

Minyak Sawit Merah: Karakteristik Nutrisi, Bioaktif, Potensi Kesehatan, dan Aplikasi dalam Pangan Fungsional Sumber Antioksidan

Davin Goneril¹, Dwi Septi Niranti Hidayat¹, Emilia Septiani¹

¹Universitas Tanjungpura, Jalan Profesor Doktor H. Hadari Nawawi, Bansir Laut, Pontianak Tenggara, Pontianak 78124, Indonesia
email: davingoneril@gmail.com

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 12 Mei 2025

Disetujui 02 Juni 2025

Di Publikasi Oktober 2025

Kata kunci:

antioksidan, bioaktif, nutrisi, minyak sawit merah, pangan fungsional

Abstrak

Minyak sawit merah merupakan fraksi olein pemurnian *crude palm oil* (CPO) tanpa pemucatan yang berwarna kemerahan. Komoditas ini berpotensi dikembangkan dari segi industri hingga kesehatan. Minyak sawit merah berpotensi diolah sebagai pangan fungsional sumber antioksidan, namun belum pernah dilakukan kajian komprehensif mengulas profil kandungan kimia serta bioaktif, bukti kesehatan, dan fungsi ketika diolah menjadi pangan fungsional sumber antioksidan. Kajian dilakukan metode deskriptif dengan model *review* naratif dari sumber 2015-2025, merangkum data kandungan nutrisi, bioaktif, potensi kesehatan, dan pemanfaatan menjadi pangan fungsional. Minyak sawit merah didominasi oleh asam lemak jenuh (37,83%-65,62%) serta asam lemak mono tidak jenuh sekitar (27,30%-43,54%). Senyawa bioaktif yang ditemukan berupa karotenoid, tokoferol, fitosterol, skualena, flavonoid, dan fenolik, yang diduga berperan sebagai antioksidan, antiinflamasi, peningkat vitamin A darah, antidiabetes, dan antiproliferatif. Dalam pengolahan pangan fungsional dapat diolah menjadi coklat oles, *mellorine*, bagelan, dan kopi bubuk dengan persentase inhibisi dari radikal DPPH sekitar (7,091%-82,10%). Kesimpulan kajian menunjukkan minyak sawit merah cenderung seimbang dari kadar asam lemak yang terkandung serta tinggi antioksidan (Tokotrienol, β -karoten, sitosterol, dan skualena) yang bergantung pada aspek budidaya, penanganan pasca panen, dan pengolahan. Potensi fungsi kesehatan yang diberikan sebagai pangan fungsional sumber antioksidan dipengaruhi pengolahan dan kombinasi bahan, yang menunjukkan potensi diversifikasi riset di masa depan.

Red Palm Oil: Characteristics of Nutritional, Bioactive, Health Potential, and Application in Antioxidant Source Functional Food

Keywords:

antioxidant, bioactive, functional food, nutrition, red palm oil

Abstract

Red palm oil is reddish crude palm oil (CPO) refined oil fraction without being bleached. This commodity has the potential to be developed from the industrial to health sectors. Red palm oil can be potential antioxidant source functional food, however comprehensive reviewing chemical and bioactive profile, health evidence, and antioxidant activity in functional food never been conducted. The review is using descriptive method as narrative review, summarizing the nutritional content, bioactives, health potential, and functional foods utilization from 2015-2025. Red palm oil is dominated by saturated (37.83%-65.62%) and monounsaturated (27.30%-43.54%) fatty acids. The bioactive compounds found were carotenoids, tocopherols, phytosterols, squalene, flavonoids, and phenolics, that can act as antioxidants, anti-inflammatories, blood vitamin A enhancers, antidiabetics, and antiproliferatives. In functional food processing, such as chocolate spread, *mellorine*, bagelan, and ground coffee providing DPPH radicals inhibition around (7.091%-82.10%). The study shows that red palm oil

is considered balanced between the contained fatty acids, while high in antioxidants (Tocotrienol, β -carotene, sitosterol, and squalene) which depended on the cultivation, post-harvest handling, and processing. The potential health function provided as a source of functional food antioxidants affected by the processing and ingredients combination, which shows the potential for diversification in the further research.

