

Downstream Utilization of Palm Oil Waste: The Potential of the Unsaponifiable Fraction as a Natural Anti-Aging and Moisturizing Active Ingredient for the Modern Cosmetics Industry

Hilirisasi Limbah Kelapa Sawit: Potensi Fraksi Tak Tersabunkan sebagai Bahan Aktif Anti-Aging dan Pelembap Alami dalam Industri Kosmetik Modern

Chantiara Farida Makussy Muini ^a, Munir Alinu Mulki ^{a*}

^a Department of Pharmacy, Faculty of Health Sciences, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, West Java, Indonesia

*Corresponding Authors: 2310631210061@student.unsika.ac.id

Abstract

Background: The Indonesian palm oil industry generates substantial waste, one of which is Palm Fatty Acid Distillate (PFAD), which has been predominantly utilized as a low-value industrial raw material or discarded as waste. However, PFAD contains an unsaponifiable fraction rich in high-value bioactive compounds such as vitamin E (tocotrienols and tocopherols), squalene, phytosterols, and carotenoids, which possess significant potential as natural cosmetic active ingredients. **Objective:** This study aims to examine the potential of palm oil waste downstreaming, particularly the unsaponifiable fraction of PFAD, as a source of bioactive compounds for anti-aging and moisturizing applications in the modern cosmetics industry. **Methods:** This research is a Systematic Literature Review (SLR) employing a qualitative descriptive approach. Literature searches were conducted through Google Scholar, PubMed, and Science Direct databases using keywords related to palm oil waste, PFAD, and unsaponifiable fraction, with publication restrictions set for the last five years (2021–2026). From 210 initially identified articles, 9 articles were selected after screening processes based on titles, abstracts, and full-text eligibility. Data were analyzed using a descriptive meta-synthesis approach. **Results:** The findings indicate that PFAD contains significant bioactive compounds, with total tocotrienol reaching 2,136 ppm and vitamin E levels up to 12,282 ppm after purification processes. The most effective extraction methods were achieved through supercritical CO₂ with ethanol as a co-solvent (30.03 ± 0.03 mg/g) and ionic liquid [C₄MIM]Ac (75.41% efficiency). The bioactive compounds of the unsaponifiable fraction demonstrated potent antioxidant activity (IC₅₀ up to 23.3 ppm), which plays a role in inhibiting oxidative stress—a primary factor in premature aging—while also maintaining skin moisture through emollient mechanisms. Formulation studies revealed that nanoemulsion applications increased skin moisture from 51% to 62.5% and elasticity from 85% to 98.5%, while palm lipid-based body butter, cream, and lotion preparations exhibited good physical stability with skin-safe pH (5–6) and no irritation. **Conclusion:** The unsaponifiable fraction of palm oil waste has strategic potential to be developed as a modern cosmetic active ingredient, supporting the concept of a circular economy and national cosmetic raw material self-sufficiency. However, further research is still required for clinical validation of anti-aging and moisturizing effects on human skin, as well as optimization of sustainable processing technologies.

Keywords: Palm Fatty Acid Distillate (PFAD), unsaponifiable fraction, anti-aging, natural moisturizer, palm oil waste downstreaming, modern cosmetics.

Abstrak

Latar Belakang: Industri kelapa sawit Indonesia menghasilkan limbah dalam jumlah besar, salah satunya adalah *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD), yang selama ini lebih banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku industri bernilai rendah atau dibuang sebagai limbah. Padahal, PFAD mengandung fraksi tak tersabunkan (*unsaponifiable fraction*) yang kaya akan senyawa bioaktif bernilai tinggi seperti vitamin E (tokotrienol dan tokoferol), skualen, fitosterol, dan karotenoid yang memiliki potensi sebagai bahan aktif kosmetik alami. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi hilirisasi limbah kelapa sawit, khususnya fraksi tak tersabunkan dari PFAD, sebagai sumber senyawa bioaktif untuk aplikasi anti-aging dan pelembap dalam industri kosmetik modern. **Metode:** Penelitian ini merupakan *Systematic Literature Review* (SLR) dengan pendekatan deskriptif kualitatif. Pencarian literatur dilakukan melalui database Google Scholar, PubMed, dan Science Direct menggunakan kata kunci terkait limbah kelapa sawit, PFAD, dan fraksi tak tersabunkan, dengan batasan publikasi 5 tahun terakhir (2021–2026). Dari 210 artikel yang diidentifikasi, 9 artikel terpilih setelah melalui proses penyaringan berdasarkan judul, abstrak, dan kelayakan naskah lengkap. Data dianalisis menggunakan pendekatan meta-sintesis deskriptif. **Hasil:** Hasil kajian menunjukkan bahwa PFAD mengandung senyawa bioaktif yang signifikan, dengan total tokotrienol mencapai 2.136 ppm dan kadar vitamin E hingga 12.282 ppm setelah proses pemurnian. Metode ekstraksi terbaik diperoleh melalui *supercritical CO₂* dengan etanol sebagai *co-solvent* (30,03 ± 0,03 mg/g) dan *ionic liquid* [C₄MIM]Ac (efisiensi 75,41%). Senyawa bioaktif fraksi tak tersabunkan terbukti memiliki aktivitas antioksidan kuat (IC₅₀ hingga 23,3 ppm) yang berperan dalam menghambat stres oksidatif, penyebab utama penuaan dini, serta menjaga kelembapan kulit melalui mekanisme emolien. Studi formulasi menunjukkan aplikasi dalam nanoemulsi meningkatkan kelembapan kulit dari 51% menjadi 62,5% dan elastisitas dari 85% menjadi 98,5%, sedangkan sediaan *body butter*, krim, dan lotion berbasis lipid sawit menunjukkan stabilitas fisik yang baik dengan pH aman bagi kulit (5–6) serta tidak menimbulkan iritasi. **Kesimpulan:** Fraksi tak tersabunkan limbah kelapa sawit berpotensi strategis dikembangkan sebagai bahan aktif kosmetik modern yang mendukung konsep ekonomi sirkular dan kemandirian bahan baku kosmetik nasional. Namun, masih diperlukan penelitian lanjutan untuk validasi klinis efek anti-aging dan pelembap pada kulit manusia, serta optimalisasi teknologi pengolahan yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Palm Fatty Acid Distillate (PFAD), fraksi tak tersabunkan, anti-aging, pelembap alami, hilirisasi limbah sawit, kosmetik modern.



Copyright © 2020 The author(s). You are free to : **Share** (copy and redistribute the material in any medium or format) and **Adapt** (remix, transform, and build upon the material) under the following terms: **Attribution** – You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use; **NonCommercial** – You may not use the material for commercial purposes; **ShareAlike** – If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original. Content from this work may be used under the terms of the a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\) License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

<https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v9i2.1700>

Article History:

Received: 25/04/2026,
Revised: 26/06/2026,
Accepted: 26/06/2026,
Available Online: 27/06/2026.

