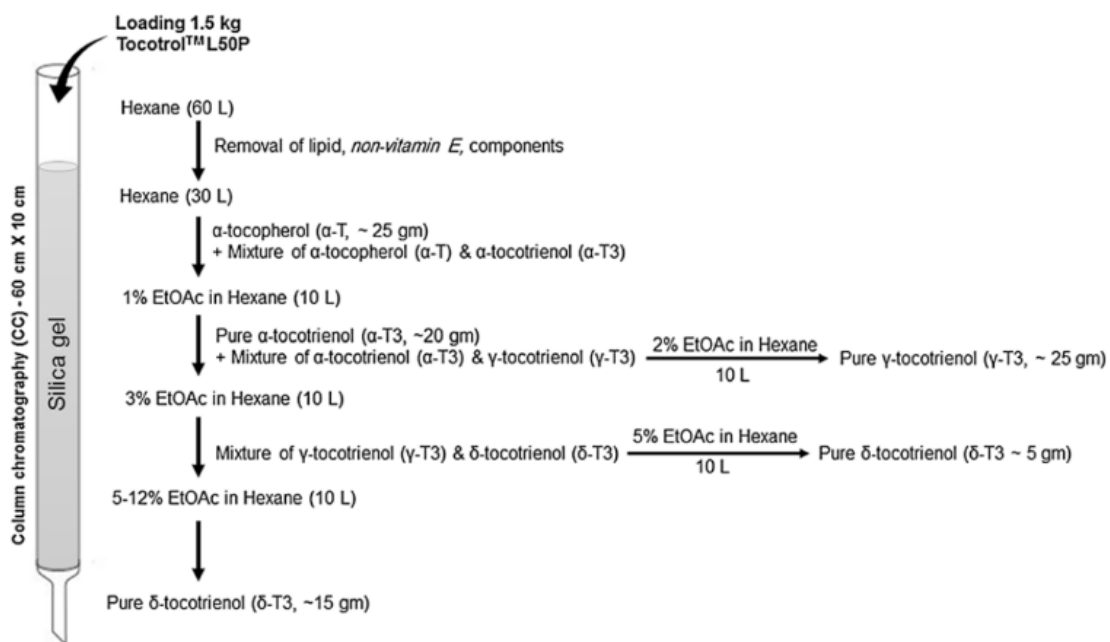
2.5. Pemisahan Dan Pemurnian

2.5.1. Ekstraksi

Ekstraksi adalah proses pemisahan suatu zat berdasarkan perbedaan sifat tertentu, terutama kelarutannya terhadap dua cairan tidak saling larut yang berbeda. Pada umumnya ekstraksi dilakukan dengan menggunakan pelarut yang didasarkan pada kelarutan komponen terhadap komponen lain dalam campuran, biasanya air dan yang lainnya pelarut organik. Bahan yang akan diekstrak biasanya berupa bahan kering yang telah dihancurkan, biasanya berbentuk bubuk atau simplisia (Sembiring, 2007). Metode ekstraksi yang lebih modern dan ramah lingkungan juga telah dikembangkan, seperti ekstraksi dengan supercritical CO₂. Metode ini menggunakan karbon dioksida dalam kondisi superkritis sebagai pelarut untuk mengekstraksi minyak. Metode ini tidak hanya ramah lingkungan karena tidak meninggalkan residu pelarut, tetapi juga dapat menghasilkan minyak dengan kualitas yang lebih baik karena CO₂ tidak bereaksi dengan komponen minyak sawit. Namun, teknologi ini memerlukan investasi awal yang besar dan lebih mahal dalam hal biaya operasional dibandingkan dengan metode konvensional (Latif dan Anuar, 2018).

Penelitian ini menggunakan metode yang telah dikembangkan oleh (Abu-Fayyad *and* Nazzal, 2017) di mana teknik ekstraksi dengan kromatografi kolom diterapkan untuk memperoleh isomer-isomer dengan kemurnian tinggi. Proses ekstraksi dilakukan

dengan menggunakan kromatografi kolom untuk memisahkan isomer α -Tokoferol, α -Tokotrienol, γ -Tokotrienol, dan δ -Tokotrienol, sementara isomer β -Tokotrienol tidak dapat dipisahkan karena kesamaan strukturalnya dengan γ -Tokotrienol. Proses ekstraksi ini dirangkum dalam sekma yang disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Ekstraksi tokoferol dan tokotrienol dari vitamin E rich oil Tokotrol™ L50P, minyak sawit mentah yang terdiri dari 43% tokotrienol (Abu-Fayyad and Nazzal, 2017).

Hasil penelitian (Abu-Fayyad and Nazzal, 2017) menunjukkan bahwa isomer α -T, α -T3, γ -T3, dan δ -T3 berhasil diisolasi dengan kemurnian lebih dari 96%. Jumlah yang diperoleh masing-masing isomer adalah sekitar 25gram untuk α -T, 20gram untuk α -T3, 25gram untuk γ -T3, dan 15gram untuk δ -T3 namun, isomer β -T3 tidak dapat dipisahkan karena kesamaan strukturalnya dengan γ -tokotrienol, sehingga puncaknya tumpang tindih dan tidak dapat dibedakan melalui analisis HPLC. Data hasil penelitian sebelumnya dapat digunakan sebagai acuan untuk memperoleh isomer-isomer dengan kemurnian tinggi.