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan tanaman penyedia sumber daya minyak yang dapat tumbuh di wilayah tropis (Murphy *et al.*, 2021). Pada umumnya, terdapat dua spesies utama yang banyak dibudidayakan yakni dari *Elaeis guineensis* (Afrika Barat) dan *Elaeis oleifera* (Amerika Pusat dan Selatan) (Nizam & Mahmud, 2021). Hasil panen dari kelapa sawit ini sangat esensial dalam memenuhi kebutuhan sebagai sumber pangan hingga energi global, dan komoditas olahan kelapa sawit yang diincar dalam bentuk minyak. Minyak sawit memiliki kebutuhan yang sangat tinggi di skala global, sehingga menyebabkan peralihan beberapa wilayah regional seperti Asia Tenggara menjadi perkebunan kelapa sawit hingga pabrik pengolahan minyak sawit (Jaroenkietkajorn & Gheewala, 2020). Salah satu negara yang merupakan penghasil minyak sawit adalah Indonesia. Varietas kelapa sawit yang berkembang di Indonesia terbagi menjadi dua yakni berdasarkan ketebalan endokarp (*Pisifera*, *Dura*, dan *Tenera*) dan warna buah (*Albescens*, *Nigrescens*, dan *Virescens*) (Irawan *et al.*, 2021). Pada 2023, tercatat lahan produksi kelapa sawit mencapai 15,93 juta hektar serta jumlah produksi minyak sawit mencapai 47,08 juta ton, dengan volume ekspor dari produk minyak sawit dari Indonesia berupa crude palm oil (*CPO*) mencapai 26.129.721 ton (Badan Pusat Statistik, 2024). Hal ini menunjukkan pentingnya peranan *CPO* dalam mendukung perekonomian nasional.

CPO adalah hasil ekstrak minyak dari proses penekanan buah kelapa sawit. Minyak terkandung masih bercampur dengan air bebas, asam lemak bebas (*ALB*), fosfolipid, karotenoid, tokoferol, dan lainnya (Achaw & Danso-Boateng, 2021). *CPO* memiliki nilai ekspor yang tinggi karena dinilai sebagai bahan mentah yang dapat diolah lebih lanjut ke berbagai turunannya, sehingga peningkatan ekspor *CPO* memberikan dampak buruk dari fluktuasi harga minyak goreng pasar. Hal ini menyebabkan kebijakan pemerintah melakukan hilirisasi dari pengolahan *CPO* menjadi berbagai produk turunan (Haq, 2024). Dalam pengolahan minyak goreng makan, *CPO* akan dilakukan pemurnian dengan memisahkan dari senyawa karotenoid yang terkandung (Azeman *et al.*, 2015). Di sisi lain, dalam proses pemurnian berpotensi menyebabkan kehilangan parsial dari kandungan senyawa bioaktif dari pro-vitamin A dan vitamin E yang memiliki dampak kesehatan (Ribeiro *et al.*, 2022). Pengembangan pengolahan *CPO* menjadi produk turunan lainnya yang lebih sehat dan efisien dari segi produksi, salah satunya berupa minyak sawit merah.

Minyak sawit merah atau *red palm oil (RPO)* merupakan fraksi olein termurnikan yang tanpa dilakukan pemucatan *CPO*, sehingga menghasilkan warna khas minyak kemerahan akibat masih mengandung senyawa warna. Minyak sawit merah mengandung karotenoid dan tokoferol yang tinggi sehingga dinilai dapat memberikan efek fungsional ketika dikonsumsi (Purnama *et al.*, 2020). Pemanfaatan minyak sawit terfortifikasi vitamin A sebelumnya telah digalakkan sebagai minyak konsumsi, sehingga potensi hilirisasi produksi dalam negeri yang tinggi dari perindustrian minyak sawit merah (Hasibuan *et al.*, 2021). Pemerintahan Republik Indonesia di 2024 sedang mengarahkan pada program hilirisasi dan pemanfaatan minyak makan merah dalam menjalankan program Asta Cita, dalam menyelesaikan masalah stunting, memperbaiki sistem perekonomian dengan pembukaan lapangan pekerjaan, dan mengembangkan perindustrian lokal (PASPI, 2024). Di sisi lain, penerimaan konsumsi minyak sawit merah menggantikan minyak sawit komersial sulit untuk dilakukan akibat dari kebiasaan masyarakat dalam mengonsumsi minyak goreng pucat berwarna kekuningan. Minyak sawit merah kurang disukai akibat dari warna dan aroma khusus yang dihasilkan (Hasibuan & Ijah, 2018). Pemanfaatan minyak sawit merah dalam pangan olahan sumber nutrisi maupun meningkatkan mutu fisikokimia lebih banyak dilakukan (Dewita *et al.*, 2015; Wu *et al.*, 2018).