QR access this Article



Pendahuluan

Industri kelapa sawit telah menjadi tulang punggung perekonomian Indonesia, dengan kontribusi signifikan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional melalui sektor perkebunan dan pengolahan. Namun demikian, tantangan keberlanjutan industri ini tidak hanya terletak pada isu lingkungan, tetapi juga pada optimalisasi nilai tambah produk turunannya. Hilirisasi industri kelapa sawit menjadi strategi kunci untuk meningkatkan daya saing produk sawit di pasar global, mengingat minyak sawit dan minyak inti sawit memiliki fleksibilitas aplikasi yang luas, tidak terbatas pada sektor pangan tetapi juga mencakup industri oleokimia, farmasi, dan kosmetik [1]. Proses hidrolisis atau *splitting* trigliserida menjadi asam lemak dan gliserol pada suhu serta tekanan tinggi menghasilkan produk asam lemak yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku sabun, deterjen, pelumas, pengemulsi, hingga sediaan kosmetik. Namun, dalam proses pengolahan tersebut, komponen minor seperti karotenoid, tokoferol, dan tokotrienol rentan mengalami degradasi akibat pemanasan dan oksidasi, sehingga diperlukan pendekatan hilirisasi yang tidak hanya berorientasi pada produk oleokimia dasar, tetapi juga pada pemanfaatan senyawa bioaktif bernilai tinggi [1]. Salah satu produk samping (*by-product*) industri pemurnian minyak sawit yang mendapat perhatian dalam dekade terakhir adalah *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) atau Distilat Asam Lemak Minyak Sawit (DALMS). PFAD, yang dihasilkan dari proses deasidifikasi dan deodorisasi minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil/CPO*), selama ini lebih banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku industri sabun murah, pakan ternak, atau bahkan dibuang sebagai limbah industry [1,2]. Padahal, komposisi kimia PFAD menunjukkan kandungan asam lemak bebas (*free fatty acids/FFA*) yang tinggi (>95%) serta komponen minor berupa senyawa bioaktif lipofilik yang tergolong dalam fraksi tak tersabunkan (*unsaponifiable fraction*) [3]. Fraksi ini mengandung berbagai senyawa bernilai ekonomi tinggi seperti tokoferol, tokotrienol, squalene, fitosterol, dan karotenoid yang dikenal memiliki aktivitas antioksidan kuat [4–6]. Temuan Kurniawan et al. [1] menunjukkan bahwa PFAD dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan *fat replacer* sorbitol-oleat poliester, sementara Halim et al. [2] melaporkan bahwa PFAD dapat dipisahkan menjadi fraksi jenuh dan tak jenuh melalui proses kristalisasi pelarut metanol dengan kelayakan tekno-ekonomi yang menjanjikan. Hal ini mengindikasikan bahwa PFAD bukanlah limbah akhir, melainkan bahan antara yang masih memiliki potensi besar untuk dikembangkan melalui teknologi pemurnian dan fraksinasi.

Dalam konteks industri kosmetik modern, senyawa bioaktif yang terkandung dalam fraksi tak tersabunkan PFAD memiliki relevansi yang tinggi mengingat meningkatnya permintaan konsumen terhadap produk perawatan kulit berbasis bahan alam yang aman dan berkelanjutan [7]. Tokotrienol, sebagai salah satu homolog vitamin E dengan aktivitas antioksidan 40-60 kali lebih kuat dibandingkan tokoferol, telah terbukti mampu melindungi sel kulit dari stres oksidatif yang merupakan faktor utama penyebab penuaan dini (*photoaging*) [4,6]. Squalene, yang merupakan komponen utama sebum alami kulit, berfungsi sebagai pelembap alami (*natural moisturizer*) dan antioksidan lipofilik yang melindungi lapisan stratum korneum dari kerusakan oksidatif [8]. Sementara itu, fitosterol dan karotenoid berperan sebagai agen anti-inflamasi dan fotoprotektif yang dapat memperbaiki fungsi sawar kulit serta meningkatkan hidrasi dermal [9,10]. Berbagai studi formulasi juga telah mengkonfirmasi bahwa turunan lipid sawit dapat diaplikasikan dalam berbagai bentuk sediaan kosmetik, mulai dari krim, body butter, lotion, hingga nanoemulsi, dengan stabilitas fisik yang baik dan potensi efikasi klinis dalam meningkatkan kelembapan serta elastisitas kulit [8,10,11].

Meskipun penelitian mengenai PFAD dan komponen bioaktifnya telah berkembang pesat dalam kurun waktu lima tahun terakhir, masih terdapat kesenjangan literatur (*research gap*) dalam hal integrasi antara aspek

karakterisasi fitokimia fraksi tak tersabunkan, optimalisasi metode pengolahan, evaluasi stabilitas formulasi, dan uji efikasi klinis dalam satu kerangka kajian yang komprehensif. Sebagian besar penelitian masih bersifat parsial, berfokus pada aspek karakterisasi kimia [3,12] atau optimasi ekstraksi [4,6] tanpa menghubungkannya secara sistematis dengan pengembangan produk kosmetik akhir. Di sisi lain, studi formulasi yang ada [8,10]. belum secara eksplisit mengaitkan sumber lipid yang digunakan dengan fraksi tak tersabunkan PFAD sebagai bahan baku utama, sehingga masih terdapat celah dalam upaya hilirisasi limbah sawit menjadi bahan aktif kosmetik bernilai tambah. Oleh karena itu, rumusan masalah dalam kajian ini dirumuskan sebagai berikut: (1) bagaimana karakteristik fitokimia fraksi tak tersabunkan PFAD serta bagaimana metode pengolahan kimia dan farmasi dapat mengoptimalkan perolehan dan stabilitas senyawa bioaktifnya; (2) bagaimana kinerja formulasi sediaan kosmetik berbasis lipid sawit dalam mempertahankan aktivitas biologis senyawa mikro untuk meningkatkan hidrasi dermal dan mereduksi tanda-tanda penuaan dini; serta (3) bagaimana strategi hilirisasi PFAD dapat menjadi solusi berkelanjutan bagi kemandirian bahan baku kosmetik nasional.

Kajian ini bertujuan untuk memberikan sintesis literatur yang komprehensif mengenai potensi strategis PFAD sebagai sumber bahan aktif fungsional pelembap dan anti-aging dalam industri kosmetik modern. Secara spesifik, kajian ini menganalisis karakteristik fitokimia fraksi tak tersabunkan PFAD, menelaah berbagai metode pengolahan kimia-farmasi yang telah dikembangkan, serta mengevaluasi stabilitas formulasi dan efikasi klinis sediaan berbasis lipid sawit dalam memperbaiki hidrasi kulit dan menghambat penuaan dini. Dengan pendekatan sistematis ini, diharapkan kajian dapat memberikan peta jalan (*roadmap*) bagi pengembangan produk kosmetik berbasis limbah sawit yang tidak hanya bernilai ekonomi tinggi tetapi juga mendukung prinsip ekonomi sirkular dan keberlanjutan industri kelapa sawit Indonesia.

Metode

Desain Penelitian dan Protokol Penelitian

Penelitian ini merupakan *Systematic Literature Review* (SLR) dengan pendekatan deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk mensintesis secara komprehensif potensi hilirisasi limbah kelapa sawit, khususnya fraksi tak tersabunkan dari *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD), sebagai bahan aktif anti-aging dan pelembap dalam industri kosmetik modern. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan eksplorasi mendalam terhadap temuan-temuan dari berbagai penelitian primer untuk menjawab pertanyaan penelitian secara holistic [13]. Untuk menjaga transparansi dan reproduktifitas, penelitian ini mengikuti pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020[14], sementara kerangka SPIDER (*Sample, Phenomenon of Interest, Design, Evaluation, Research type*) digunakan sebagai panduan dalam merumuskan pertanyaan penelitian dan strategi pencarian literatur [15]. Melalui kerangka ini, penelitian difokuskan pada sampel berupa jaringan kulit manusia serta sediaan kosmetik pelembap yang mengandung fraksi lipid sawit, dengan fenomena yang diteliti adalah hilirisasi PFAD dan pemanfaatan fraksi tak tersabunkan sebagai bahan aktif fungsional. Evaluasi dilakukan terhadap profil fitokimia, efikasi dermatologis (aktivitas antioksidan dan hidrasi stratum korneum), serta stabilitas formulasi, yang kemudian disintesis secara deskriptif berdasarkan bukti literatur ilmiah dari lima tahun terakhir.