2.5.2. Kromatografi Kolom

Kromatografi kolom merupakan teknik kromatografi yang menggunakan zat penyerap (fase diam) dalam wadah kaca berbentuk buret, fase gerak dituangkan di atas dan menetes di bawah. Dalam kromatografi kolom, fase diam ditempatkan dalam kolom yang dilewati fase gerak yang dipengaruhi oleh adanya tekanan gravitasi (Harvey, 2000).

Prinsip kerja kromatografi kolom adalah adanya perbedaan absorbansi dari masing-masing senyawa campuran yang akan dipisahkan. Senyawa polar lebih kuat diserap dalam gel silika, menyebabkannya turun lebih lambat, sedangkan senyawa non-polar lebih lemah diserap dan bergerak lebih cepat. Senyawa dalam kolom terpisah membentuk pita serapan sesuai dengan polaritas senyawa dan mengalir keluar kolom dengan pelarut (fase gerak) dengan polaritas yang sama (Syahmani, 2017). Fase gerak yang digunakan dapat berupa pelarut murni atau campuran dua pelarut yang bersesuaian dengan perbandingan tertentu. Optimasi pelarut dilakukan melalui uji pendahuluan menggunakan plat KLT dengan pelarut yang sama namun volume yang diperkecil (Mirawati, 2022).

2.5.3. Kromatografi Lapis Tipis

Menurut Farmasi Industri (2022). Kromatografi Lapis Tipis (KLT) adalah metode kromatografi yang paling sederhana dan murah. Oleh karena itu paling banyak digunakan baik oleh siswa, mahasiswa di perguruan tinggi maupun di lembaga penelitian. Kromatografi planar adalah kromatografi dimana terjadi pemisahan suatu pigmen warna dari suatu klorofil yang dilakukan oleh Tsweet, dimana Tsweet menggunakan kolom yang didalamnya dimasukan suatu fase diam yang berupa kalsium karbonat yang disimpan diatasnya suatu ekstrak dari pigment klorofil yang kemudian dielusi dengan suatu pelarut organik, sehingga dihasilkan pemisahan dari

pigmen-pigmen tertentu yang terelusi tidak bersamaan, sementara kertas original dari Tsweet berada di Rusia yang dipublikasikan pada tahun 1906, dan di review oleh Ettre.

Menurut Farmasi Industri (2022), prinsip kerja kromatografi lapis tipis adalah pemisahan sampel berdasarkan perbedaan kepolaran dari sampel versus pelarut fase gerak yang digunakan. Teknik KLT menggunakan fase diam dalam bentuk plat tipis silika dan fase geraknya bisa berupa air atau pelarut organik. Pemilihan fase gerak ini tergantung dengan jenis sampel yang akan dipisahkan kemudian pada dasarnya, pemisahan senyawa-senyawa dalam kromatogram dipengaruhi oleh bagaimana kelarutan senyawa dalam pelarut, tergantung pada bagaimana besar antaraksi antara molekul-molekul senyawa dengan pelarut serta bagaimana senyawa melekat pada fasa diam yang tergantung pada antaraksi senyawa dengan fasa diam. Dalam proses analisis spot/pemisahan zat, chamber yang berisi eluen dijenuhkan dan ditutup dengan tujuan agar pelarut yang digunakan tidak menguap, karena hal itu nantinya dapat mempengaruhi proses pemisahan.

Kromatografi lapis tipis (KLT) dapat memisahkan komponen-komponen berdasarkan perbedaan tingkat interaksi dalam dua fasa material pemisah. Kromatografi lapis tipis merupakan metode pemisahan fisiko kimia yang menggunakan lapisan pemisah berupa butir-butir yang diletakkan pada penyangga seperti gelas, logam, atau lapisan yang cocok (fase diam). Lapisan fase diam akan dimasukkan dalam bejana tertutup rapat yang berisi larutan (fase gerak) yang cocok (Donald *et al.*, 2006). Senyawa yang akan dipisahkan akan dibawa oleh fase gerak dan bergerak melalui fase diam karena pengaruh gaya berat atau lainnya. Komponen dari senyawa akan melewati fase diam dengan tingkatan yang berbeda sehingga memiliki faktor retensi yang berbeda juga (Kumar *et al.*, 2013). Prinsip kerja kromatografi lapis tipis yaitu adsorpsi, desorpsi, dan elusi. Adsorpsi terjadi ketika larutan sampel ditotolkan ke fase diam (plat kromatografi lapis tipis) menggunakan pipa kapiler, komponen-komponen dalam sampel akan teradsorpsi di dalam fase diam. Desorpsi adalah peristiwa ketika komponen yang teradsorpsi di fase diam didesak oleh fase gerak (eluen), terjadi

persaingan antara eluen dan komponen untuk berikatan dengan fase diam. Elusi adalah peristiwa ketika komponen ikut terbawa oleh eluen. Kromatografi lapis tipis dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa yang terdapat dalam campuran secara kualitatif, yaitu dengan membandingkan R_f baku pembanding dengan R_f sampel. Selain itu, kromatografi lapis tipis merupakan teknik analisis yang sederhana, hemat biaya, mudah dilakukan, dan hanya dibutuhkan sedikit cuplikan sampel untuk analisisnya (Coskun, 2016)