Minyak sawit merah dapat menawarkan fungsi kesehatan sebagai pangan fungsional yang dibutuhkan masyarakat di zaman kini (Tai *et al.*, 2022; Nuralang *et al.*, 2024). Aplikasi minyak sawit merah banyak dilakukan dalam bentuk fortifikan produk pangan dalam meningkatkan vitamin A untuk wanita hingga anak-anak hingga sumber antioksidan (Delisle, 2018; Alkandari *et al.*, 2021). Ulasan minyak sawit merah secara komprehensif terkait senyawa bioaktif, manfaat kesehatan, dan kemampuan fungsional ketika dilakukan pengolahan menjadi pangan fungsional belum banyak dikaji. Hal ini menunjukkan urgensi dalam melakukan kajian *review* dalam upaya mengulas komposisi senyawa nutrisi hingga senyawa bioaktif (Metabolit sekunder), bukti pengujian potensi kesehatan, dan kualitas senyawa bioaktif dalam pemanfaatan dalam pangan fungsional, sehingga dapat meningkatkan upaya membuka peluang pemanfaatan hingga riset mengenai minyak sawit merah.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan skema *review* naratif, dengan menggunakan metode analisis secara deskriptif dari perolehan informasi mengenai hasil kuantitatif kandungan senyawa nutrisi (Kandungan vitamin dan profil asam lemak) serta bioaktif (Kandungan senyawa metabolit sekunder), efek kesehatan yang dapat diberikan dan telah dikaji secara *in vitro* maupun *in vivo*, serta kemampuan antioksidan (Persentase inhibisi) dari pangan fungsional olahan dari minyak sawit merah. Hasil *review* akan dipaparkan dan dijelaskan berdasarkan beberapa riset pendukung dalam menjawab fenomena yang diperoleh sekaligus memaparkan potensi aplikasi dan riset minyak sawit merah sebagai pangan fungsional sumber antioksidan di masa yang mendatang. Pengkajian dan pengumpulan sumber literatur dari artikel ilmiah yang dirangkum melalui *search engine* (Google, Google Scholar, Sciencedirect, PubMed, Springer, Taylor & Francis, dan Crossref) dalam mensintesis pengetahuan baru seputar minyak sawit merah. Sumber literatur digunakan merupakan data artikel ilmiah, buku, buku bagian, dan prosiding, yang terakreditasi (ISSN, SINTA, dan Scopus) dengan batas tahun publikasi dari 2015-2025.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Minyak Sawit Merah

Minyak sawit merah adalah hasil dari proses pemurnian dari *CPO* tanpa pemucatan. Produksi yang dilakukan dilalui dengan proses *degumming*, netral, deodorisasi, dan fraksinasi. Absensi proses pemucatan menghasilkan warna jingga kemerahan, yang mengindikasikan tingginya kandungan senyawa pigmen berupa karotenoid sekitar 20%-50%. Di sisi lain, proses yang biasa dilakukan untuk menghasilkan minyak sawit merah namun tidak menghilangkan total karotenoid serta membantu menjaga stabilitas minyak. *Degumming* bertujuan untuk menghilangkan fosfolipid, karbohidrat, protein, fosfat, hingga zat pengotor lainnya. Netralisasi bertujuan untuk mengurangi kandungan asam lemak bebas melalui pereaksian dengan basa (NaOH) yang akan menghasilkan garam (Penyabunan) serta dapat dipisahkan melalui sentrifugasi. Fraksinasi bertujuan memisahkan fraksi olein dan stearin. Minyak sawit merah yang dikomersialisasikan adalah minyak fraksi cair atau olein (Dewi *et al.*, 2023; Saputra *et al.*, 2024; Sumarna *et al.*, 2022).

