

Minyak sawit merah sebagai sumber antioksidan alami: tinjauan potensinya dalam pengembangan pangan fungsional

[Red palm oil as a source of natural antioxidants: a review of its potential in the development of functional foods]

Wahid Wirawan^{1*}, La Ode Alwi², Eko Aprianto Johan³, Wira Yuda⁴

¹ Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo

² Jurusan Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo

³ Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo

⁴ Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo

* Email korespondensi : wahidwirawan@uho.ac.id

ABSTRACT

Red Palm Oil (RPO) is a natural antioxidant source rich in carotenoids, particularly β -carotene, and vitamin E, with significant potential for development as a functional food ingredient. However, the primary challenge in utilizing RPO is the degradation of its bioactive compounds, such as carotenoids and vitamin E, during processing and storage. This degradation can affect the nutritional quality and health benefits of products containing RPO. This article is a narrative review aimed at evaluating the potential of Red Palm Oil (RPO) as a natural antioxidant source in the development of functional foods. The article also identifies the key challenges in maintaining the stability of bioactive compounds and reviews various cutting-edge technological solutions that can enhance its stability, which have not been widely addressed in the existing literature. The proposed approaches include the use of low-temperature processing technologies, microencapsulation, and nanoemulsion to preserve the nutritional quality and bioactive compound effectiveness in RPO. The findings indicate that while RPO has a high content of carotenoids and vitamin E, the stability of these compounds heavily depends on the processing methods used. The application of proper processing technologies can enhance RPO's potential in functional food products, contributing to the prevention of degenerative diseases such as cardiovascular diseases, diabetes, and neurodegenerative disorders. In conclusion, RPO has significant potential in the functional food industry; however, further innovations in processing technologies and marketing strategies are required to optimize its utilization.

Keywords: Red Palm Oil, antioxidants, carotenoids, vitamin E, functional foods

ABSTRAK

Minyak Sawit Merah (RPO) merupakan sumber antioksidan alami yang kaya akan karotenoid, terutama β -karoten, dan vitamin E, yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai bahan pangan fungsional. Namun, tantangan utama dalam pemanfaatan RPO adalah degradasi senyawa bioaktifnya, seperti karotenoid dan vitamin E, selama proses pengolahan dan penyimpanan. Degradasi ini dapat mempengaruhi kualitas gizi dan manfaat kesehatan dari produk yang mengandung RPO. Artikel ini merupakan tinjauan naratif yang bertujuan untuk mengevaluasi potensi Minyak Sawit Merah (RPO) sebagai sumber antioksidan alami dalam pengembangan produk pangan fungsional. Artikel ini juga mengidentifikasi tantangan utama dalam menjaga kestabilan senyawa bioaktif serta mengkaji berbagai solusi teknologi terkini yang dapat meningkatkan stabilitasnya, yang belum banyak dikaji dalam literatur sebelumnya. Pendekatan yang diusulkan meliputi penggunaan teknologi pengolahan suhu rendah, mikroenkapsulasi, dan nanoemulsi untuk mempertahankan kualitas nutrisi dan efektivitas senyawa bioaktif dalam RPO. Hasil temuan menunjukkan bahwa meskipun RPO memiliki kandungan karotenoid dan vitamin E yang tinggi, stabilitas senyawa tersebut sangat bergantung pada metode pengolahan yang digunakan. Penggunaan teknologi pengolahan yang tepat dapat meningkatkan potensi RPO dalam produk pangan fungsional, yang berkontribusi pada pencegahan penyakit degeneratif seperti kardiovaskular, diabetes, dan gangguan neurodegeneratif. Kesimpulannya, RPO

memiliki potensi besar dalam industri pangan fungsional, namun diperlukan inovasi lebih lanjut dalam teknologi pengolahan dan strategi pemasaran untuk mengoptimalkan pemanfaatannya.

Kata kunci: Minyak Sawit Merah, antioksidan, karotenoid, vitamin E, pangan fungsional

Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak sawit merah (RPO) terbesar dikawasan Asia Tenggara, hal ini disebabkan oleh iklim tropis yang mendukung serta tanah yang subur terutama di Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi yang memungkinkan tingkat produktivitas RPO yang tinggi. Pada tahun 2023 produksi minyak sawit (CPO) Indonesia mengalami peningkatan menjadi 47,08 juta ton dari 46,82 juta ton tahun 2022 (Badan Pusat Statistik, 2024). Dalam konteks tersebut RPO sebagai produk dengan retensi karotenoid tinggi dengan produksi yang terus meningkat mendorong peneliti untuk mengembangkan produk makanan dan minuman yang tidak hanya sebagai pemenuhan kebutuhan energi dan nutrisi, namun dapat juga memberikan manfaat kesehatan dan mencegah penyakit bagi konsumen. Pangan fungsional merupakan pangan yang apabila dikonsumsi selain sebagai pencukupan zat gizi dasar, juga mengandung satu atau lebih senyawa bioaktif yang secara ilmiah dapat memberikan manfaat kesehatan atau mengurangi risiko penyakit apabila dikonsumsi dalam jumlah yang wajar (Butnariu dan Sarac, 2019).

Perkembangan teknologi yang pesat turut meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai konsumsi pangan fungsional. Hal ini mempengaruhi kesadaran masyarakat terhadap gaya hidup sehat, sehingga dapat meningkatkan permintaan produk pangan fungsional yang mengandung senyawa bioaktif penting. Radikal bebas adalah molekul reaktif yang dapat merusak makromolekul seperti DNA, protein, dan lipid, kerusakan makromolekul yang terjadi dapat dikaitkan sebagai penyebab beberapa penyakit seperti kardiovaskular, neurodegeneratif, dan saluran pencernaan (Martemucci et al., 2022). Antioksidan dapat melindungi sel dari kerusakan akibat radikal bebas dengan cara mengurangi stres oksidatif, sehingga dapat mengurangi risiko terjadinya berbagai gangguan kesehatan (Chaudhary et al., 2023).

RPO mengandung karotenoid (500-700 ppm) dan vitamin E (500-1000 ppm) yang berperan sebagai antioksidan, karotenoid utama yang terdapat dalam RPO berupa α -karoten, β -karoten, dan likopen (Wirawan et al., 2023). Karena kandungan karotenoid dan vitamin E yang tinggi, maka RPO dapat dimanfaatkan sebagai pangan fungsional dalam formulasi makanan dan minuman. Aplikasi RPO ke dalam produk makanan dan minuman tidak mudah, karena senyawa bioaktif yang terdapat dalam RPO mudah terdegradasi sehingga sangat sensitif terhadap proses pengolahan yang panjang (Alhaji et al., 2024) sehingga dapat mempengaruhi atribut sensori warna dan cita rasa pada produk makanan dan minuman serta penerimaan konsumen. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang dapat mengintegrasikan aspek komposisi kimia, stabilitas, aplikasi dalam produk pangan, efek fisiologis serta tantangan teknologi dalam penggunaan RPO sebagai komponen fungsional.