Penelitian ini menggunakan metode yang telah dikembangkan oleh (Abu-Fayyad *and* Nazzal, 2017) di mana teknik kromatografi lapis tipis digunakan untuk menentukan apakah fraksi yang diperoleh dari kromatografi kolom sudah mengandung isomer yang diinginkan dan untuk mengevaluasi jumlah komponen yang ada dalam fraksi tersebut. Hasil penelitian (Abu-Fayyad *and* Nazzal, 2017) menunjukkan bahwa teknik ini efektif dalam memantau kemurnian dan kemajuan pemisahan isomer-isomer vitamin E. Menggunakan TLC, peneliti dapat mengidentifikasi dan memisahkan isomer yang diinginkan, serta mengevaluasi jumlah komponen yang ada dalam fraksi yang diperoleh dari proses ekstraksi. Hasil TLC memberikan informasi awal yang penting untuk memastikan bahwa fraksi yang dihasilkan mengandung isomer yang diinginkan sebelum melanjutkan ke analisis lebih lanjut menggunakan metode lain seperti HPLC. Data hasil penelitian sebelumnya dapat digunakan sebagai acuan untuk memantau kemurnian dan kemajuan pemisahan isomer-isomer vitamin E menggunakan kromatografi lapis tipis.

2.6. High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) adalah teknik pemisahan analitis yang digunakan untuk memisahkan, mengidentifikasi, dan mengkuantifikasi komponen dalam campuran berdasarkan interaksi mereka dengan fase diam dan fase gerak. Metode ini bekerja dengan memompa fase gerak (cairan) bertekanan tinggi melalui kolom yang berisi fase diam, biasanya berupa partikel padat berpori atau gel.

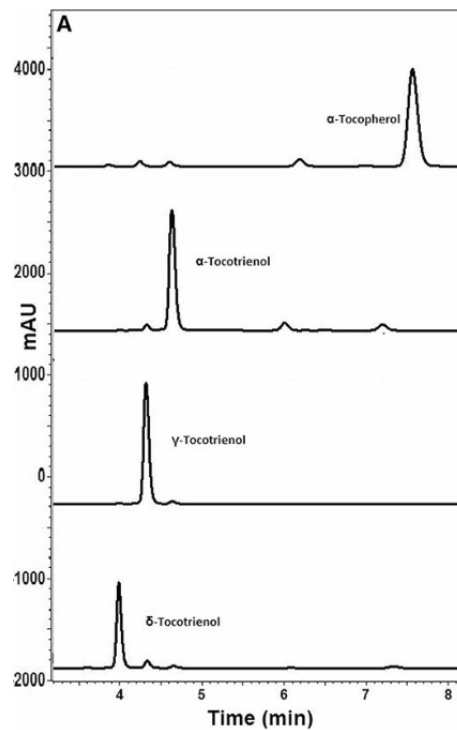
Komponen-komponen dalam sampel bergerak dengan kecepatan yang berbeda melalui kolom tergantung pada afinitas mereka terhadap fase diam dan fase gerak, sehingga menyebabkan pemisahan yang efisien. HPLC banyak digunakan dalam industri farmasi, kimia, dan biokimia untuk analisis senyawa yang memiliki sifat kimia yang berbeda (Snyder *et al.*, 2012).

Prinsip dasar HPLC melibatkan pemisahan campuran berdasarkan interaksi komponen sampel dengan kolom kromatografi dan fase gerak yang digunakan. Parameter utama yang mempengaruhi hasil pemisahan meliputi jenis fase gerak, kecepatan aliran, suhu kolom, serta sifat fisik dan kimia komponen yang dianalisis. Keunggulan HPLC dibandingkan metode kromatografi konvensional terletak pada sensitivitas yang tinggi, kecepatan analisis, dan kemampuan untuk mengelola sampel kompleks dengan akurasi yang tinggi. Teknik ini sering digunakan dalam analisis kuantitatif senyawa-senyawa organik, obat-obatan, dan zat metabolit (Wang *et al.*, 2013).

Penggunaan HPLC ini bertujuan untuk melakukan pemisahan molekul dalam waktu sesingkat mungkin. Pada umumnya, HPLC juga digunakan untuk mengidentifikasi dan mengukur jumlah senyawa dalam proses pengembangan obat-obatan (Chawla and Ranjan, 2016).

Analisis menggunakan HPLC mempunyai beberapa keunggulan, diantaranya seperti waktu analisis yang relatif singkat, volume sampel yang minim, kemampuan untuk menganalisis senyawa organik dan anorganik, serta kemungkinan penggunaan kolom kembali. Suatu analisis dikatakan baik apabila memiliki waktu analisis yang cepat dan kemampuan pemisahan yang tinggi. Beberapa faktor yang memengaruhi hasil pemisahan yaitu seperti pengaturan komposisi fase gerak, laju alir serta pada keberadaan penambahan asam (Amin *et al.*, 2016).