Sumber dan Strategi Pencarian Literatur

Pencarian literatur dilakukan pada tiga basis data elektronik utama, yaitu Google Scholar, PubMed, dan ScienceDirect, selama periode November 2025 hingga Januari 2026. Strategi pencarian menerapkan operator Boolean dengan kombinasi kata kunci dalam bahasa Indonesia dan Inggris, mencakup istilah seperti "limbah kelapa sawit", "PFAD", "DALMS", "unsaponifiable fraction", "anti-aging", "moisturizer", serta "skin hydration". Batasan publikasi ditetapkan pada rentang lima tahun terakhir (2021–2026) untuk memastikan keterkinian informasi, dan hanya artikel penelitian primer (*original research*) yang dipublikasikan dalam jurnal terakreditasi atau terindeks yang diikutsertakan. Kriteria inklusi meliputi artikel yang membahas PFAD atau turunan minyak sawit lainnya sebagai sumber senyawa bioaktif, yang mengevaluasi aktivitas biologis seperti antioksidan atau pelembap, serta yang membahas formulasi kosmetik berbasis lipid sawit. Sebaliknya, artikel ulasan (*review*), editorial, prosiding tanpa data primer, artikel yang tidak tersedia dalam teks lengkap, serta yang membahas pemanfaatan PFAD di luar konteks kosmetik (seperti untuk biodiesel atau pakan ternak) dikeluarkan dari kajian.

Proses Seleksi Literatur

Proses seleksi literatur dilaksanakan melalui empat tahap sesuai alur PRISMA 2020, yaitu identifikasi, penyaringan (*screening*), penilaian kelayakan (*eligibility*), dan inklusi [14], yang dilakukan secara independen oleh dua peneliti untuk meminimalkan bias. Pada tahap identifikasi, pencarian menghasilkan total 210 artikel, terdiri dari 98 artikel dari Google Scholar, 67 dari PubMed, dan 45 dari ScienceDirect. Setelah penghapusan 37 artikel duplikat, tersisa 173 artikel yang dilanjutkan ke tahap penyaringan berdasarkan judul dan abstrak. Pada tahap ini, sebanyak 134 artikel dikeluarkan karena tidak relevan dengan topik penelitian, misalnya yang membahas PFAD untuk aplikasi industri non-kosmetik, sehingga menyisakan 39 artikel. Selanjutnya, pada tahap penilaian kelayakan, 39 artikel yang lolos dievaluasi teks lengkapnya, dan 30 artikel dikeluarkan dengan alasan tidak tersedia dalam bentuk teks lengkap (8 artikel) atau tidak menyediakan data kuantitatif maupun kualitatif yang cukup mengenai karakterisasi bioaktif, aktivitas biologis, atau formulasi (22 artikel). Pada akhirnya, 9 artikel yang memenuhi seluruh kriteria inklusi terpilih untuk dianalisis lebih lanjut.

Ekstraksi Data dan Analisis Data

Data dari 9 artikel yang terinklusi kemudian diekstraksi menggunakan tabel ekstraksi data yang telah dirancang sebelumnya, mencakup informasi mengenai identitas artikel, sampel atau sumber lipid yang digunakan, komponen fraksi tak tersabunkan yang diidentifikasi, metode pengolahan atau ekstraksi yang diterapkan, bentuk sediaan kosmetik yang dikembangkan, serta hasil utama yang mencakup kadar senyawa, aktivitas biologis, stabilitas formulasi, dan efikasi klinis. Analisis data dilakukan dengan pendekatan meta-sintesis deskriptif, yang mengintegrasikan temuan-temuan dari berbagai penelitian untuk menghasilkan pemahaman yang lebih mendalam dan komprehensif [16]. Proses analisis mencakup kategorisasi temuan berdasarkan tema utama (karakterisasi fitokimia, metode ekstraksi, formulasi kosmetik, dan efikasi biologis), sintesis tematik untuk mengidentifikasi pola serta kesenjangan penelitian, dan interpretasi untuk menghubungkan temuan dengan konteks hilirisasi limbah kelapa sawit dan pengembangan kosmetik modern. Untuk menjamin keabsahan data, penelitian ini menerapkan triangulasi sumber melalui penggunaan berbagai basis data, pelibatan dua peneliti dalam proses seleksi dan ekstraksi data untuk menjamin kredibilitas, serta dokumentasi sistematis seluruh tahapan penelitian untuk memungkinkan replikasi dan menjamin dependabilitas serta konfirmabilitas temuan.

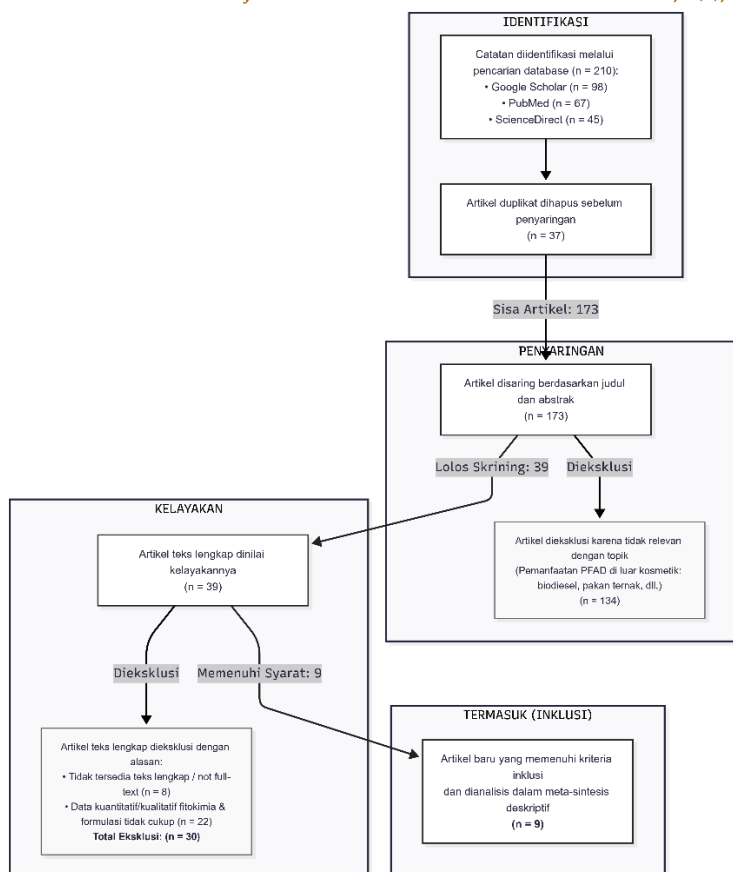
Tabel 1. Kerangka SPIDER

Kerangka SPIDER	Deskripsi
S (Sample)	Fokus pada jaringan kulit manusia (khususnya kondisi kulit kering dan gejala penuaan dini) serta sediaan kosmetik pelembap (krim, lotion, atau nanoemulsi) yang mengandung fraksi lipid sawit.
PI (Phenomenon of Interest)	Hilirisasi DALMS dan pemanfaatan fraksi tak tersabunkan (<i>unsaponifiable fraction</i>) sebagai bahan aktif fungsional yang memiliki aktivitas biologis (<i>anti-aging</i> dan hidrasi).
D (Design)	Systematic Literature Review (SLR) dengan teknik meta-sintesis deskriptif dari jurnal primer 5 tahun terakhir (2022-2026).
E (Evaluation)	Profil Fitokimia (kadar senyawa mikro), Efikasi Dermatologis (penghambatan radikal bebas dan hidrasi stratum korneum), serta Stabilitas Formulasi (oksidasi lipid).
R (Research Type)	Kualitatif-Deskriptif (Sintesis berbasis bukti literatur ilmiah).

Hasil dan Pembahasan.