Metode Penelusuran Pustaka

Kajian ini disusun melalui penelusuran pustaka yang dilakukan secara sistematis dan terarah untuk menghimpun temuan-temuan terkini mengenai minyak sawit merah (RPO) sebagai sumber

antioksidan alami dalam pengembangannya sebagai pangan fungsional. Penelusuran literatur dilakukan pada berbagai basis data ilmiah terkemuka antara lain Scopus, Web of Science, PubMed, ScienceDirect, dan Google Scholar dengan rentang waktu publikasi antara tahun 2015 hingga 2025. Rentang tahun ini dipilih untuk memastikan agar literatur yang ditinjau mencakup perkembangan terbaru dan relevan terhadap kajian di bidang antioksidan alami dalam pangan fungsional (Snyder, 2019).

Strategi pencarian literatur dilakukan dengan menggunakan kombinasi kata kunci utama dan turunannya antara lain “red palm oil,” “antioxidant,” “carotenoids,” “vitamin E,” dan “functional foods,” yang dikombinasikan dengan operator Boolean (AND/OR). Penyesuaian istilah pencarian juga dilakukan sesuai dengan ketentuan masing-masing basis data. Sebagai contoh, string pencarian yang digunakan adalah “(red palm oil OR RPO) AND (antioxidant OR carotenoids OR vitamin E) AND (functional foods OR food products)”. Selain penelusuran utama melalui basis data tersebut, penelusuran tambahan juga dilakukan dengan cara backward searching melalui daftar pustaka dari artikel-artikel kunci yang ditemukan untuk memperoleh literatur yang relevan dan memperkaya cakupan literatur.

Artikel yang dimasukkan dalam kajian ini harus memenuhi kriteria inklusi yang telah ditentukan, yaitu:

1. Publikasi ilmiah yang telah melalui proses peer-review termasuk artikel penelitian dan tinjauan literatur (review),
2. Artikel yang membahas minyak sawit merah (RPO) sebagai sumber antioksidan alami atau aplikasinya sebagai pangan fungsional,
3. Artikel yang tersedia dalam bentuk full-text,
4. Artikel yang diterbitkan dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia dalam rentang waktu yang ditetapkan.

Artikel yang dieksklusi dari kajian ini mencakup publikasi yang merupakan duplikasi, artikel yang tidak relevan dengan topik kajian, prosiding yang tidak menyediakan naskah lengkap, serta publikasi yang tidak melalui proses penelaahan sejawat atau yang bersifat non-ilmiah. Seleksi artikel dilakukan secara bertahap, dimulai dengan penyaringan judul dan abstrak, kemudian dilanjutkan dengan evaluasi full-text untuk memastikan kesesuaian dengan kriteria inklusi yang telah ditentukan. Pendekatan penelusuran literatur mengikuti prinsip metodologis yang direkomendasikan dalam studi tentang cara melakukan review literatur yang transparan dan komprehensif termasuk pencarian, identifikasi, seleksi, serta sintesis artikel berdasarkan kriteria yang telah ditentukan sebelumnya (Chigbu et al., 2023; Luft et al., 2022). Strategi ini sesuai dengan kaidah review naratif yang memungkinkan penggabungan temuan penelitian secara tematik untuk mengidentifikasi pola dan gap penelitian secara sistematis (Toma dan Milner-Bolotin, 2025).

Informasi penting yang diperoleh dari artikel yang memenuhi kriteria inklusi kemudian diekstraksi dan dirangkum dalam matriks ringkasan yang mencakup desain studi, metode atau proses pengolahan, bahan atau produk yang digunakan, parameter yang diamati, dan temuan utama. Selanjutnya, dilakukan sintesis hasil secara naratif-tematik, dengan mengelompokkan temuan berdasarkan jenis bahan (misalnya minyak sawit merah, karotenoid, vitamin E), metode pengolahan (misalnya mikroenkapsulasi, nanoemulsi), parameter mutu (seperti stabilitas senyawa bioaktif, aktivitas antioksidan), serta aspek fungsional (misalnya manfaat kesehatan terkait pencegahan penyakit degeneratif). Pendekatan ini memungkinkan identifikasi pola, konsistensi, dan kesenjangan

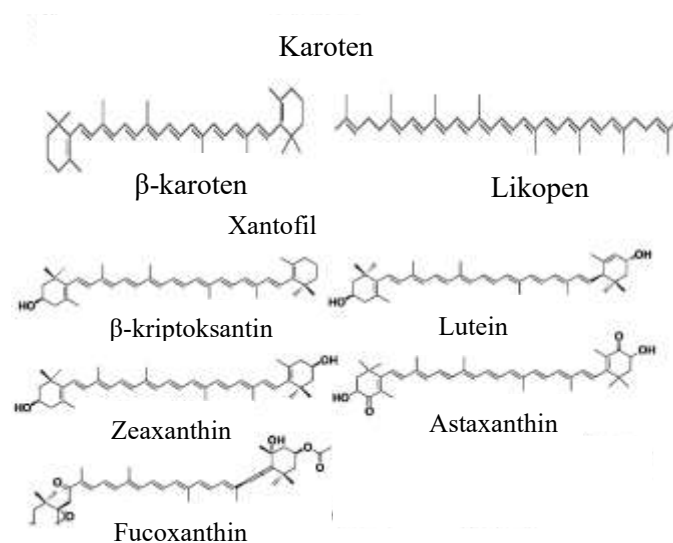
penelitian (research gap) yang ada dalam literatur, serta memberikan dasar untuk rekomendasi pengembangan lebih lanjut dalam pemanfaatan minyak sawit merah sebagai pangan fungsional.

Karakteristik Senyawa Bioaktif Utama Minyak Sawit Merah

Karotenoid

Karotenoid merupakan senyawa terpenoid alami yang memiliki pigmen warna bervariasi dari merah, oranye, hingga kuning (Mokoginta et al., 2021). Karotenoid termasuk dalam kelompok tetraterpenoid yang larut dalam lemak dan banyak ditemukan pada tumbuhan dalam bentuk, β -cryptoxanthin dan α -karoten yang memiliki aktivitas provitamin A. Karotenoid terbagi menjadi dua kelompok yaitu, karoten (α -karoten, β -karoten, γ -karoten, dan likopen) dan xanthophyll (β -cryptoxanthin, lutein, zeaxanthin, astaxanthin, fucoxanthin, dan peridinin) (Jenny R dan Indrawati, 2023). Struktur kimia dari karoten dan xanthophyll dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Kelompok senyawa yang terdapat dalam karotenoid mampu mencegah penyakit kardiovaskular, gangguan reproduksi, dan dapat sebagai suplemen yang penting untuk nutrisi ibu hamil dan bayi (Ngginak et al., 2020). Karotenoid memiliki ikatan rangkap yang terkonjugasi, menyebabkan rentan terhadap oksidasi akibat paparan cahaya, suhu tinggi, dan reaksi enzimatik (Wirawan et al., 2023). Proses pembekuan (-80°C) dapat meminimalisir perubahan karotenoid yang terjadi selama penyimpanan jagung manis, sedangkan penyimpanan pada suhu 4°C dapat mempertahankan kandungan karotenoid jagung manis hingga 15 hari (Calvo-Brenes dan O'Hare, 2020).