Penelitian ini menggunakan metode yang telah dikembangkan oleh (Abu-Fayyad *and* Nazzal, 2017) di mana teknik HPLC digunakan untuk menentukan dan mengkuantifikasi isomer-isomer vitamin E, seperti α -T, α -T3, γ -T3, dan δ -T3, dengan resolusi yang tinggi dan waktu analisis kurang dari 10 menit. Pemisahan isomer dilakukan dengan menggunakan kolom Kinetex™ C18 dan fase gerak yang terdiri dari 85% metanol dan 15% campuran etanol dan asetonitril. Metode ini memungkinkan pemisahan yang efektif dari isomer-isomer tersebut, sehingga peneliti dapat memastikan kemurnian dan konsentrasi masing-masing isomer dalam fraksi yang diisolasi. HPLC juga digunakan untuk mencocokkan lokasi puncak isomer dengan data referensi, serta untuk membuat kurva kalibrasi yang diperlukan untuk kuantifikasi. Hasil analisis HPLC disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Analisis HPLC dari vitamin E rich oil (Tocotrol™ L50P, minyak sawit mentah yang terdiri dari 43% tocotrienols) (Abu-Fayyad *and* Nazzal, 2017)

Hasil penelitian (Abu-Fayyad *and* Nazzal, 2017) menunjukkan bahwa isomer δ -T3 (Delta-tokotrienol) terelusi terlebih dahulu karena sifatnya yang lebih hidrofilik, diikuti oleh γ -T3 (Gamma-tokotrienol) dan α -T3 (Alpha-tokotrienol), sementara α -T (Alpha-tokoferol) terelusi terakhir karena sifat lipofiliknya yang lebih tinggi. Analisis HPLC juga digunakan untuk mencocokkan lokasi puncak isomer dengan data referensi dan untuk membuat kurva kalibrasi yang diperlukan untuk kuantifikasi.

2.7. Spektrofotometri UV-Vis

UV-Vis spektrofotometri merupakan teknik analisis spektroskopi yang digunakan untuk mengukur penyerapan cahaya oleh molekul dalam rentang panjang gelombang ultraviolet (UV) (200–400 nm) dan *visible* (Vis) (400–800 nm). Metode ini sangat populer dalam bidang kimia dan biokimia untuk analisis senyawa organik dan anorganik karena kesederhanaannya dan sensitivitasnya yang tinggi. Teknik UV-Vis memungkinkan pengukuran konsentrasi zat berdasarkan interaksi cahaya dengan elektron dalam molekul, di mana cahaya yang diserap menyebabkan eksitasi elektron dari tingkat energi dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi (Skoog *et al.*, 2007). senyawa dalam larutan dengan akurasi tinggi. Dalam penelitian oleh (Darmawati *et al.*, 2016). Sinar ultraviolet (UV) mempunyai panjang gelombang antara 200-400 nm, dan sinar tampak (*visible*) mempunyai panjang gelombang 400-750 nm. Pengukuran spektrofotometri menggunakan alat spektrofotometer yang melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometer UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif. Spektrum UV-Vis sangat berguna untuk pengukuran secara kuantitatif. Konsentrasi dari analit di dalam larutan bisa ditentukan dengan mengukur absorban pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer (Rohman, 2007).

Prinsip dasar dari spektrofotometri UV-*Vis* adalah interaksi antara Cahaya monokromatis dan molekul dalam larutan, di mana cahaya yang diserap menyebabkan transisi elektron dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi (Tulandi *et al.*, 2015). Alat ini menggunakan sumber cahaya yang memancarkan radiasi elektromagnetik dalam rentang panjang gelombang 190 hingga 800 nm, yang mencakup daerah ultraviolet dan tampak (Saria *and* Kuntarib, 2019). Kelebihan dari metode spektrofotometri UV-*Vis* adalah kesederhanaan, kecepatan, dan biaya operasional yang relatif rendah dibandingkan dengan teknik analisis lainnya seperti kromatografi cair (HPLC) (Darmawati *et al.*, 2016). Namun, metode ini juga memiliki keterbatasan, terutama ketika digunakan untuk analisis campuran kompleks, di mana absorpsi senyawa tidak bersifat selektif dan dapat menyebabkan kesalahan dalam pengukuran (Suhartati, 2017).

Penelitian ini menggunakan metode yang telah dikembangkan oleh (Abu-Fayyad *and* Nazzal, 2017) di mana teknik HPLC digunakan untuk mendeteksi dan mengukur konsentrasi isomer-isomer vitamin E selama analisis HPLC. Dengan menggunakan detektor UV-*Vis*, peneliti dapat memastikan akurasi dalam kuantifikasi isomer yang diisolasi dan memantau kemurnian fraksi yang dihasilkan. Hasil penelitian (Abu-Fayyad *and* Nazzal, 2017) menunjukkan bahwa detektor ini efektif dalam mendeteksi dan mengukur konsentrasi isomer-isomer vitamin E, termasuk α -tokoferol dan tokotrienol. Detektor ini beroperasi pada panjang gelombang 295 nm, yang merupakan panjang gelombang maksimum untuk analisis vitamin E. Dengan menggunakan detektor UV-*Vis*, peneliti dapat mengidentifikasi lokasi puncak isomer berdasarkan absorbansi, yang penting untuk memastikan akurasi dalam kuantifikasi dan memantau kemurnian fraksi yang dihasilkan.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Januari sampai Juni 2025, bertempat di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, kemudian pengujian HPLC dilakukan di UPA Laboratorium Terpadu Institut Teknologi Sumatera.