No.	Sumber	Judul	Sampel/ Sumber Lipid	Komponen Fraksi Tak Tersabunkan	Bentuk Sediaan Kosmetik	Hasil Utama & Efikasi Pelembab/Anti Aging
1.	Husna et al. (2025) [8]	Pemanfaatan Minyak Sawit Olein Merah dalam Formulasi Sediaan Nanoemulsi sebagai Agen Anti-Aging	Minyak Sawit Olein Merah (<i>Red Palm Olein Oil</i>)	Squalene, karotenoid, dan vitamin E	Nanoemulsi Tipe Minyak dalam Air (O/W).	Konsentrasi 25% dengan ukuran partikel 37 nm terbukti paling efektif meningkatkan kelembapan kulit (dari 51% menjadi 62,5%), meningkatkan elastisitas (dari 85% menjadi 98,5%), serta menurunkan hiperpigmentasi (dari 55% menjadi 43%) selama 4 minggu pemakaian tanpa memicu iritasi
2.	Eknanda et al. (2024) [10]	Potensi <i>Red Palm Oil</i> (RPO) dengan Kombinasi <i>Cocoa Butter</i> sebagai Bahan Pembuatan <i>Body Butter</i> untuk Perawatan Kulit Kering	<i>Virgin Red Palm Oil</i> (VRPO)	Beta-karoten dan Vitamin E	<i>Body Butter</i> (Emulsi tipe air dalam minyak)	Memiliki stabilitas fisik dan homogenitas yang baik selama 21 hari penyimpanan dengan pH aman bagi kulit (5–6). Sediaan terbukti 100% aman tanpa memicu iritasi dermal atau fotosensitisasi di bawah sinar matahari. Kandungan asam lemak tak jenuh dalam RPO bekerja efektif sebagai emolien untuk menghidrasi dan melembutkan kulit yang mengalami dehidrasi berat.
3.	Budiasih et al. (2026) [11]	Formulasi dan Evaluasi Bahan Pelembab Alami, Semi Sintetik dan Sintetik dalam Pembuatan Krim Pelembab Kulit	Perbandingan Bahan Alami (<i>Sweet almond oil, Shea butter</i>), Semi-Sintetik (<i>Caprylic/capric triglyceride, Coco caprylate caprate</i>), dan Sintetik (<i>Dimethicone, Isopropyl myristate</i>)	Triasilgliserol, asam lemak esensial (pada kelompok alami); Ester fungsional & polimer silikon (pada semi-sintetik & sintetik)	Krim emulsi setengah padat (Tipe M/A dengan basis asam stearat)	Krim berbasis bahan alami (<i>shea butter</i> 15%) memberikan efek hidrasi terbaik dan paling konstan selama 6 jam pengujian pada 20 panelis. Sebaliknya, sediaan pelembap sintetik (<i>dimethicone</i> dan <i>isopropyl myristate</i>) tidak stabil secara fisikokimia (tidak homogen dan mengalami pemisahan fase pada uji sentrifugasi).
4.	Dewi et al. (2023) [9]	Evaluasi Perubahan Warna dalam Tahapan Pengolahan Minyak Mentah Sawit menjadi Minyak Sawit Merah dan Minyak Goreng Sawit sebagai Indikator Kandungan β -Karoten Minyak	<i>Crude Palm Oil</i> (CPO), <i>Red Palm Oil</i> (RPO), dan Minyak Goreng Sawit	Pigmen Karotenoid (β -karoten)	Analisis bahan baku (Karakterisasi spektrofotometri warna Hunterlab)	Proses pemucatan (<i>bleaching</i>) pada minyak goreng sawit menghilangkan pigmen merah secara signifikan ($\Delta\alpha=46,86$), yang menjadi indikator visual hilangnya kandungan β -karoten. Sebaliknya, produk inovasi RPO berhasil mempertahankan kandungan β -karoten. Sebaliknya, produk inovasi RPO berhasil mempertahankan kandungan ($\alpha=37,70$) yang tetap terjaga. Perbedaan warna yang kontras ($\Delta E=9,37$) membuktikan bahwa pemurnian konvensional merusak senyawa aktif antioksidan tersebut.
5.	Aryusuk et al. (2024) [3]	<i>Characterization of Palm Fatty Acid Distillate, Diacylglycerol Regioisomers, and Esterification Products Using High-Performance Size Exclusion Chromatography</i>	Distilat Asam Lemak Minyak Sawit (DALMS / PFAD)	Asam lemak bebas (FFA >95%), Vitamin E, Skualen, dan Fitosterol	Karakterisasi Bahan Baku & Produk Esterifikasi (Analisis HPSEC-ELSD)	Konversi FFA dari limbah DALMS melalui esterifikasi menghasilkan 31,85% MAG dan 51,54% DAG (emulgator alami) dalam waktu 2 jam. Menemukan bahwa isomer <i>sn</i> -1,3-DAG memiliki stabilitas termodinamika yang lebih tinggi akibat efek sterik molekul, menjadikannya agen pembawa (<i>carrier</i>) sediaan topikal yang stabil.

6.	Soontornchatchawate et al. (2022) [12]	Scrubbed Palm Fatty Acid Distillate as Vitamin E Concentrate	Distilat Asam Lemak Minyak Sawit Pembasuhan (<i>Scrubbed Palm Fatty Acid Distillate / S-PFAD</i>)	Vitamin E (<i>Tokotrienol</i> dan <i>Tokoferol</i> murni)	Analisis Pemurnian Bahan Aktif (Karakterisasi HPLC-UV ODS Column)	Rekayasa teknologi <i>S-PFAD Scrubber</i> berhasil memurnikan limbah sawit hingga menghasilkan konsentrasi Vitamin E sebesar 28.000–32.000 ppm. Setelah proses esterifikasi dan penguapan sisa asam lemak, kadar Vitamin E pada residu akhir melonjak hingga 24,7%. Isomer <i>tokotrienol</i> di dalamnya terbukti poten sebagai <i>free radical scavenger</i> untuk menghentikan peroksidasi lipid dermal.
7.	Ulfa et al. (2024) [6]	<i>Imidazolium-Based Ionic Liquids for the Selective Separation of Tocotrienol Homologues from Palm Fatty Acid Distillate via Liquid-Liquid Extraction</i>	Palm Fatty Acid Distillate (PFAD)	Tokotrienol sebagai homolog vitamin E, meliputi δ -tocotrienol, $\beta\gamma$ -tocotrienol, α -tocotrienol, serta α -tocopherol yang terdeteksi dalam PFAD	Belum diformulasikan menjadi sediaan kosmetik; masih berupa hasil ekstraksi/fraksi tokotrienol dari PFAD menggunakan <i>ionic liquids</i>	PFAD mengandung total tokotrienol sebesar 2136 ppm. Ekstraksi terbaik diperoleh dengan pelarut [C4MIM]Ac, menghasilkan tokotrienol 1611,09 mg/kg dengan efisiensi ekstraksi 75,41%. Hasil ini menunjukkan bahwa PFAD berpotensi menjadi sumber senyawa bioaktif antioksidan. Secara kosmetik, tokotrienol relevan sebagai bahan aktif anti-aging karena berperan melindungi kulit dari stres oksidatif, tetapi jurnal ini belum menguji efek pelembap atau anti-aging secara langsung pada kulit.
8.	Othman et al. (2023) [4]	<i>Co-Solvent Selection for Tocotrienol Extraction from Palm Fatty Acid Distillate Using Supercritical Carbon Dioxide</i>	<i>Palm Fatty Acid Distillate</i> (PFAD)	Tokotrienol sebagai homolog vitamin E	masih berupa ekstrak/konsentrat tokotrienol dari PFAD sebagai kandidat bahan aktif kosmetik	Penggunaan etanol sebagai <i>co-solvent</i> pada konsentrasi 0,075 mL/g menghasilkan ekstraksi tokotrienol tertinggi, yaitu $30,03 \pm 0,03$ mg/g, lebih besar dibandingkan ekstraksi menggunakan <i>supercritical CO₂</i> murni sebesar $16,45 \pm 2,02$ mg/g. Hasil ini menunjukkan bahwa PFAD berpotensi sebagai sumber tokotrienol antioksidan dari fraksi tak tersabunkan yang relevan untuk pengembangan bahan aktif anti-aging, tetapi belum menguji efek pelembap atau anti-aging secara langsung pada kulit.
9.	Sari et al. (2021) [5]	<i>Purification of Vitamin E from Palm Fatty Acid Distillate through Neutralization, Extraction, and Adsorption Methods</i>	<i>Palm Fatty Acid Distillate</i> (PFAD)	Vitamin E, squalene, dan sterol	Belum diformulasikan menjadi sediaan kosmetik; masih berupa konsentrat vitamin E dari PFAD sebagai kandidat bahan aktif kosmetik	Proses netralisasi, ekstraksi, dan adsorpsi berhasil meningkatkan kadar vitamin E dari PFAD. Konsentrat akhir mengandung vitamin E sebesar 5,6% atau 12.282 ppm, meningkat 9,2 kali dibandingkan <i>pre-concentrate</i> . Aktivitas antioksidan meningkat dari kategori lemah menjadi kuat dengan nilai IC50 23,3 ppm. Hasil ini menunjukkan bahwa PFAD berpotensi sebagai sumber vitamin E antioksidan dari fraksi tak tersabunkan yang relevan sebagai kandidat bahan aktif anti-aging, tetapi belum menguji efek pelembap atau anti-aging secara langsung pada kulit.