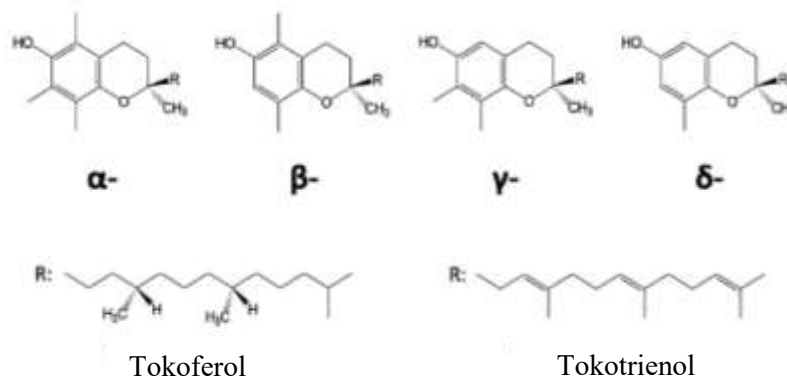
Gambar 1. Struktur karoten dan xantofil (Wahyuni et al., 2020)

Karotenoid terutama β -karoten yang ditemukan dalam berbagai tumbuhan juga memiliki potensi sebagai pewarna alami pada makanan, karena kemampuannya yang kuat dalam menetralkan radikal bebas. β -karoten merupakan senyawa yang sering digunakan sebagai pangan fungsional karena kemampuannya dalam menetralkan radikal bebas (antioksidan). Salah satu jenis karotenoid yang terdapat pada tumbuhan yaitu likopen dapat ditemukan pada tomat, pepaya, dan labu (Imran et al., 2020). Minyak sawit merah (RPO) tinggi akan komponen mikronutrien, salah satunya yaitu karotenoid dengan konsentrasi 500-700 ppm (Lee et al., 2018). Karotenoid utama dalam minyak sawit merah terdiri atas α -karoten (30-35 ppm), β -karoten (50-56 ppm), dan likopen (1-1,3 ppm) (Purnama

et al., 2020). Kandungan β -karoten merupakan yang terbesar, diikuti oleh α -karoten, dan likopen dalam jumlah yang kecil. Ketiga jenis karotenoid ini berperan sebagai komponen antioksidan alami, sehingga memiliki potensi dimanfaatkan sebagai pangan fungsional.

Vitamin E

Vitamin E merupakan antioksidan yang larut dalam lemak, berperan melindungi asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) pada membran sel dari proses oksidasi serta membantu mengendalikan pembentukan reactive oxygen species (ROS) (Abdelqader et al., 2023). Vitamin E terdiri atas tokoferol dan tokotrienol yang merupakan senyawa kompleks alami sebagai antioksidan berfungsi untuk melindungi membran sel dari kerusakan akibat oksidasi. Cara kerja vitamin E yaitu dengan melibatkan konversi radikal peroksil menjadi hidroperoksil lipid pada membran sel, sehingga berfungsi mencegah terjadinya kerusakan sel (Saito, 2021a). Vitamin E dalam bentuk alaminya terdiri atas 8 isomer berbeda yaitu α -, β -, γ -, dan δ -tokoferol serta α -, β -, γ -, dan δ -tokotrienol (Peh et al., 2016). Vitamin E merupakan senyawa lipofilik tidak berwarna dan termasuk dalam golongan fitosterol yang terdapat dalam minyak kelapa sawit. Komponen vitamin E dalam minyak kelapa sawit didominasi oleh α -, β -, dan γ -tokotrienol sekitar 78-82%, sedangkan sisanya sekitar 18-22% terdiri atas α -, β -, dan γ -tokoferol (Diah Setiowati et al., 2021; Raederstorff et al., 2015). Struktur isoform dari vitamin E dapat dilihat pada **Gambar 2**.

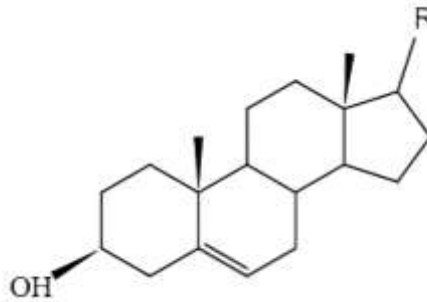


Gambar 2. Struktur isoform vitamin E (Saito, 2021b)

Vitamin E tidak dapat diproduksi secara endogen oleh tubuh, sehingga pemenuhannya dapat diperoleh melalui konsumsi makanan maupun suplemen. Vitamin E berperan penting sebagai antioksidan lipofilik yang melindungi membran sel dari kerusakan oksidatif, mendukung fungsi sistem imun, menekan peradangan, serta mengatur ekspresi gen dan sinyal seluler yang berhubungan dengan proliferasi dan apoptosis sel (Lee dan Han, 2018; Ungurianu et al., 2021). Tumbuhan dengan kandungan lemak tinggi seperti kelapa sawit, beras katul, biji gandum dan biji bunga matahari merupakan sumber vitamin E (Shahidi et al., 2021). Minyak sawit merah (RPO) adalah sumber nutrisi penting yang kaya akan vitamin E. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kandungan vitamin E berada dalam kisaran 500–1000 ppm. RPO mengandung proporsi tokotrienol (70-80 %) yang tinggi dan tokoferol (20-30 %), sehingga menjadikannya sebagai sumber vitamin E alami yang sangat potensial (Chong et al., 2018).

Fitosterol

Fitosterol merupakan senyawa organik secara alami terdapat pada tumbuhan yang memiliki struktur kimia sangat mirip dengan kolesterol, namun yang membedakannya yaitu terletak pada rantai samping dan tingkat kejenuhan struktur cincinnya. Fitosterol terbagi menjadi dalam bentuk bebas atau dapat terikat secara kovalen melalui ikatan ester atau glikosidik. Pada **Gambar 3**. Struktur utama fitosterol.