3.2. Alat dan Bahan

Adapun Alat dan Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2.1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kolom kromatografi (29 cm x 2,5 cm), plat KLT, instrument spektrofotometer UV-*Vis* Shimadzu, instrumen HPLC Shimadzu, dan alat-alat gelas laboratorium.

3.2.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Crude Palm Oil* (CPO), silika Gel 70-230 mesh, celite 545, N-heksana, etil asetat (EtOAc), asam asetat (HOAc), asam sulfat (H₂SO₄), metanol (MeOH), dan reagen *Lieberman Buchard*.

3.3. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.3.1. Pemisahan Menggunakan Kromatografi Kolom

Kolom kromatografi disiapkan dengan memasukkan silika gel ke dalam gelas beaker ditambahkan pelarut heksana sampai terendam dan didiamkan semalaman, kemudian dimasukkan ke dalam kolom. Sebanyak 1,5gram sampel CPO dicampur dengan Celite 545 dan hasilnya diaplikasikan ke kolom yang telah disiapkan. Kolom dielusi dengan sistem pelarut gradien, mulai dari n-heksan dengan peningkatan jumlah etil asetat (EtOAc) dari percobaan 1 hingga percobaan ke 5 dan komposisi pelarut yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1. Kandungan setiap fraksi dikonfirmasi dengan kromatografi lapis tipis (KLT).

Tabel 1. 1 Variasi Konsentrasi Pelarut Gradien

No. Percobaan	N-heksan (ml)	Etil Asetat (ml)
1.	10	0
2.	9	1
3.	8	2
4.	7	3
5.	6	4

3.3.2. Analisis Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

Fraksi yang telah dari diperoleh dari kromatografi kolom diterapkan pada pelat KLT. Sampel diletakkan pada garis dasar yang telah ditentukan. Pelat kemudian dikembangkan dalam fase gerak yang terdiri dari campuran n-heksan dan etil asetat (EtOAc). Pelat dimasukkan ke dalam wadah pengembangan atau chamber yang berisi

fase gerak, dan proses ini memungkinkan komponen dalam sampel untuk bergerak naik pada pelat.

3.3.2.1. Pengamatan di bawah sinar UV

Pelat diamati di bawah sinar UV pada panjang gelombang 254 nm dan 366 nm menggunakan lampu UV kompak UVGL-15 untuk mengidentifikasi lokasi komponen yang terpisah berdasarkan fluoresensi dan kemudian disemprot dengan reagen *Lieberman Buchard* yang dibuat dengan mencampur anhidrida asetat dan asam sulfat dengan perbandingan 3:1. Reagen ini digunakan untuk mendeteksi senyawa terpenoid. Setelah disemprot dengan reagen ini, pelat dikeringkan menggunakan *hotplate* untuk menghilangkan kelembapan dan mempercepat proses reaksi.

3.3.3. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum dengan Spektrofotometer UV-Vis.

Larutan Standar tokoferol 10 mg dimasukkan ke dalam gelas kimia dilarutkan dengan n-heksan 5 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 10 ml kemudian ditambahkan n-heksan hingga tanda batas menghasilkan larutan induk baku 1000 ppm. Larutan induk baku 1000 ppm diambil 1 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL menghasilkan larutan standar 100 ppm. Larutan diukur dengan spektrofotometer ultraviolet pada rentang panjang gelombang 200-400 nm. Perlakuan sama digunakan untuk mengukur panjang gelombang maksimum sampel tokoferol.