Karakteristik Senyawa Nutrisi dan Bioaktif

Minyak sawit merah pada umumnya mengandung tinggi lemak dengan dilengkapi dengan kandungan mikronutrien yang kaya seperti provitamin A (Karotenoid) dan vitamin E. Kandungan lemak mendominasi dengan kisaran 55,70%-99,99%, dan kadar air yang sangat rendah (0,1%). Kandungan vitamin seperti vitamin E dan provitamin A umumnya dalam minyak sawit merah terkandung sekitar (717-862 dan 600-750) ppm. Kandungan asam lemak diduga memiliki fraksi jenuh yang lebih dominan (44%), jika dibandingkan fraksi asam lemak tidak jenuh (Loganathan *et al.*, 2017; Dewita *et al.*, 2020; Marliyati *et al.*, 2021). Jika dibandingkan dengan sumber provitamin A, minyak sawit merah dinilai memiliki kandungan (15-39) kali lebih tinggi terhadap tomat dan wortel (Saputri & Ngatirah, 2019). Data kandungan nutrisi ditampilkan dalam Tabel 1. Berdasarkan data menunjukkan potensi kandungan vitamin E dan provitamin A dapat terkandung di luar dari rentang umum, yang dapat mencapai rentang (327,93-894 dan 91,48-747,22) ppm.

Tabel 1. Kandungan Nutrisi Minyak Sawit Merah

Sumber	Kandungan Nutrisi				
	Total Vitamin E (ppm)	Total Karotenoid (ppm)	Asam Lemak Jenuh (%)	Asam Lemak Mono Tidak Jenuh (%)	Asam Lemak Poli Tidak Jenuh (%)
Rakprasoot <i>et al.</i> (2024)	856,91	747,22	44,54	43,54	11,50
Gao <i>et al.</i> (2023)	473,43	154,04	46,05	42,27	12,13
	327,93	91,48	49,91	38,99	10,70
Marliyati <i>et al.</i> (2021)	-	214,13	37,83	36,48	9,64
Ulfah <i>et al.</i> (2016)	-	459,52	65,62	27,30	5,84
Teh <i>et al.</i> (2021)	894	571,35	-	-	-
Putri <i>et al.</i> (2024)	-	520,24	-	-	-

Keterangan: Tidak diuji (-); Tidak terkandung (ND)

Berdasarkan Tabel 1, asam lemak yang terkandung cenderung didominasi dari fraksi asam lemak tidak jenuh (Tunggal) sekitar 27,30%-43,54%, namun perbandingan pada asam lemak jenuh cukup seimbang. Profil asam lemak dari minyak sawit merah (Tabel 2), diketahui fraksi asam lemak jenuh didominasi dari asam palmitat (22,03%-50,02%), sedangkan fraksi asam lemak tidak jenuh lebih banyak berasal dari asam oleat (0,10%-42,27%) dan asam linoleat (9,13-32,70). Asam lemak dari minyak sawit merah cenderung mengandung sedikit fraksi asam lemak jenuh (Asam kaproat) dan lebih banyak terkandung asam lemak palmitat, sedangkan dari kandungan asam lemak tidak jenuh cenderung lebih banyak dari asam lemak oleat (Nainggolan & Sinaga, 2021). Tingginya kandungan lemak sebagai sumber energi ataupun menjadi cadangan energi, meregulasi stress, hingga proses metabolik. Asam lemak tidak jenuh dapat menjaga jaringan penyimpanan lemak, signal sel, dan fluiditas membran (Zhao *et al.*, 2022).

Tabel 2. Profil Asam Lemak Minyak Sawit Merah

Sumber	Kandungan Nutrisi					
	Asam Laurat (C12:0) (%)	Asam Miristat (C14:0) (%)	Asam Palmitat (C16:0) (%)	Asam Stearat (C18:0) (%)	Asam Oleat (C18:1) (%)	Asam Linoleat (C18:2) (%)
Ulfah <i>et al.</i> (2016)	0,395	0,961	22,03	0,395	0,10	32,79
Marliyati <i>et al.</i> (2021)	0,12	0,61	34,05	2,87	36,39	9,13
Gao <i>et al.</i> (2023)	4,36	2,33	34,95	3,87	42,27	11,57
Rakprasoot <i>et al.</i> (2024)	0,22	0,90	42,96	5,83	38,99	10,70
	0,15	-	38,27	4,49	-	-
Teh <i>et al.</i> (2021)	-	-	50,02	-	30,89	-
Putri <i>et al.</i> (2024)	-	-	42,63	-	34,71	-

Keterangan: Tidak diuji (-); Tidak terkandung (ND)