Gambar 1. Diagram Alir PRISMA 2020 untuk Proses Seleksi Literatur Hilirisasi Fraksi Tak Tersabunkan *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD).

Pembahasan

Berdasarkan berbagai penelitian, minyak sawit dan turunannya memiliki potensi besar sebagai sumber senyawa bioaktif dalam pengembangan kosmetik melalui proses hilirisasi limbah kelapa sawit, khususnya fraksi tak tersabunkan yang kaya akan vitamin E, karotenoid, dan squalene. Husna et al. [8] menunjukkan bahwa minyak sawit olein merah dalam bentuk nanoemulsi memiliki efektivitas tinggi sebagai kandidat bahan aktif kosmetik anti-aging dan pelembap alami, dengan formulasi 25% menghasilkan ukuran partikel terkecil sebesar 37 nm yang meningkatkan kelembapan kulit dari 51% menjadi 62,5%, elastisitas dari 85% menjadi 98,5%, serta menurunkan hiperpigmentasi dari 55% menjadi 43% setelah empat minggu penggunaan. Efektivitas ini tidak hanya dipengaruhi oleh kandungan bioaktif minyak sawit, tetapi juga oleh sistem nanoemulsi yang meningkatkan stabilitas dan penetrasi bahan aktif ke dalam kulit. Sementara itu, Widodo et al. [17] melaporkan bahwa formulasi hand and body lotion berbasis *Red Palm Oil* (RPO) dan *Palm Kernel Oil* (PKO) menunjukkan aktivitas antioksidan sebesar 25,10%–58,44%, yang menegaskan potensi minyak sawit sebagai bahan aktif kosmetik, meskipun masih terbatas pada pengujian antioksidan tanpa evaluasi parameter *anti-aging* secara langsung dan menggunakan bentuk sediaan yang berbeda. Dengan demikian, kedua penelitian tersebut memperkuat bahwa fraksi bioaktif dari kelapa sawit memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bahan aktif kosmetik bernilai tambah, di mana fraksi tak tersabunkan menjadi sumber utama senyawa bioaktif yang mendukung konsep hilirisasi limbah kelapa sawit menjadi bahan baku kosmetik modern yang bersifat antioksidan, pelembap, dan berpotensi anti-aging.

Berdasarkan penelitian Eknanda et al. [10], pemanfaatan *Red Palm Oil* (RPO) dalam formulasi *body butter* menunjukkan potensi yang baik sebagai bagian dari hilirisasi limbah kelapa sawit untuk aplikasi kosmetik, khususnya dalam pengembangan bahan pelembap berbasis lipid. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh formula memiliki karakteristik fisik yang stabil selama penyimpanan 21 hari, meliputi tekstur kental, homogenitas yang baik, pH yang sesuai dengan rentang aman kulit, serta tidak menimbulkan iritasi maupun fotosensitisasi pada panelis. Peningkatan konsentrasi RPO juga memengaruhi karakteristik sediaan, terutama pada intensitas warna dan aroma khas minyak sawit merah, namun tetap dapat diterima dari segi

kenyamanan penggunaan. Hal ini menunjukkan bahwa komponen lipid dari minyak sawit berperan sebagai emolien yang membantu menjaga kelembapan dan memperbaiki kondisi kulit kering, sehingga berpotensi sebagai bahan pelembap alami dalam kosmetik. Meskipun demikian, penelitian ini masih terbatas pada evaluasi sifat fisik, stabilitas, dan keamanan sediaan, sehingga belum membuktikan secara langsung efek biologis seperti peningkatan hidrasi kulit, elastisitas, maupun aktivitas *anti-aging*. Temuan ini diperkuat oleh Marliyati et al. [18] yang menyatakan bahwa minyak sawit merah mengandung asam lemak seperti asam oleat, asam palmitat, asam linoleat, serta β -karoten, di mana asam lemak berperan sebagai emolien yang membentuk lapisan pelindung kulit, sementara β -karoten berkontribusi sebagai antioksidan yang berpotensi melindungi kulit dari radikal bebas. Dengan demikian, kedua penelitian ini mendukung bahwa fraksi lipid dari kelapa sawit, yang berkaitan dengan fraksi tak tersabunkan sebagai sumber senyawa bioaktif, memiliki potensi dalam mendukung konsep hilirisasi limbah kelapa sawit menjadi bahan aktif kosmetik modern yang berfungsi sebagai pelembap dan kandidat anti-aging.

Berdasarkan penelitian Budiasih et al. [11], pengembangan sediaan krim pelembap berbahan alami menunjukkan potensi yang baik dalam mendukung formulasi kosmetik berbasis lipid yang relevan dengan konsep hilirisasi limbah kelapa sawit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh formula memiliki karakteristik fisik yang memenuhi standar sediaan krim, meliputi pH pada rentang 6,06–6,50 yang sesuai untuk kulit, daya sebar 5,03–6,49 cm, daya lekat lebih dari 4 detik, serta viskositas 2.700–20.000 cps yang masih berada dalam kisaran stabil untuk sediaan topikal. Formula dengan kandungan shea butter 15% dilaporkan memberikan efek kelembapan paling optimal dibandingkan bahan sintetik seperti dimetikon dan isopropil miristat yang justru menunjukkan kendala pada homogenitas dan stabilitas sediaan. Hal ini menunjukkan bahwa bahan lipid alami memiliki potensi lebih baik sebagai basis pelembap dalam kosmetik karena mampu memberikan efek emolien sekaligus mempertahankan kestabilan formulasi. Namun demikian, penelitian ini masih terbatas pada evaluasi sifat fisik dan belum mengkaji aktivitas biologis seperti antioksidan maupun efek anti-aging secara langsung, termasuk keterkaitannya dengan senyawa bioaktif khas kelapa sawit. Temuan ini diperkuat oleh Setyopratiwi dan Fitriana [19] yang menunjukkan bahwa kombinasi lipid alami seperti *Virgin Coconut Oil* (VCO) dan *Red Palm Oil* (RPO) dapat diformulasikan menjadi krim dengan aktivitas antioksidan, yang menegaskan bahwa minyak nabati tidak hanya berperan sebagai basis formulasi, tetapi juga membawa senyawa bioaktif yang relevan untuk perlindungan kulit. Dengan demikian, kedua penelitian ini mendukung bahwa fraksi lipid dari bahan alami, termasuk yang berkaitan dengan fraksi tak tersabunkan kelapa sawit, berpotensi dikembangkan sebagai bahan aktif kosmetik dalam konteks hilirisasi limbah kelapa sawit untuk menghasilkan bahan pelembap dan kandidat anti-aging dalam industri kosmetik modern.