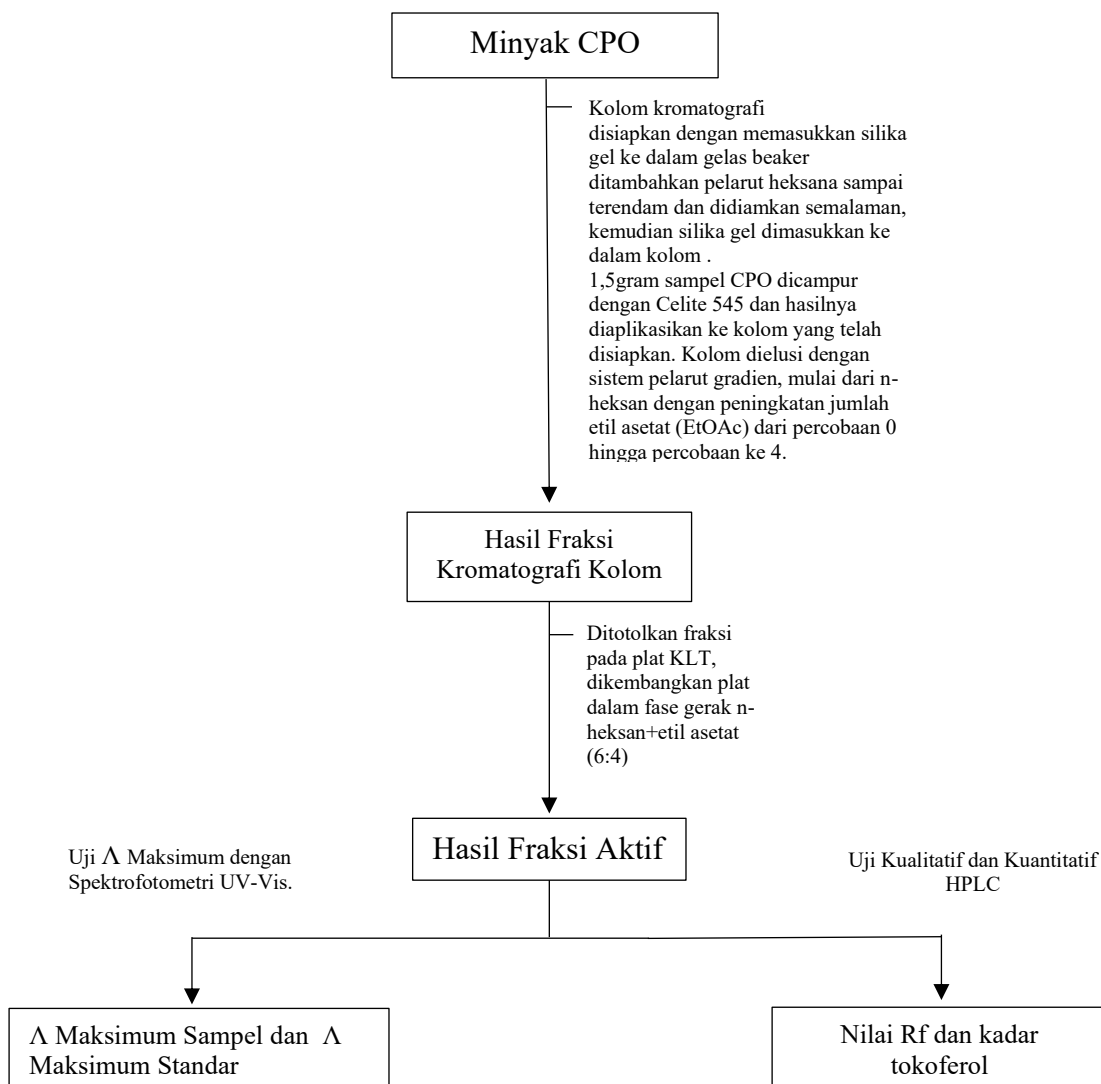
3.3.4. Analisis *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC)

Sampel ditimbang sebesar 4,2 mg yang dilarutkan dalam 1,5 mL metanol. Fasa Gerak kemudian disiapkan yang terdiri dari 85% metanol, 7,5% etanol dan 7,5% asetonitril. Sampel diinjeksi sebanyak 20 μ L menggunakan metode *autosampler*.

Kolom yang digunakan Kinetex™ C18 (5 μ m, 150 $\times$ 4,6 mm), suhu kolom 40°C laju alir 1 mL/menit, detektor PDA, waktu analisis 30 menit.

3.3.5. Diagram Alir

Seluruh proses yang dilakukan dalam prosedur di atas dapat dirangkum dalam diagram alir sebagai berikut.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Kromatografi kolom dengan fase diam silika gel dan fase gerak n-heksan: etil asetat (7:3) dapat memisahkan dan memurnikan senyawa tokoferol pada CPO.
2. Kadar α -tokoferol pada CPO pada penelitian ini adalah 0,23 %

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat saran untuk penelitian selanjutnya yaitu berdasarkan hasil yang didapatkan untuk melakukan optimasi, validasi metode serta pemilihan pelarut injeksi terhadap vitamin E untuk mendapatkan hasil yang optimal dan valid untuk melakukan pemisahan dan pemurnian pada *Crude Palm Oil* (CPO).