Minyak sawit merah juga mengandung senyawa bioaktif yang dapat berperan sebagai antioksidan. Berdasarkan Tabel 3 dan 4, menunjukkan bahwa senyawa metabolit sekunder terkandung berupa flavonoid (4,80-48,91) ppm, fenolik (5,72-65,13) ppm, fitosterol (185-662,96) ppm, skualena (28,05-401) ppm, dan asam karboksilat. Senyawa bioaktif yang terkandung memiliki dua jenis berdasarkan kelarutan yakni lipofilik dan hidrofilik. Senyawa antioksidan hidrofilik yang umumnya terkandung adalah fenolik (asam fenolat) hingga polifenol (flavonoid). Senyawa antioksidan lipofilik yang umumnya berupa karotenoid, tokoferol, sterol, skualena, dan ubikuinon. Minyak sawit merah didominasi oleh senyawa antioksidan dari karotenoid (600-750) ppm serta tokoferol (717-863) ppm. Senyawa metabolit sekunder lainnya seperti fitosterol dan skualena yang terkandung umumnya sekitar (325-365 dan 14-15) ppm. Senyawa lainnya seperti ubikuinon (Koenzim Q10) juga terkandung sekitar (18-25) ppm (Loganathan *et al.*, 2017; Sambanthamurthi *et al.*, 2018). Berdasarkan data pada Tabel 4, senyawa antioksidan tokoferol berupa α -tokoferol, β -tokoferol, γ -tokoferol, δ -tokoferol, α -tokotrienol, β -tokotrienol, γ -tokotrienol, dan δ -tokotrienol. Kandungan tokotrienol lebih banyak secara total dibandingkan tokoferol. Kandungan fitosterol yang terdeteksi berupa kampesterol, stigmasterol, dan sitosterol. Sterol minyak sawit merah didominasi oleh sitosterol (196,06-440,85) ppm. Karotenoid yang terkandung terdiri dari β -karoten, 13-cis- β -karoten, α -karoten, all-trans- β -karoten, dan 9-Cis- β -karoten. Kandungan karoten didominasi β -karoten (140,62-784,94) ppm. Senyawa antioksidan fenolik berupa asam fenolik, flavonoid, asam karboksilat, dan aromatik. Karakterisasi senyawa fenolik teridentifikasi dari keberadaan furanokumarin, asam galat, dan kuersetin, namun hasil pengukuran kuantitatif belum ditemukan.

Tabel 3. Kandungan Senyawa Bioaktif Minyak Sawit Merah

Sumber	Senyawa Bioaktif			
	Flavonoid (ppm)	Fenolik (ppm)	Sterol (ppm)	Skualena (ppm)
Teh <i>et al.</i> (2021)	4,80 ± 0,80	5,72 ± 0,10	185 ± 7	83 ± 10
Gao <i>et al.</i> (2023)	-	45,00 ± 1,02	662,96 ± 60,42	28,05 ± 2,42
Tahir <i>et al.</i> (2021)	48,91 ± 0,72	50,00 ± 1,77	388,14 ± 1,60	52,80 ± 1,69
Teh & Lau (2021)	-	65,13 ± 7,52	-	-
	-	-	519 ± 8	401 ± 14

Keterangan: Tidak diuji (-); Tidak terkandung (ND)