Gambar 3. Struktur utama fitosterol (Shen et al., 2024)

Fitosterol banyak ditemukan dalam minyak nabati, kacang-kacangan, biji-bijian, serta sereal. Fitosterol utama dalam minyak sawit merah (RPO) adalah β -sitosterol, kampesterol, dan stigmasterol. Total fitosterol pada RPO umumnya berada pada 220–660 mg/kg (ppm), bergantung pada kondisi pemurnian dan pemrosesan. Hasil studi analitik menunjukkan RPO tipe high-retention mengandung β -sitosterol 441 mg/kg, kampesterol 142 mg/kg, dan stigmasterol 74 mg/kg, sedangkan sampel RPO lainnya memiliki β -sitosterol 196 mg/kg, kampesterol 117 mg/kg, dan stigmasterol 75 mg/kg (Mangope et al., 2025). Fitosterol dapat menghambat penyerapan kolesterol dengan cara bersaing kolesterol untuk masuk ke dalam misel di dalam lumen usus, sehingga menurunkan kelarutan kolesterol dalam misel menurun dan jumlah kolesterol yang tersedia di permukaan sel usus (brush border) menjadi lebih sedikit (Stellaard dan Lütjohann, 2025).

Fitosterol, yang ditemukan dalam tumbuhan dan memiliki struktur serupa dengan kolesterol, dapat memengaruhi penyerapan kolesterol dalam tubuh. Hasil penelitian Nakano et al. (2025) melaporkan bahwa meskipun fitosterol diserap melalui transporter NPC1L1 di enterosit, afinitasnya terhadap transporter ini jauh lebih rendah dibandingkan dengan kolesterol. Sebaliknya, fitosterol lebih banyak diekspor kembali melalui pompa ABCG5/G8. Mekanisme ini mengurangi jumlah kolesterol yang masuk ke enterosit dan menghambat proses esterifikasi oleh ACAT2, serta pembentukan kilomikron. Secara keseluruhan, proses ini menurunkan penyerapan kolesterol dari makanan dan empedu, yang pada akhirnya berkontribusi pada penurunan kadar LDL-C dalam tubuh, terutama jika fitosterol dikonsumsi dalam jumlah yang cukup.

Teknologi Pengolahan Minyak Sawit Merah

Pengolahan minyak sawit merah (RPO) memerlukan perhatian khusus karena kandungan senyawa bioaktif seperti karotenoid dan vitamin E yang rentan terhadap degradasi akibat suhu tinggi dan oksidasi (Tan et al., 2021a). Proses ekstraksi RPO pada umumnya dilakukan dengan menggunakan metode pemrosesan yang melibatkan tekanan tinggi atau pelarut organik untuk memisahkan minyak

dari tandan buah segar (TBS). Namun, proses pemurnian yang terlalu panas dapat merusak kualitas senyawa bioaktif yang terkandung dalam RPO (Almeida et al., 2024). Oleh karena itu, untuk mempertahankan kualitas kandungan bioaktifnya, diperlukan teknologi pengolahan yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Beberapa teknologi pengolahan yang dapat digunakan untuk mempertahankan kandungan antioksidan dalam RPO meliputi pemrosesan dengan suhu rendah, teknik pemurnian fisik tanpa pelarut, serta penggunaan teknologi nanoemulsi untuk meningkatkan kestabilan bioaktif dalam produk akhir (Efendi et al., 2024). Penggunaan teknologi tersebut memungkinkan RPO untuk tetap memiliki kualitas nutrisi yang optimal, sehingga dapat dimanfaatkan dalam produk pangan fungsional yang lebih luas. Selain itu, teknik seperti ekstraksi menggunakan karbon dioksida superkritis juga berpotensi untuk menghasilkan RPO berkualitas tinggi dengan kandungan senyawa bioaktif yang terjaga (Hassan et al., 2025). Penggunaan teknologi mikroenkapsulasi menggunakan spray-drying dapat membantu melindungi karotenoid dan vitamin E dari degradasi selama proses pengolahan (Mangope et al., 2025) dapat dilihat pada **Gambar 4**. Teknik ini menciptakan pelapis mikro yang melindungi senyawa bioaktif dan memperpanjang umur simpan produk pangan yang mengandung RPO.



Gambar 4. Mikroenkapsulasi visual emulsi

Aplikasi Minyak Sawit Merah dalam Produk Pangan Fungsional

Minyak sawit merah (RPO) memiliki potensi besar dalam pengembangan produk pangan fungsional (Alkandari et al., 2021a) dapat dilihat pada **Tabel 1**. Kandungan karotenoid dan vitamin E yang tinggi menjadikan RPO sebagai bahan dasar yang ideal untuk formulasi produk yang dapat memberikan manfaat kesehatan. Salah satu aplikasi RPO adalah dalam produk pangan yang bertujuan untuk meningkatkan kesehatan jantung dan mencegah penyakit kardiovaskular. Karotenoid dalam RPO, seperti β -karoten, α -karoten, dan likopen, berfungsi sebagai antioksidan yang melindungi tubuh dari kerusakan oksidatif yang berkontribusi pada perkembangan penyakit jantung (Pyo dan Kwon, 2025).

Tabel 1. Aplikasi Minyak Sawit Merah (RPO) dalam Produk Pangan Fungsional

Produk Pangan Fungsional	Aplikasi RPO (atau turunannya)	Manfaat	Sumber Artikel
Cake tinggi antioksidan	Substitusi margarin dengan RPO (100 % RPO pada formulasi F3) dalam pembuatan cake.	β -karoten ~ 40,74 ppm/100 g; aktivitas antioksidan ~470,44 mg/100 g; warna kuning menarik; potensi sebagai pangan fungsional untuk pencegahan aterosklerosis.	Harianti <i>et al.</i> , 2018
Snacks ekstrusi, biskuit, roti pan	Penggunaan Red Palm Olein (RPOL) dan red palm shortening (RPS) dalam skala pilot untuk ekstrusi snack, digestive biscuits, pan bread.	β -karoten dan vitamin E (“tocopherols/tocotrienols”) relatif stabil hingga storage 6 bulan; produk yang dihasilkan diterima secara sensoris; memperkuat profil antioksidan produk.	Alkandari <i>et al.</i> , 2021b
Minyak campuran (blending) untuk margarin/shortening/minyak goreng sehat	Campuran Virgin Red Palm Oil (VRPO) dengan minyak lain (olive, corn, soybean, sunflower) pada berbagai rasio untuk menghasilkan minyak “lebih sehat” dengan bioaktif tinggi.	Penambahan VRPO meningkatkan kandungan karoten dan vitamin E; contoh: campuran menghasilkan rasio asam lemak SAT: MUFA: PUFA mendekati 1:1.5:1; potensi untuk margarin/penggorengan yang lebih fungsional.	Hasibuan dan Priyanto, 2021
Margarin berbasis RPO	Review menunjukkan bahwa margarin yang berbasis RPO memiliki potensi sebagai pangan fungsional karena sumber lemak, warna merah-kemerahan, provitamin A dan vitamin E.	Mempertahankan komponen karoten dan vitamin E selama pemrosesan merupakan tantangan utama (refining suhu rendah diperlukan).	Purnama <i>et al.</i> , 2020
Substitusi dalam produk masakan lokal (contoh: rendang)	Penggantian sebagian atau seluruh minyak dengan RPO-olein dalam masakan lokal (contoh: rendang lokan) untuk meningkatkan aktivitas antioksidan dan kandungan vitamin A.	Saat substitusi 100% RPO-olein, terjadi peningkatan aktivitas antioksidan dan kandungan vitamin A; juga perubahan pada warna produk; penting diperhatikan persepsi konsumen.	Budiyanto <i>et al.</i> , 2023
Nanostruktur lipid carrier (NLC) menggunakan Red Palm Oil (RPO) dalam produk pangan fungsional	Formulasi dan karakteristik nanostructured lipid carrier (NLC) menggunakan RPO untuk aplikasinya dalam jus jeruk.	Menggunakan metode homogenisasi tekanan tinggi untuk menghasilkan NLC dengan partikel kecil (~44.9 nm), meningkatkan stabilitas β -caroten, dan meningkatkan efisiensi enkapsulasi.	Wirawan <i>et al.</i> , 2023