Berdasarkan penelitian Dewi et al. [9], perubahan warna pada tahapan pengolahan *Crude Palm Oil* (CPO) menjadi *Red Palm Oil* (RPO) dan minyak goreng sawit mencerminkan adanya perubahan kandungan pigmen karotenoid, terutama β -karoten, yang memiliki nilai fungsional sebagai senyawa antioksidan. Pengukuran warna menggunakan sistem CIE-Lab (L, a, b) menunjukkan bahwa CPO dan RPO masih memiliki nilai a positif yang relatif tinggi, mengindikasikan dominasi warna merah-oranye yang berkaitan dengan keberadaan karotenoid, sedangkan minyak goreng sawit menunjukkan nilai L yang lebih tinggi serta nilai a yang menurun bahkan negatif, yang menandakan hilangnya warna merah akibat proses pemucatan (*bleaching*). Secara teoritis, perubahan ini menunjukkan bahwa intensitas warna dapat digunakan sebagai indikator awal keberadaan karotenoid, meskipun tidak dapat dijadikan ukuran kuantitatif yang pasti tanpa analisis lanjutan seperti spektrofotometri atau HPLC. Dalam konteks hilirisasi limbah kelapa sawit, khususnya pada fraksi bioaktif seperti fraksi tak tersabunkan, keberadaan karotenoid ini menjadi penting karena bersama dengan senyawa seperti vitamin E dan squalene, karotenoid berkontribusi sebagai antioksidan alami yang berpotensi mendukung fungsi perlindungan kulit dalam kosmetik. Temuan ini diperkuat oleh Maryuningsih et al. [20] yang menyatakan bahwa minyak sawit merah merupakan sumber provitamin A alami yang kaya karotenoid dan memiliki potensi sebagai bahan fungsional, sehingga mendukung bahwa karakteristik warna merah-oranye pada minyak sawit berkaitan erat dengan keberadaan senyawa bioaktif. Dengan demikian, kedua penelitian ini menunjukkan bahwa proses pengolahan minyak sawit yang mampu mempertahankan komponen bioaktifnya, termasuk pada fraksi-fraksi turunannya, memiliki relevansi penting dalam mendukung konsep hilirisasi limbah kelapa sawit menjadi sumber bahan aktif kosmetik modern yang berpotensi berfungsi sebagai antioksidan, pelembap, dan kandidat anti-aging.

Berdasarkan penelitian Aryasuk et al. [3], *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) memiliki nilai ekonomi dan fungsional yang tinggi meskipun merupakan hasil samping pemurnian minyak sawit, karena masih kaya akan *free fatty acid* (FFA) dengan komposisi utama asam palmitat (44,70%) dan asam oleat (39,51%) sehingga dapat dipandang sebagai bahan baku lipid potensial dalam konteks hilirisasi limbah kelapa sawit. Melalui

proses esterifikasi dengan gliserol, PFAD dapat dikonversi menjadi turunan lipid bernilai tambah seperti *diacylglycerol* (DAG) dan *monoacylglycerol* (MAG), di mana pada kondisi optimal diperoleh 51,54% DAG dan 31,85% MAG dengan penurunan FFA menjadi 14,27%, yang menunjukkan potensi pemanfaatan PFAD sebagai komponen fungsional seperti emulsifier atau carrier dalam formulasi kosmetik berbasis lipid. Namun demikian, penelitian ini masih berfokus pada karakterisasi kimia dan optimasi proses tanpa evaluasi langsung terhadap aktivitas biologis seperti efek pelembap atau anti-aging pada kulit. Hal ini diperkuat oleh Lestari et al. [21] yang menunjukkan bahwa PFAD juga mengandung senyawa bioaktif seperti vitamin E yang dapat dikonsentrasikan melalui ekstraksi pelarut, menghasilkan aktivitas antioksidan tinggi hingga 79% IC, sehingga memberikan bukti bahwa PFAD tidak hanya berperan sebagai sumber lipid struktural, tetapi juga sebagai reservoir senyawa bioaktif. Dalam konteks hilirisasi limbah kelapa sawit, kedua penelitian ini menunjukkan bahwa PFAD dapat dimanfaatkan baik sebagai sumber komponen lipid fungsional maupun sebagai sumber senyawa antioksidan, yang keduanya relevan sebagai bagian dari fraksi bioaktif seperti fraksi tak tersabunkan yang berpotensi dikembangkan sebagai bahan aktif kosmetik modern. Dengan demikian, meskipun belum dilakukan pengujian langsung pada efek kulit, kedua studi ini saling melengkapi dalam memperkuat dasar ilmiah bahwa limbah kelapa sawit memiliki potensi besar sebagai sumber bahan baku kosmetik yang bersifat antioksidan, pelembap, dan kandidat anti-aging melalui pendekatan hilirisasi.

Berdasarkan penelitian Soontornchatchawate et al. [12], PFAD yang diperoleh dari proses pemurnian minyak sawit masih menyimpan senyawa bioaktif penting, khususnya tokotrienol dan tokoferol, yang termasuk fraksi tak tersabunkan. Studi ini secara rinci menunjukkan bahwa melalui proses scrubber, esterifikasi, transesterifikasi, dan distilasi vakum, PFAD dapat dimurnikan menjadi *Scrubbed-PFAD* (S-PFAD) dengan kandungan vitamin E yang jauh lebih tinggi dibandingkan PFAD biasa, sehingga memperkuat potensi ekonominya. Secara deskriptif, temuan ini menegaskan bahwa PFAD bukan sekadar limbah industri; fraksi minor yang sebelumnya terabaikan justru memiliki aktivitas antioksidan yang signifikan, relevan untuk kosmetik anti-aging. Namun, secara kritis, penelitian ini masih terbatas pada karakterisasi kimia dan tidak melakukan evaluasi biologis langsung pada kulit, sehingga efek pelembap dan anti-aging masih bersifat inferensial. Penguatan terhadap potensi biologis ini datang dari Ghazali et al. [7], yang menunjukkan bahwa tokotrienol dari minyak sawit mampu memengaruhi hidrasi dan elastisitas kulit serta mengurangi kerutan melalui aktivitas antioksidan, meskipun konteksnya berbeda karena merupakan uji klinis terkontrol. Secara kritis, kombinasi kedua studi ini memperlihatkan bahwa meskipun PFAD dapat menjadi sumber senyawa bioaktif, keberhasilan pengembangan kosmetik berbasis fraksi tak tersabunkan masih bergantung pada optimasi ekstraksi, stabilitas senyawa selama pemrosesan, dan pengujian lebih lanjut untuk menilai efektivitas biologis pada kulit manusia. Dengan demikian, literatur ini menegaskan potensi hilirisasi limbah kelapa sawit dalam menyediakan bahan aktif kosmetik yang antioksidan, berperan sebagai pelembap, dan berpotensi anti-aging, tetapi juga menyoroti bahwa klaim manfaat kosmetik harus tetap didukung oleh validasi uji biologis lebih lanjut agar tidak berlebihan.