Tabel 4. Profil Senyawa Fungsional Minyak Sawit Merah

Sumber	Senyawa	Profil
Tahir <i>et al.</i> (2021)	Fenolik	Furanokumarin (Xanthoxin), Asam Galat
	Flavonoid	Kuersetin
	Asam Karboksilat	Asam Nonanedioat
	Aromatik	2,4-Decadienal
Teh <i>et al.</i> (2021)	Tokoferol	α -Tokoferol (156 ± 2 ppm), α -Tokotrienol (296 ± 16 ppm), β -Tokotrienol (31 ± 3 ppm), γ -Tokotrienol (327 ± 8 ppm), δ -Tokotrienol (84 ± 4 ppm)
Gao <i>et al.</i> (2023)	Sterol	Kampesterol (142,03 ± 17,91 ppm), Stigmasterol (74,29 ± 85,88 ppm), Sitosterol (440,85 ± 34,32 ppm)
		Kampesterol (116,61 ± 7,47 ppm), Stigmasterol (75,48 ± 6,88 ppm), Sitosterol (196,06 ± 1,02 ppm)
	Tokoferol	α -Tokoferol (316,70 ± 4,17 ppm), β -Tokoferol (22,85 ± 3,18 ppm), γ -Tokoferol (117,00 ± 1,13 ppm), δ -Tokoferol (16,88 ± 5,55 ppm)
		α -Tokoferol (137,23 ± 10,85 ppm), β -Tokoferol (28,28 ± 2,86 ppm), γ -Tokoferol (132,00 ± 10,61 ppm), δ -Tokoferol (30,43 ± 1,31 ppm)
Rakprasoot <i>et al.</i> (2024)	Tokoferol	α -Tokoferol (263,31 ± 42,5 ppm), α -Tokoferol (221,48 ± 10,44 ppm), β -Tokoferol (49,95 ± 5,67 ppm), γ -Tokoferol (300,30 ± 56,06 ppm)
Teh & Lau (2021)	Tokoferol	α -Tokoferol (857 ± 12 ppm), α -Tokotrienol (363 ± 6 ppm), β -Tokotrienol (34 ± 1 ppm), γ -Tokotrienol (343 ± 5 ppm), δ -Tokotrienol (46 ± 1 ppm)
Loganathan <i>et al.</i> (2020)	Karotenoid	α -Karoten (149,23 ± 4,96 ppm), β -Karoten (140,62 ± 3,38 ppm)
	Tokoferol	α -Tokoferol (158,71 ± 0,42 ppm), β -Tokoferol (5,50 ± 0,05 ppm), γ -Tokoferol (41,54 ± 0,01 ppm), δ -Tokoferol (7,59 ± 0,12 ppm), α -Tokotrienol (264,12 ± 0,76 ppm), β -Tokotrienol (21,84 ± 0,05 ppm), γ -Tokotrienol (330,68 ± 1,06 ppm), δ -Tokotrienol (113,55 ± 0,45 ppm)
Huan <i>et al.</i> (2022)	Karotenoid	13-Cis- β -karoten (16,9 ppm), α -Karoten (40,2 ppm), All-trans- β -karoten (42,9 ppm), 9-Cis- β -karoten (5,1 ppm)
Mohammed <i>et al.</i> (2018)	Karotenoid	β -Karoten (784,94 ppm)
	Tokoferol	α -Tokoferol (413,72 ppm)

Perbedaan hasil rendemen diduga dapat dipengaruhi berbagai faktor dari genetik hingga proses. Profil asam lemak dapat ditentukan dari jenis pengembangan genetik yang ada dalam pohon produksi. Buah kelapa sawit yang dapat menghasilkan asam lemak tidak jenuh tinggal yang tinggi berasal dari hasil penyilangan F1 dan BC1, yakni berupa oleat dan linoleat. Produksi asam lemak oleat dipengaruhi oleh sifat kodominan dan aditif, sedangkan produksi asam lemak linoleat dipengaruhi sifat non-aditif. Produksi vitamin E kelapa sawit dipengaruhi gen fitokrom dengan enzim terkait. Enzim yang berperan dalam sintesis tokoferol umumnya berasal dari *HGGT* (*Homogenistic geranylgeranyl transferase*) sedangkan tokotrienol berasal dari enzim *HPT* (*Homogentisate phytyl-transferase*). Kandungan vitamin E yang tinggi akan tokotrienol tidak akan dipengaruhi oleh penurunan degradasi klorofil selama pematangan, namun fraksi tokoferol dapat mengalami penurunan. Biosintesis karotenoid dipengaruhi dari peranan enzim likopen β -katalase hasil kondensasi *geranylgeranyl* difosfat menjadi likopen serta

diferensiasi likopen menjadi berbagai jenis karotenoid. Kematangan buah juga dapat menyebabkan beberapa banyak yang dapat diperoleh. Kematangan fase terlewat matang menghasilkan rendemen vitamin E dan karotenoid yang tinggi. Pada buah mentah cenderung menghasil kadar karotenoid yang sedikit. Buah yang tidak segera diolah jika didiamkan terlalu lama dapat menyebabkan penurunan karotenoid. Lamanya proses pemanasan dapat berpengaruh pada daya kerusakan senyawa. Jika proses pemanasan terlalu lama berpotensi mengoksidasi karotenoid, tokoferol, hingga senyawa bioaktif lainnya. Lokasi pertumbuhan dapat menentukan kadar senyawa seperti asam lemak hingga tokoferol yang dihasilkan. Lokasi dan iklim yang kering akan menurunkan kadar tokol total (Putri *et al.*, 2007; Hasibuan *et al.*, 2008; Budiyo *et al.*, 2010; Siregar *et al.*, 2018; Setiowati *et al.*, 2021).