Nasi fungsional	Penggunaan RPO (~2%) pada nasi untuk meningkatkan aktivitas antioksidan dan menurunkan respons glikemik.	Menggunakan RPO dapat meningkatkan kualitas antioksidan nasi dan menurunkan respons glikemik yang penting untuk kesehatan metabolik.	Nurdin <i>et al.</i> , 2024
-----------------	--	--	-----------------------------

Produk Pangan Fungsional	Aplikasi RPO (atau turunannya)	Manfaat	Sumber Artikel
Mikrokapsulasi bioaktif RPO dalam produk coklat	Kapsulasi karoten & toco-tienol dari RPO menggunakan dinding protein-polisakarida (konsentrat protein kedelai + karrageenan) → dimasukkan ke batang coklat.	Memungkinkan RPO digunakan sebagai bahan fungsional dengan profil bioaktif tinggi dan lebih mudah diterima konsumen karena bau/rasa khas sawit yang diminimalkan.	Setyani <i>et al.</i> , 2025
Nutrisi dan kosmetik	RPO berpotensi digunakan untuk kesehatan kulit, kesehatan jantung, dan aplikasi kosmetik.	Menyediakan manfaat antioksidan, serta potensi untuk meningkatkan kesehatan kulit dan mencegah penuaan dini.	Madoromae dan Lertcanawanichakul, 2025
Pembuatan lemak struktural zero-trans dari RPO untuk margarin fungsional	Sintesis lemak terstruktur (structured lipids) melalui interesterisasi enzimatis antara RPO dan minyak lain (misalnya sacha inchi) → digunakan sebagai pengganti lemak jenuh/lemak trans dalam margarin fungsional.	Menghasilkan lemak yang lebih sehat (zero-trans) tetapi tetap menjaga sifat fungsional (tekstur, stabilitas) produk margarin atau produk roti-pan.	Witasari <i>et al.</i> , 2025

Selain itu, RPO juga dapat digunakan dalam produk pangan yang ditujukan untuk meningkatkan kesehatan kulit, karena karotenoid dan vitamin E berperan dalam menjaga kesehatan kulit dan melindunginya dari paparan radikal bebas yang dapat menyebabkan penuaan dini (Sidik, 2024). Produk seperti suplemen antioksidan, minyak masak, margarin, dan produk olahan susu dapat diformulasikan dengan menambahkan RPO untuk memberikan manfaat tambahan bagi konsumen (Tan *et al.*, 2021b). Namun, tantangan utama dalam aplikasi RPO pada produk pangan adalah kestabilan senyawa bioaktif selama pengolahan dan penyimpanan. Oleh karena itu, riset lebih lanjut mengenai cara mengoptimalkan teknik pengolahan dan memperpanjang umur simpan produk pangan yang mengandung RPO sangat diperlukan.

Efek Fisiologis dan Manfaat Kesehatan

Minyak sawit merah tidak hanya memberikan manfaat dari segi nilai gizi, tetapi juga memiliki efek fisiologis yang signifikan dalam meningkatkan kesehatan manusia. Konsumsi RPO yang kaya akan antioksidan, seperti karotenoid dan vitamin E, telah terbukti dapat membantu melawan stres oksidatif dalam tubuh, yang merupakan faktor utama dalam berbagai penyakit degeneratif (Olivares-Tenorio *et al.*, 2024). Stres oksidatif yang berlebihan dapat merusak sel-sel tubuh dan memicu penyakit seperti kanker, penyakit jantung, diabetes, serta gangguan neurologis.

Karotenoid seperti β -karoten yang terdapat dalam RPO dapat dikonversi menjadi vitamin A dalam tubuh, yang berfungsi untuk mendukung kesehatan mata, meningkatkan sistem kekebalan tubuh, serta menjaga kesehatan kulit (Sommerburg et al., 2015). Selain itu, vitamin E dalam RPO terutama dalam bentuk tokotrienol juga berperan penting dalam melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan oksidatif yang dapat memperlambat proses penuaan dan mengurangi risiko perkembangan penyakit kronis.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa RPO dapat meningkatkan profil lipid darah, yang mengarah pada pengurangan risiko penyakit kardiovaskular. Sebuah tinjauan sistematis dan meta-analisis menunjukkan bahwa fraksi kaya tokotrienol (TRF) dalam minyak sawit merah (RPO) secara signifikan dapat mengurangi kolesterol total (TC), kolesterol LDL, dan trigliserida (TG), serta meningkatkan kolesterol HDL, yang semua itu berkontribusi pada perbaikan profil lipid dan penurunan risiko penyakit kardiovaskular (Abdah et al., 2025). Oleh karena itu, konsumsi RPO sebagai bagian dari diet sehat dapat berperan penting dalam pencegahan penyakit kronis dan pemeliharaan kesehatan jangka panjang.

Tantangan dan Peluang Aplikasi Komersial

Meskipun minyak sawit merah memiliki banyak potensi dalam pengembangan pangan fungsional, terdapat beberapa tantangan yang perlu diatasi untuk meningkatkan aplikasinya secara komersial. Salah satu tantangan utama adalah degradasi senyawa bioaktif dalam RPO selama proses pengolahan dan penyimpanan (Lee et al., 2020). Karotenoid dan vitamin E sangat sensitif terhadap suhu tinggi, cahaya, dan oksigen, yang dapat mengurangi kualitas dan manfaat kesehatan dari minyak sawit merah (Amanda et al., 2024; Teh et al., 2023). Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam teknologi pengolahan yang dapat mempertahankan stabilitas senyawa bioaktif tersebut, seperti menggunakan metode ekstraksi yang lebih efisien atau mengembangkan kemasan yang dapat melindungi minyak dari paparan faktor lingkungan yang merusak (Purnama et al., 2020).