Berdasarkan penelitian Ulfa et al. [6], *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) merupakan hasil samping pemurnian minyak sawit yang masih mengandung senyawa bioaktif bernilai tinggi, terutama tokotrienol yang termasuk dalam komponen minor fraksi tak tersabunkan dan memiliki aktivitas antioksidan kuat. Dalam studi tersebut, PFAD tidak hanya dipandang sebagai limbah industri, tetapi sebagai sumber bahan aktif yang dapat dimanfaatkan kembali melalui proses pemisahan selektif menggunakan ekstraksi cair-cair dengan berbagai ionic liquids, di mana ($[C_4MIM][Ac]$) dan ($[C_6MIM][Cl]$) menunjukkan efisiensi ekstraksi tertinggi hingga lebih dari 75%, dengan konsentrasi tokotrienol mencapai lebih dari 1600 mg/kg dari total kandungan sekitar 2136 ppm. Hasil ini menunjukkan bahwa karakteristik pelarut serta interaksi kimia memiliki peran penting dalam optimalisasi perolehan senyawa bioaktif lipofilik seperti tokotrienol yang relevan dalam perlindungan terhadap stres oksidatif. Dalam konteks kosmetik modern, stres oksidatif merupakan salah satu faktor utama penyebab penuaan dini kulit, sehingga tokotrienol dari PFAD memiliki potensi sebagai kandidat bahan aktif anti-aging berbasis antioksidan alami. Temuan ini diperkuat oleh Jalani et al. [22] yang menunjukkan bahwa residu PFAD setelah ekstraksi vitamin E masih mengandung fitosterol dengan kemurnian tinggi (>80%) melalui proses pemisahan bertahap, sehingga menegaskan bahwa fraksi tak tersabunkan dari PFAD tidak hanya kaya tokotrienol tetapi juga fitosterol sebagai senyawa bioaktif tambahan. Dengan demikian, kedua penelitian ini saling melengkapi dalam memperkuat konsep hilirisasi limbah kelapa sawit, di mana fraksi tak tersabunkan PFAD memiliki potensi besar sebagai sumber senyawa bioaktif yang dapat dikembangkan sebagai bahan aktif kosmetik modern, khususnya untuk mendukung fungsi antioksidan, pelembap, dan kandidat anti-aging dalam industri kosmetik berbasis bahan alami.

Berdasarkan penelitian Othman et al. [4], *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) merupakan hasil samping pemurnian minyak sawit yang masih memiliki nilai fungsional tinggi karena mengandung tokotrienol, yaitu salah satu komponen bioaktif dari kelompok vitamin E yang termasuk dalam fraksi tak tersabunkan. Dalam penelitian tersebut, PFAD diekstraksi menggunakan metode supercritical carbon dioxide (scCO₂) dengan bantuan co-solvent untuk meningkatkan efisiensi ekstraksi, mengingat sifat tokotrienol yang lipofilik dan keberadaan scCO₂ murni yang bersifat nonpolar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa etanol merupakan co-solvent paling efektif dibandingkan aseton dan isopropanol, terutama pada konsentrasi 0,075 mL/g, dengan rendemen tokotrienol mencapai $30,03 \pm 0,03$ mg/g, yang jauh lebih tinggi dibandingkan penggunaan scCO₂ murni sebesar $16,45 \pm 2,02$ mg/g. Temuan ini menunjukkan bahwa PFAD tidak hanya dapat dipandang sebagai limbah industri, tetapi juga sebagai sumber senyawa bioaktif yang dapat dioptimalkan melalui teknologi ekstraksi yang tepat untuk memperoleh komponen antioksidan bernilai tinggi. Secara teoritis, tokotrienol memiliki relevansi dalam pengembangan kosmetik karena berperan sebagai antioksidan lipofilik yang dapat membantu menghambat stres oksidatif, salah satu faktor utama penyebab penuaan dini pada kulit. Hal ini diperkuat oleh Varona et al. [23] yang menyatakan bahwa fatty acid distillates masih mengandung senyawa tocol seperti tokoferol dan tokotrienol yang berperan sebagai antioksidan alami, meskipun penelitian tersebut belum secara spesifik mengarah pada aplikasi kosmetik. Dengan demikian, kedua penelitian ini saling melengkapi dalam menunjukkan bahwa PFAD sebagai bagian dari hilirisasi limbah kelapa sawit memiliki potensi sebagai sumber fraksi tak tersabunkan yang kaya senyawa bioaktif, sehingga berpeluang dikembangkan sebagai bahan aktif kosmetik modern yang bersifat antioksidan, serta kandidat pelembap dan anti-aging alami dalam industri kosmetik berbasis bahan alam.

Berdasarkan penelitian Sari et al. [5], *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) tidak hanya dapat dipandang sebagai hasil samping pemurnian minyak sawit, tetapi juga sebagai sumber senyawa bioaktif bernilai tinggi, terutama vitamin E, squalene, dan fitosterol yang termasuk dalam fraksi tak tersabunkan. Dalam penelitian tersebut, PFAD diproses melalui tahapan netralisasi, ekstraksi, dan adsorpsi untuk memisahkan dan memekatkan komponen bioaktif, di mana netralisasi digunakan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas, sedangkan ekstraksi dan adsorpsi bertujuan meningkatkan konsentrasi vitamin E. Hasilnya menunjukkan bahwa konsentrat yang diperoleh mengandung vitamin E sebesar 5,6% atau 12.282 ppm, meningkat hingga 9,2 kali dibandingkan pre-concentrate, serta memiliki aktivitas antioksidan yang kuat dengan nilai IC₅₀ sebesar 23,3 ppm, sehingga menunjukkan potensi besar PFAD sebagai sumber bahan aktif antioksidan melalui proses hilirisasi. Dalam konteks kosmetik modern, vitamin E dan senyawa bioaktif lainnya dari fraksi tak tersabunkan memiliki relevansi penting karena berperan sebagai antioksidan lipofilik yang dapat membantu menghambat stres oksidatif, salah satu faktor utama penyebab penuaan kulit serta penurunan fungsi kelembapan alami kulit. Temuan ini diperkuat oleh Adiiiba et al. [24] yang menunjukkan bahwa fitonutrien sawit seperti tocols dan karotenoid dapat dipertahankan hingga 98% dan 96% melalui proses hidrolisis enzimatis yang dikendalikan dengan baik, meskipun menggunakan CPO, sehingga tetap relevan dalam mendukung konsep bahwa senyawa bioaktif sawit sangat sensitif terhadap proses pengolahan namun memiliki nilai fungsional tinggi. Dengan demikian, kedua penelitian ini saling melengkapi dalam menunjukkan bahwa PFAD sebagai bagian dari hilirisasi limbah kelapa sawit dapat dioptimalkan menjadi sumber fraksi tak tersabunkan yang kaya senyawa bioaktif, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai bahan aktif kosmetik modern yang berfungsi sebagai antioksidan, pelembap alami, serta kandidat bahan anti-aging berbasis bahan alam.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian literatur, dapat disimpulkan bahwa limbah kelapa sawit khususnya *Palm Fatty Acid* Berdasarkan hasil kajian literatur yang sistematis, dapat disimpulkan bahwa fraksi tak tersabunkan dari *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) memiliki potensi strategis yang sangat besar untuk dikembangkan sebagai bahan aktif dalam industri kosmetik modern, khususnya untuk aplikasi anti-aging dan pelembap alami. Kajian ini berhasil mengidentifikasi bahwa PFAD mengandung senyawa bioaktif unggulan seperti vitamin E (tokotrienol dan tokoferol), squalene, fitosterol, dan karotenoid dengan kadar yang signifikan, tokotrienol total mencapai 2.136 ppm dan vitamin E hingga 12.282 ppm setelah proses pemurnian, serta aktivitas antioksidan kuat (IC₅₀ hingga 23,3 ppm) yang berperan vital dalam melindungi kulit dari stres oksidatif sebagai pemicu utama penuaan dini. Dari sisi teknologi pengolahan, metode ekstraksi menggunakan *supercritical CO₂* dengan etanol sebagai *co-solvent* ($30,03 \pm 0,03$ mg/g) dan *ionic liquid* [C₄MIM]Ac (efisiensi

75,41%) terbukti paling efektif dalam mengoptimalkan perolehan senyawa bioaktif dari PFAD. Sementara itu, dari aspek formulasi kosmetik, aplikasi fraksi lipid sawit dalam berbagai sediaan, mulai dari nanoemulsi yang mampu meningkatkan kelembapan kulit dari 51% menjadi 62,5% dan elastisitas dari 85% menjadi 98,5%, hingga body butter, krim, dan lotion dengan stabilitas fisik yang baik dan pH aman (5–6) tanpa iritasi, hal ini menegaskan bahwa limbah sawit ini dapat bertransformasi menjadi produk bernilai tambah tinggi yang mendukung konsep ekonomi sirkular dan kemandirian bahan baku kosmetik nasional.