DAFTAR PUSTAKA

- Abu-Fayyad, A., and Nazzal, S. 2023. Ekstraksi Isomer Vitamin E dari Minyak Sawit: Metodologi, Karakterisasi, dan Aktivitas Anti-Tumor In Vitro. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 137 (1): 486-495
- Amin, S., Amir, M., dan Slamet, I. 2016. Kromatografi Cair Kinerja Tinggi Untuk Analisis Senyawa Diuretik yang Disalahgunakan Sebagai Doping Dalam Urin. *Jurnal Sains Keolahragaan dan Kesehatan*. 1 (2).
- Andarina, D., and Djauhari, T. 2017. Peran Vitamin E sebagai Antioksidan dan Aplikasinya dalam Bidang Farmasi dan Kosmetik. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 14(2), 95-104.
- Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M. and Gilani, A.H. 2007. *Moringa oleifera*: a Food Plant with Multiple Medicinal Uses. *Phytother Res*. 21: 17-25.
- Arifandy, M. I., Cynthia, E. P., dan Muttakin, F. 2021. Potensi Limbah Padat Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Terbarukan Dalam Implementasi Indonesian Sustainability Palm Oil. Sitekin: *Jurnal Sains Teknologi dan Industri*. 19 (1): 116-122.
- Ball, G.F.M. 2006. *Vitamins in Foods: Analysis and Stability*. Taylor and Francis Group. Boca Raton.
- Basiron, Y. 2005. *Palm Oil di dalam: Shahidi, F, editor. Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Ed ke-6*. A John Wiley and Sons Inc. Canada.
- Cai, L. 2014. *Thin Layer Chromatography*. Wiley Online Library. South Carolina.
- Carter, C., Finley, W., Fry, J., Jackson, D., Willis, L. 2007. Palm Oil Markets and Future Supply. *Europe Journal Lipid Science Technology*. 307-314.
- Cassano, R. 2012. Vitamin E Chemistry Biological Activity and Benefits on the Skin. In Hand book of Diet, Nutrition and the Skin. *Wageningen Academic Publishers*. 144-163.
- Chawla, G., and Ranjan, C. 2016. Principle, Instrumentation, and Applications of UPLC: A Novel Technique of Liquid Chromatography. *Open Chemistry Journal*. 3 (1): 1-16.
- Cifor-Icraf. 2023. Challenges Facing Forest Preservation and Conservation Efforts. *Center for International Forestry Research and World Agroforestry Centre*.
- Coskun., O. 2016. Separation Techniques: Chromatography. *Northern Clinics of Istanbul*. 3 (2): 156-160.

- Darmawati, D., Soebahagiono, S., dan Purwanto, A. 2016. Penetapan Kadar Salbutamol Sediaan Tablet Secara Spektrofotometri. *Jurnal Insan Farmasi Indonesia*. 4 (1): 33-43.
- Dauqan, E., Sani, H., Abdullah., Abdullah, A., 2011. Vitamin E and Beta Carotene Composition in Four Different Vegetable Oils. *American Journal of Applied Sciences*. 8 (5): 407-412.
- Devaraj, S., Tang, R., Adams, B., Harris, A., Seenivasan, T., de Lemos, J. A., Jialal, I. 2007. Effect of Highdose Alpha-tocopherol Supplementation on Biomarkers of Oxidative Stress Inflammation and Carotid Atherosclerosis in Patients with Coronary Artery Disease. *American Journal of Clinical Nutrition*. 86 (5): 1392-1398.
- Donald, P., Lampman, G., Kritz, G., Randall, G. 2006. *Engel Introduction to Organic Laboratory Technique 4 th Edition*. Thomson Brooks Cole. California.
- Fasya A.G, Tyas A.P, Mubarakah F.A. 2018. Variasi Diameter Kolom dan Rasio Sampel-Silika pada Isolasi Steroid dan Triterpenoid Alga Merah *Eucheuma cottonii* dengan Kromatografi Kolom Basah. *Journal of Chemistry*. 6 (2): 57-64.
- Fitriyono Ayustaningwarno. (2012). *Teknologi Pangan: Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Gagne, A., Wei, S.Q., Fraser, W.D., and Julien, P. 2009. Absorption, Transport, and Bioavailability of Vitamin E and its Role in Pregnant Women. *Journal of Obstetetry and Gynaecology Canada*. 31: 210-217.
- Gros, Q., Wolniaczyk, M., Duval, J., Horie, S., Funada, Y., Hayakawa, W., West, C., Lesellier, E. 2023. Facilitated On-line Supercritical Fluid Extraction Supercritical Fluid Chromatography for Nonpolar and Polar Compounds from Milk Thistle Seeds. *Journal of Chromatography*. doi: 10.1016/j.chroma.2023.464168. Epub 2023 Jun 17. PMID: 37348225.
- Harvey, D. 2000. *Modern Analytical Chemistry*. The McGraw-Hill Companies Inc. USA.
- Hidayat. 2019. Perubahan Ekosistem Hutan Terhadap Ketahanan Masyarakat Di Sekitar Hutan: Kasus Kabupaten Merangin, Jambi. *Journal of Human and Environment*. 2 (1): 11-14.
- Islamiya, T.A.H., Sari, W.D., Yasin, Z.M., Restikasari, W., Shaari, S.M., Susandika, D.M. 2022. Technical Efficiency and Productivity Growth of Crude Palm Oil: Variation across Years, Locations, and Firm Sizes in Indonesia. *Economic Development*. 10 (12).