Selain itu, masalah terkait dengan penerimaan konsumen terhadap penggunaan minyak sawit merah dalam produk pangan juga menjadi tantangan. Konsumen sering kali memiliki persepsi negatif terhadap minyak sawit, terutama terkait dengan isu lingkungan dan keberlanjutan (Sundaraja et al., 2021). Oleh karena itu, penting untuk meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai manfaat kesehatan dari RPO dan menyosialisasikan praktik keberlanjutan dalam produksi minyak sawit.

Namun, meskipun ada tantangan peluang untuk mengembangkan minyak sawit merah sebagai bahan baku pangan fungsional sangat besar. Permintaan terhadap produk pangan sehat yang mengandung senyawa bioaktif semakin meningkat seiring dengan tren gaya hidup sehat dan peningkatan kesadaran akan pentingnya pencegahan penyakit (Abd-Rabou dan El-khalifa, 2024; Kaur et al., 2024; Martirosyan et al., 2022). Pengembangan produk pangan fungsional berbasis RPO yang dapat memberikan manfaat kesehatan yang terbukti dapat menjadi pasar yang menjanjikan. Dengan pendekatan yang tepat dalam teknologi pengolahan, inovasi produk, dan pendidikan konsumen, minyak sawit merah (RPO) berpotensi menjadi komoditas penting dalam industri pangan fungsional.

Kesimpulan

Minyak Sawit Merah (RPO) memiliki potensi besar sebagai sumber antioksidan alami yang dapat digunakan dalam pengembangan produk pangan fungsional. Kandungan karotenoid (terutama β -karoten), vitamin E (tokoferol dan tokotrienol) dan fitosterol menjadikan RPO berpotensi dalam

mendukung penurunan risiko gangguan penyakit degeneratif seperti kardiovaskular, diabetes, dan neurodegeneratif. Berbagai hasil studi yang dirangkum menunjukkan bahwa integrasi RPO dalam formulasi pangan dapat meningkatkan profil senyawa antioksidan produk, namun implikasi manfaat kesehatan yang spesifik tetap sangat bergantung pada retensi senyawa bioaktif selama proses, matriks pangan, dan bioaktivitasnya.

Literatur yang dibahas menegaskan bahwa pendekatan teknologi seperti pemrosesan bersuhu lebih rendah, mikroenkapsulasi, nanoemulsi, dan sistem pembawa lipid berpotensi meningkatkan stabilitas, mengurangi degradasi oksidatif, dan memperluas aplikasi RPO pada berbagai produk. Di sisi lain, tantangan komersialisasi masih nyata terutama terkait degradasi bioaktif, perubahan sensori, serta persepsi negatif terhadap minyak sawit. Dengan merangkum komposisi bioaktif, isu stabilitas, dan opsi teknologi pengolahan serta formulasi, artikel ini diharapkan menjadi rujukan komprehensif bagi peneliti, akademisi, dan praktisi industri dalam merancang pangan fungsional berbasis RPO yang lebih stabil.

Daftar pustaka

- Abdah, H. W., Hanafi, N. I., Abdul Muid, S., Ibrahim, N., dan Mohd Kasim, N. A. (2025). Effect of tocotrienol-rich fraction (TRF) on lipid profile in hyperlipidemic experimental animal model: a systematic review and meta-analysis. In *Scientific Reports* (Vol. 15, Number 1). Nature Research. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-11160-1>
- Abdelqader, A., Obeidat, M. D., Al-Rawashdeh, M. S., dan Alrazak, A. A. (2023). The Role Of Vitamin E As An Antioxidant And Preventing Damage Caused By Free Radicals. *Journal of Life Science and Applied Research*, 4(2), 89–95. <https://doi.org/10.59807/jlsar.v4i2.89>
- Abd-Rabou, H. S., dan El-khalifa, Z. S. (2024). Awareness and Consumption Patterns of Functional Foods among Residents in Alexandria, Egypt: Insights from a Community Survey. *OALib*, 11(07), 1–11. <https://doi.org/10.4236/oalib.1111856>
- Alhaji, A. M., Almeida, E. S., Carneiro, C. R., da Silva, C. A. S., Monteiro, S., dan Coimbra, J. S. dos R. (2024). Palm Oil (*Elaeis guineensis*): A Journey through Sustainability, Processing, and Utilization. *Foods*, 13. <https://doi.org/10.3390/foods13172814>
- Alkandari, S., Al-Hassawi, F., Aldughpassi, A., Sidhu, J. S., Al-Amiri, H. A., Al-Othman, A., Ahmed, N., dan Ahmad, A. (2021a). Pilot scale production of functional foods using red palm olein: Antioxidant, vitamins' stability and sensory quality during storage. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(10), 5547–5554. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.06.032>
- Alkandari, S., Al-Hassawi, F., Aldughpassi, A., Sidhu, J. S., Al-Amiri, H. A., Al-Othman, A., Ahmed, N., dan Ahmad, A. (2021b). Pilot scale production of functional foods using red palm olein: Antioxidant, vitamins' stability and sensory quality during storage. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(10), 5547–5554. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.06.032>
- Almeida, E. S., Carmona, P. O., Mendonça, S., Dias, A. C. B., Castellón, E. R., Cecilia, J. A., da Silva Júnior, I. J., dan Monteiro, S. (2024). The role of carotenes in preventing oxidation during palm oil processing: Adsorption studies. *Industrial Crops and Products*, 216. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118691>