Meskipun demikian, kajian ini juga mengidentifikasi sejumlah kesenjangan penelitian yang perlu menjadi perhatian. Validasi klinis efek anti-aging dan pelembap pada kulit manusia masih terbatas, mengingat sebagian besar penelitian yang dianalisis masih bersifat *in vitro* atau uji pra-klinis. Selain itu, optimalisasi teknologi pengolahan yang berkelanjutan, baik dari segi efisiensi biaya, skala produksi, maupun dampak lingkungan dan masih memerlukan pengembangan lebih lanjut. Dengan demikian, penelitian lanjutan yang terintegrasi antara aspek kimia analitik, teknologi formulasi, uji klinis, dan analisis ekonomi sangat diperlukan untuk mewujudkan potensi PFAD sebagai bahan baku kosmetik unggulan berbasis limbah sawit yang kompetitif di pasar global.

Pernyataan Konflik Kepentingan

Seluruh penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian ini.

Referensi

- [1] Hasibuan HA, Anshari M, Nasution MEH. Asam Lemak Berbasis Minyak Sawit dan Minyak Inti sawit: Proses Produksi dan Stabilitas Warna. *War Pus Penelit Kelapa Sawit* 2024;29:189–96. <https://doi.org/https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v29i3.145>.
- [2] Halim F, Indarto A, Putrawan IDGA. Analisis tekno-ekonomi proses pemisahan fraksi jenuh dan fraksi tak jenuh dari distilat asam lemak sawit. *J Rekayasa Proses* n.d.;19:1–11.
- [3] Aryasuk K, Nakornsadet A, Sombutsuwan P, Chumsantea S. Characterization of Palm Fatty Acid Distillate, Diacylglycerol Regioisomers, and Esterification Products Using High-Performance Size Exclusion Chromatography. *J Oleo Sci* 2024;73:445–54. <https://doi.org/https://doi.org/10.5650/jos.ess23196>.
- [4] Othman N, Hean CG, Azman EM, Suleiman N. Co-solvent selection for tocotrienol extraction from palm fatty acid distillate using supercritical carbon dioxide. *J Oil Palm Res* 2023;35:467–75. <https://doi.org/https://doi.org/10.21894/jopr.2022.0071>.
- [5] Veningtia Sari A, Harimawan A, Lestari D. Purification of vitamin E from palm fatty acid distillate through neutralization, extraction, and adsorption methods. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng* 2021;1143:12062. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1143/1/012062>.
- [6] Ulfa DM, Munim A, Rahmawati SI, Putra MY, Bayu A. Imidazolium-Based Ionic Liquids for the Selective Separation of Tocotrienol Homologues from Palm Fatty Acid Distillate via Liquid-Liquid Extraction. *Int J Appl Pharm* 2024;16:72–6. <https://doi.org/10.22159/ijap.2024.v16s3.13>.
- [7] Ghazali NI, Mohd Rais RZ, Makpol S, Chin KY, Yap WN, Goon JA. Effects of tocotrienol on aging skin: A systematic review. *Front Pharmacol* 2022;13:1006198.
- [8] Husna N, Puteri C, Dalimunthe G, Lubis M. Pemanfaatan Minyak Sawit Olein Merah Dalam Formulasi Sediaan Nanoemulsi Sebagai Agen Anti-Aging. *Forte J* 2025;5:515–29. <https://doi.org/10.51771/fj.v5i2.1807>.
- [9] Dewi EK, Mardawati E, Nurhasanah S. Evaluasi perubahan warna dalam tahapan pengolahan minyak mentah sawit menjadi minyak sawit merah dan minyak goreng sawit sebagai indikator kandungan β -karoten minyak. *Biomass, Biorefinery, and Bioeconomy* 2023;1:25–9.
- [10] Eknanda MFK, Adisetya E, Ulfah M. Potensi Red Palm Oil (RPO) dengan Kombinasi Cocoa Butter sebagai Bahan Pembuatan Body Butter untuk Perawatan Kulit Kering. *AGROFORETECH* 2024;2:1522–42.
- [11] Putri ASADN. Formulasi Dan Evaluasi Bahan Pelembab Alami, Semi Sintetik Dan Sintetik Dalam Pembuatan Krim Pelembab Kulit 2025.
- [12] Soontornchatchawate A, Chintanalert S, Kitchaiya P, Namkanisorn A. Scrubbed palm fatty acid distillate as vitamin E concentrate. *J Oleo Sci* 2022;71:51–5.

<https://doi.org/https://doi.org/10.5650/jos.ess21169>.

- [13] Kitchenham B, Charters S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering 2007.
- [14] Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Bmj* 2021;372.
- [15] Cooke A, Smith D, Booth A. Beyond PICO: the SPIDER tool for qualitative evidence synthesis. *Qual Health Res* 2012;22:1435–43.
- [16] Walsh D, Downe S. Meta-synthesis method for qualitative research: a literature review. *J Adv Nurs* 2005;50:204–11.
- [17] Widodo H. Formulasi Hand And Body Lotion Berbahan Red Palm Oil dan Palm Kernel Oil dengan Penambahan Ekstrak Kulit Pisang Tanduk (*Musa Paradisiaca*) 2025.
- [18] Marliyati SA, Rimbawan, Harianti R, Harianti R. Physicochemical and functional characteristics of red palm oil. *J Gizi Masy Indones (The J Indones Community Nutr* 2022;10. <https://doi.org/10.30597/jgmi.v10i1.20494>.
- [19] Setyopratiwi A, Fitrianasari PN. Formulasi krim antioksidan berbahan virgin coconut oil (VCO) dan red palm oil (RPO) dengan variasi konsentrasi trietanolamin. *Bencoolen J Pharm* 2021;1:26–37.
- [20] Maryuningsih RD, Nurtama B, Wulandari N. Pemanfaatan karotenoid minyak sawit merah untuk mendukung penanggulangan masalah kekurangan vitamin A di Indonesia. *J Pangan* 2021;30:65–74.
- [21] Lestari U, Syamsurizal S, Yahya F, Fudholi A. Effectiveness of lotion preparations as emollients from pure palm oil and crude palm oil. *Pharm J Farm Indones (Pharmaceutical J Indones* 2022;19:40–6. <https://doi.org/10.30595/pharmacy.v19i1.6574>.
- [22] Jalani NF. Extraction and purification of phytosterols mixture from palm fatty acid distillate (PFAD) using multistage extraction processes. *J Oil Palm Res* 2020. <https://doi.org/https://doi.org/10.21894/jopr.2020.0067>.
- [23] Varona E, Tres A, Rafecas M, Vichi S, Sala R, Guardiola F. Oxidative Quality of Acid Oils and Fatty Acid Distillates Used in Animal Feeding. *Animals* 2021;11:2559. <https://doi.org/10.3390/ani11092559>.
- [24] Adiba SH, Song CP, Lee YY, Amelia, Chang MY, Chan E-S. Effects of water-soluble secondary antioxidants on the retention of carotene and tocopherols during hydrolysis of crude palm oil catalysed by Eversa® Transform 2.0 for alcohol-free production of palm phytonutrients concentrate. *Ind Crops Prod* 2024;209:117929. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117929>.