- Karvinaldi, A., Dharmawati, N. D., dan Renjani, R. A. 2022. Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Serabut (Fiber) dalam Pembuatan Polybag Organik. *Jurnal Teknotan*. 16 (1): 37.
- Kresnawaty, I., Budiani, A., Panji, T., Suharyanto. 2012. Isolasi dan Mikroenkapsulasi Vitamin E dari Crude Palm Oil sebagai Sumber Antioksidan Bahan Pangan. *Jurnal Menara Perkebunan*. 80(2): 68-76.
- Kumar, S., Jyotimayee, K., and Sarangi, M. 2013. Thin layer Chromatography: a Tool of Biotechnology for Isolation of Bioactive Compounds from Medicinal Plants. *International Journal of Pharmacy. Sci. Rev. Res.* 18 (1): 126-132.
- Latif, N. W. A., and Anuar, N. 2018. Supercritical Carbon Dioxide (SC-CO₂) Extraction of Palm Oil: A Review. *International Journal of Engineering and Technology*. 7 (4): 63-66.
- Li, C., Li, R.W., Elsasser, T.H. 2010. Gene Regulation and Systems Biology Alpha-Tocopherol Modulates Transcriptional Activities that Affect Essential Biological Processes in Bovine Cells. *Gene Regulation and System Biology*. 4: 109-124.
- Mba, C., Smith, J., and Doe, A. 2015. The Impact of MBA Programs on Career Advancement. *Journal of Business Education*, 12 (3): 45-60.
- Mirawati. 2022. Kromatografi Kolom. Diakses pada 16 Juli 2022. <https://www.slideshare.net/idafar masi/kromatografi-kolompptx>.
- Morad, N., Aziz, M., and Rohani. 2006. Process Design in Degumming and Bleaching of Palm Oil. Centre of Lipids Engineering and Applied Research (CLEAR). Universiti Teknologi Malaysia. Malaysia.
- Ng, M. H., and May, C. Y. 2012. Analisis Kromatografi Tokoferol dan Tokotrienol dalam Minyak Kelapa Sawit. *Jurnal Ilmu Kromatografi*. 50 (3): 283-286.
- Nurhayati, D., Noviarita, H., and Fasa, I. M. 2023. Cooperation Between Indonesia and Malaysia in Palm Hydrilization. *Management Studies and Entrepreneurship Journal*. 4 (6): 913-914.
- Nurkholis, A., and Sitanggang, I. 2020. Optimization for Prediction Model of Palm Oil Land Suitability Using Spatial Decision Tree Algorithm. *Journal Teknol. Dan Sistem Komputasi*. 8 (3): 192-200.
- Oil World. 2010. ISTA Mielke Gmbh. Diakses 6 April 2011. <http://www.oilworld.biz/>.
- Organic Laboratory Technique 4th Edition*. California: Thomson Brooks Cole: 797-817.
- Rohman, A. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Cetakan I. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.

- Saragih, V., Melaca, K. M., Darmawan, R., and Hendrianie, N. 2018. Pra Desain Pabrik CPO (*Crude Palm Oil*) dan PKO (*Palm Kernel Oil*) dari Buah Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik ITS*. 7 (1): 181-183.
- Saria, A., dan Kuntarib, A. 2019. Analisis Kadar Salbutamol pada Sediaan Tablet. 861-868.
- Sembiring, B. 2007. Teknologi Penyiapan Simplisia Terstandar Tanaman Obat. *Warta Puslitbangbun*. 13.
- Sherma, J. and Fried, B. 2003. *Handbook of Thin-Layer Chromatography. Third Edition, Revised and Expanded*. Marcel Dekker Inc. New York.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., and Crouch, S. R. 2007. *Principles of Instrumental Analysis* (6th ed.). Belmont CA: Thomson Brooks Cole.
- Snyder, L. R., Kirkland, J. J., and Dolan, J. W. 2012. *Introduction to Modern Liquid Chromatography*. Wiley.
- Suhail, M., dan Sari, D. 2021. Pengolahan Minyak Kelapa Sawit Menjadi High Acid Crude Palm Oil. *Jurnal Energi dan Sumber Daya Mineral*. 12 (1): 45-52.
- Suhartati, T. 2017. *Dasar-dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrofotometri Massa Untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. CV. Anugrah Utama Raharja.
- Sundram, E. A. 2003. Palm Fruit Chemistry and Nutrition. *Asia Pac J Clin Nutr*. 12: 355-362.
- Syahmani, Leny, Iriani, R., dan Elfa, N. 2017. Penggunaan Kitin Sebagai Alternatif Fase Diam Kromatografi Lapis Tipis Dalam Praktikum Kimia Organik. *Jurnal Vidya Karya*. (32): 1.
- Tarmizi, A.H.A., Lin, S.W. and Kuntom, A. 2008. Development of Palm Based Reference Materials for the Quantification of Fatty Acids Composition. *J. Oleo Science*. 57 (5): 275-285.
- Tulandi, A., Sudewi, S., dan Lolo, S. 2015. "Spektroskopi UV-Vis: Prinsip, Cara Kerja, Hukum Lambert Beer. *Jurnal Pendidikan dan Konseling*. 5 (1): 12-20.
- Wang, P. G., Cai, T., and Qian, L. 2013. Applications of HPLC in Pharmaceutical Analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 85: 100-110.
- Winarno, F. G. 1999. *Minyak Goreng dalam Menu Masyarakat*. Pusat Pengembangan Teknologi Pangan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Yang, Y., and McClements, D.J. 2013. Vitamin E Bioaccessibility: Influence of Carrier oil Type on Digestion and Release of Emulsified α -Tocopherol Acetate. *Food Chemistry*. 141: 473-481.