- Amanda, G. S., Syah Falaifi, F. J., dan Mardiyati, N. L. (2024). Determination of Carotenoid Bioavailability from Palm Oil Microencapsulation. *International Journal of Oil Palm*, 7(2). <https://doi.org/10.35876/ijop.v7i2.123>
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2023*.
- Budiyanto, B., Anis, U., Jayadi, I., dan Syafnil, S. (2023). The Quality of Lokan (*Geloina erosa*) Rendang Oil Substituted with Red Palm Oil Olein. *Indonesian Food Science and Technology Journal*, 7(1), 17–22.
- Butnariu, M., dan Sarac, I. (2019). Functional foods. *International Journal of Nutrition*, 3(3), 7–16. <https://doi.org/10.14302/issn.2379-7835.ijn-19-2615>
- Calvo-Brenes, P., dan O'Hare, T. (2020). Effect of freezing and cool storage on carotenoid content and quality of zeaxanthin-biofortified and standard yellow sweet-corn (*Zea mays* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103353>
- Chaudhary, P., Janmeda, P., Docea, A. O., Yeskaliyeva, B., Abdull Razis, A. F., Modu, B., Calina, D., dan Sharifi-Rad, J. (2023). Oxidative stress, free radicals and antioxidants: potential crosstalk in the pathophysiology of human diseases. *Frontiers in Chemistry*, 11. <https://doi.org/10.3389/fchem.2023.1158198>
- Chigbu, U. E., Atiku, S. O., dan Du Plessis, C. C. (2023). *The Science of Literature Reviews: Searching, Identifying, Selecting, and Synthesising*. Publications, 11(1). <https://doi.org/10.3390/publications11010002>
- Chong, W. T., Tan, C. P., Cheah, Y. K., Lajis, A. F. B., Dian, N. L. H. M., Kanagaratnam, S., dan Lai, O. M. (2018). Optimization of process parameters in preparation of tocotrienol-rich red palm oil-based nanoemulsion stabilized by Tween80-Span 80 using response surface methodology. *PLoS ONE*, 13(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202771>
- Diah Setiowati, R., Rimbun Panjaitan, F., Irfan Lubis, M., Ernayunita, dan Yenni, Y. (2021). Studi Pendahuluan Kandungan Vitamin E Pada Varietas Kelapa Sawit Ppks Preliminary Study Of Vitamin E Content In Iopri's Oil Palm Varieties. *J. Pen. Kelapa Sawit*, 29(3), 159–166.
- Efendi, Z., Ardhi, A., Santoso, U., Supriyadi, Ulfah, M., dan Raharjo, S. (2024). Characteristic and storage stability of nanostructured lipid carriers containing red palm oil. *Food Research*, 8(3), 363–375. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.8\(3\).375](https://doi.org/10.26656/fr.2017.8(3).375)
- Harianti, R., Marliyati, S. A., Rimbawan, R., dan Sukandar, D. (2018). Development of High Antioxidant Red Palm Oil Cake as a Potential Functional Food. *Jurnal Gizi Dan Pangan*, 13(2), 63–70. <https://doi.org/10.25182/jgp.2018.13.2.63-70>
- Hasibuan, H. A., dan Priyanto, A. (2021). Sifat Fisika Kimia Campuran Minyak Dari Minyak Sawit Merah Murni Dengan Minyak Zaitun, Minyak Jagung, Minyak Kedelai Atau Minyak Bunga Matahari. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 29(1), 21.
- Hassan, N. S. M., Badsha, M. M., Zuknik, M. H., Rashdi, S. Al, Ahmad Yahaya, A. N., Balakrishnan, V., Easa, A. M., dan Hossain, M. S. (2025). Supercritical CO₂ as a green technology for carotenoids-rich virgin palm oil production: Process optimization, kinetics and thermodynamics modeling. *Journal of Supercritical Fluids*, 215. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2024.106429>
- Imran, M., Ghorat, F., Ul-haq, I., Ur-rehman, H., Aslam, F., Heydari, M., Shariati, M. A., Okuskhanova, E., Yessimbekov, Z., Thiruvengadam, M., Hashempur, M. H., dan Rebezov, M.

- (2020). Lycopene as a Natural Antioxidant Used to Prevent Human Health Disorders. *Antioxidants*, 9(706), 1–27. <https://doi.org/10.3390/antiox9080706>
- Jenny R, G., dan Indrawati, R. (2023). Enkapsulasi Dan Stabilitas Pigmen Karotenoid Dari Buah Entawak (*Artocarpus Anisophyllus*). *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 8(01). <http://dx>.
- Kaur, R., Shekhar, S., dan Prasad, K. (2024). Functional beverages: recent trends and prospects as potential meal replacers. *Food Materials Research*, 4. <https://doi.org/10.48130/fmr-0023-0041>
- Lee, G. Y., dan Han, S. N. (2018). The Role of Vitamin E in Immunity. *Nutrients*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/nu10111614>
- Lee, W. J., Tan, C. P., Sulaiman, R., Hee, Y. Y., dan Chong, G. H. (2020). Storage stability and degradation kinetics of bioactive compounds in red palm oil microcapsules produced with solution-enhanced dispersion by supercritical carbon dioxide: A comparison with the spray-drying method. *Food Chemistry*, 304. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125427>
- Lee, W. J., Tan, C. P., Sulaiman, R., Smith, R. L., dan Chong, G. H. (2018). Microencapsulation of red palm oil as an oil-in-water emulsion with supercritical carbon dioxide solution-enhanced dispersion. *Journal of Food Engineering*, 222, 100–109. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.011>
- Madoromae, H., dan Lertcanawanichakul, M. (2025). Red Palm Oil: Nutritional Composition, Bioactive Properties, and Potential Applications in Health and Cosmetics: A Narrative Review. *Molecules*, 30(22), 4402. <https://doi.org/10.3390/molecules30224402>
- Mangope, K., Kaseke, T., dan Fawole, O. A. (2025). Spray-drying microencapsulation of fixed oils: An innovative and sustainable technology to enhance oxidative stability, functionality and application in food systems. *Applied Food Research*, 5(2). <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101200>
- Martemucci, G., Costagliola, C., Mariano, M., D'andrea, L., Napolitano, P., dan D'Alessandro, A. G. (2022). Free Radical Properties, Source and Targets, Antioxidant Consumption and Health. *Oxygen*, 2(2), 48–78. <https://doi.org/10.3390/oxygen2020006>
- Martirosyan, D., Lampert, T., dan Lee, M. (2022). A comprehensive review on the role of food bioactive compounds in functional food science. *Functional Food Science*, 3(2), 64–78. <https://doi.org/10.31989/ffs.v2i3.906>
- Mokoginta, F. S., Paransa, D. S. J., Kemer, K., Paulus, J. J. H., Kawung, N. J., dan Manoppo, H. (2021). Analisis Jenis Pigmen Karotenoid Pada Karapas Kepiting Jantan *Grapsus albolinetaus* Latreille in Milbert 1812. *Jurnal Ilmiah Platax*, 9(1).
- Nakano, T., Takashima, E., dan Yu, L. (2025). Factors Affecting Circulating Phytosterol Levels: Toward an Integrated Understanding of Atherogenicity and Atheroprotection by Dietary and Circulating Phytosterols. *Current Atherosclerosis Reports*, 27(104). <https://doi.org/10.1007/s11883-025-01334-7>
- Ngginak, J., Rafael, A., Amalo, D., Nge, S. T., dan Sandra Bisilissin, C. L. (2020). Analisis Kandungan Senyawa B-Karoten Pada Buah Enau (*Arenga Piñata*) Dari Desa Baumata. *Jambura Edu Biosfer Journal*, 2(1), 2656–0526. <https://doi.org/10.34312/jebj>
- Nurdin, S. U., Nurdjanah, S., Triyandi, R., dan Nurhadi, B. (2024). Antioxidant Activity, Glycemic Response, and Functional Properties of Rice Cooked with Red Palm Oil. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2024. <https://doi.org/10.1155/2024/3483292>

- Olivares-Tenorio, M. L., Cortes-Prieto, C. M., Londoño-Univio, N. C., Rojas-Díaz, D. A., Quintanilla-Carvajal, M. X., Tibaquirá-Pérez, L. N., Ricaurte-Puentes, L. Y., Rada-Bula, A. I., Romero, H. M., dan García-Nuñez, J. A. (2024). Bioactive compounds in palm oil: A comprehensive review of recent advances in physicochemical characteristics, health-promoting properties and technologies for extraction, concentration, fractionation, encapsulation and functional food applications. In *Journal of Food Composition and Analysis* (Vol. 132). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106306>
- Peh, H. Y., Tan, W. S. D., Liao, W., dan Wong, W. S. F. (2016). Vitamin E therapy beyond cancer: Tocopherol versus tocotrienol. *Pharmacology and Therapeutics*, 162, 152–169. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2015.12.003>
- Purnama, K. O., Setyaningsih, D., Hambali, E., dan Taniwiryono, D. (2020). Processing, Characteristics, and Potential Application of Red Palm Oil - A review. *International Journal of Oil Palm*, 3(2), 40–55. <https://doi.org/10.35876/ijop.v3i2.47>
- Pyo, Y., dan Kwon, K. H. (2025). Therapeutic potential of red palm oil as antioxidant for men's health. *Journal of Men's Health*, 21(5), 5–13. <https://doi.org/10.22514/jomh.2025.112>
- Raederstorff, D., Wyss, A., Calder, P. C., Weber, P., dan Eggersdorfer, M. (2015). Vitamin E function and requirements in relation to PUFA. *British Journal of Nutrition*, 114(8), 1113–1122. <https://doi.org/10.1017/S000711451500272X>
- Saito, Y. (2021a). Diverse cytoprotective actions of vitamin E isoforms- role as peroxyl radical scavengers and complementary functions with selenoproteins. *Free Radical Biology and Medicine*, 175, 121–129. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2021.08.234>
- Saito, Y. (2021b). Diverse cytoprotective actions of vitamin E isoforms- role as peroxyl radical scavengers and complementary functions with selenoproteins. *Free Radical Biology and Medicine*, 175, 121–129. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2021.08.234>
- Setyani, H., Setiowati, A. D., Rahayoe, S., Hidayat, C., dan Saputro, A. D. (2025). Microencapsulation of red palm oil with soy protein concentrate–carrageenan conjugates for compound dark chocolate applications. *Sustainable Food Technology*, 3(6), 2337–2351. <https://doi.org/10.1039/D5FB00278H>
- Shahidi, F., Pinaffi-Langley, A. C. C., Fuentes, J., Speisky, H., dan de Camargo, A. C. (2021). Vitamin E as an essential micronutrient for human health: Common, novel, and unexplored dietary sources. *Free Radical Biology and Medicine*, 176, 312–321. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2021.09.025>
- Shen, M., Yuan, L., Zhang, J., Wang, X., Zhang, M., Li, H., Jing, Y., Zeng, F., dan Xie, J. (2024). Phytosterols: Physiological Functions and Potential Application. *Foods*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/foods13111754>
- Sidik, G. (2024). Pemanfaatan β -Karatén dan α -Tokoferol pada Red Palm Oil sebagai Bahan Fortifikasi Vitamin Produk Fungsional. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 16(1), 8–13. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v16i1.30590>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Sommerburg, O., De Spirt, S., Mattern, A., Joachim, C., Langhans, C. D., Nesaretnam, K., Siems, W., Stahl, W., dan Mall, M. A. (2015). Supplementation with Red Palm Oil Increases β -Carotene

- and Vitamin A Blood Levels in Patients with Cystic Fibrosis. *Mediators of Inflammation*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/817127>
- Stellaard, F., dan Lütjohann, D. (2025). Phytosterol-Enriched Dietary Supplements for Lowering Plasma LDL-Cholesterol: Yes or No? *Nutrients*, 17(4). <https://doi.org/10.3390/nu17040654>
- Sundaraja, C. S., Hine, D. W., dan Lykins, A. D. (2021). Palm oil: Understanding barriers to sustainable consumption. *PLoS ONE*, 16(8 August). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254897>
- Tan, C. H., Lee, C. J., Tan, S. N., Poon, D. T. S., Chong, C. Y. E., dan Pui, L. P. (2021a). Red palm oil: A review on processing, health benefits and its application in food. *Journal of Oleo Science*, 70(9), 1201–1210. <https://doi.org/10.5650/jos.ess21108>
- Tan, C. H., Lee, C. J., Tan, S. N., Poon, D. T. S., Chong, C. Y. E., dan Pui, L. P. (2021b). Red palm oil: A review on processing, health benefits and its application in food. *Journal of Oleo Science*, 70(9), 1201–1210. <https://doi.org/10.5650/jos.ess21108>
- Teh, S. S., Lau, H. L. N., dan Wafti, N. S. B. A. (2023). Storage Stability and Degradation Kinetics of Phytonutrients of Red Palm-pressed Mesocarp Olein. *Journal of Oleo Science*, 72(5), 511–520. <https://doi.org/10.5650/jos.ess22356>
- Toma, M. J., dan Milner-Bolotin, M. (2025). Literature Review Strategies: A Case of Current Applications of Artificial Intelligence in Science, Technology, Engineering and Mathematics Education. *Future in Educational Research*, 3(4), 530–544. <https://doi.org/10.1002/fer3.70012>
- Ungurianu, A., Zanzfirescu, A., Nițulescu, G., dan Margină, D. (2021). Vitamin E Beyond Its Antioxidant Label. *Antioxidants*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/antiox10050634>
- Wahyuni, F. D., Shalihah, I. M., dan Nurtiana, W. (2020). Carotenoids As Natural Colorant : A Review. *Food ScienTech Journal*, 2(2), 94. <https://doi.org/10.33512/fsj.v2i2.9940>
- Wirawan, W., Raharjo, S., dan Supriyadi, S. (2023). Formulation and Characteristics of Nanostuctured Lipid Carrier (NLC) Red Palm Oil (RPO) Prepared by High-Pressure Homogenization and Its Applications in Orange Juice. *Indonesian Food and Nutrition Progress*, 19(1), 31. <https://doi.org/10.22146/ifnp.70924>
- Witasari, L. D., Jason, B., Salim, J. S., Pratama, Y., dan Nusantoro, B. P. (2025). Enzymatic synthesis of zero-trans structured lipids from red palm oil (*Elaeis guineensis*) and sacha inchi oil (*Plukenetia volubilis*) blends. *Food Bioscience*, 69. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.106981>