Potensi Kesehatan

Pada Tabel 5, terangkum dari hasil eksperimental manfaat kesehatan yang ditawarkan dari minyak sawit merah, yang menunjukkan potensi sebagai antioksidan, antidiabetes, peningkat kadar vitamin A darah, peningkat berat badan, antiproliferasi, dan antiinflamasi. Peran sebagai antioksidan dinilai dipengaruhi oleh kandungan bioaktif seperti karotenoid, tokoferol, flavonoid, fenolik, fitosterol, hingga skualena (Tabel 3 dan 4). Karotenoid memiliki mekanisme secara langsung memerangkap ROS (*Reactive oxygen species*) singlet melalui transfer elektron dan abstraksi hidrogen. Pada β -karoten mampu bekerja sebagai antioxidant juga dalam tubuh dalam sistem LDL (*Low density lipoprotein*) dan di liposom. Dalam metabolisme tubuh, karotenoid ditransportasi ke lipoprotein dengan akumulasi di sel membran serta organel sehingga membentuk pertahanan. Di sisi lain, karotenoid dapat bekerja baik sebagai antioksidan jika berada dalam kondisi tegangan oksigen rendah (<150 Torr), sedangkan pada tegangan oksigen tinggi justru karotenoid akan berubah sifat menjadi prooksidan akibat pembentukan radikal karotenoid (Pérez-Gálvez *et al.*, 2020). Tokoferol juga dapat menawarkan kemampuan antioksidan melalui memerangkapkan radikal peroksil dengan memberikan atom hidrogen, dan siklus tersebut dapat diulang secara kontinu dengan adanya asam askorbat yang mampu mendonorkan atom hidrogen (Liao *et al.*, 2022). Beberapa jenis fitosterol memiliki kemampuan antioksidan seperti stigmasterol yang dapat melakukan berikatan pada *Kelch-like ECH associated protein 1 (KEAP1)* sensor kompleks redoks dalam mengurangi stress oksidatif selular (Bakrim *et al.*, 2022). Skualena juga dapat memerangkap ROS singlet menjadi hidroperoksida skualena. Mobilitas skualena selular dan membran subselular yang mudah akibat dari struktur molekulnya dapat meningkatkan kecepatan memerangkap radikal bebas (Micera *et al.*, 2020).

Fungsi antidiabetes dapat ditawarkan dari minyak sawit merah, yang diperoleh dari hasil penghambatan dari kenaikan gula darah. Hal ini diduga dapat terjadi akibat kandungan antioksidan selain dari karotenoid, yang diakibatkan dari penurunan gula darah yang lebih tinggi dari konsumsi minyak sawit merah dibandingkan konsentrat karotenoid (Sinaga *et al.*, 2018). Senyawa seperti polifenol (Asam fenolat dan flavonoid) memiliki kemampuan protektif pada sel β pankreas yang berfungsi dalam produksi insulin. Di sisi lain, senyawa polifenol dapat menghambat kerja enzim pencernaan seperti α -amilase dan α -glukosidase, hingga menghambat kerja enzim glukogenik yang melakukan produksi gula dari hati. Penghambatan kerja dapat terjadi melalui inhibisi enzimatis pada sisi alosterik, dan terutama dilakukan flavonoid (Cahyana & Adiyanti, 2021; Nie & Cooper, 2021). Minyak sawit merah yang kaya akan senyawa lemak dapat memicu kenaikan berat badan. Senyawa lemak dimetabolisme di dalam tubuh sebagai sumber energi melalui proses β -oksidasi dalam matriks mitokondria. Asam lemak yang dicerna dapat disimpan menjadi jaringan adiposa (Chandel, 2021). Pada kondisi malnutrisi, minyak sawit merah dapat meningkatkan berat badan tikus wistar. Dalam mendukung proliferasi sel, kandungan karotenoid dapat menjadi kofaktor dari tokoferol dalam menstimulasi proliferasi sel di limpa seperti sel plasma yang memicu pergeseran dari IgM (Immunoglobulin M) menjadi IgG (Immunoglobulin G). Hal ini menyebabkan peningkatan imunitas tubuh dalam membantu perbaikan sel dan meningkatkan penyerapan nutrisi, sehingga diduga mampu mendukung pertumbuhan sel tubuh (Evelyn *et al.*, 2025). Hal ini berpotensi diterapkan pada penyelesaian permasalahan malnutrisi dan stunting. Kemampuan peningkatan vitamin A di dalam tubuh melalui konsumsi minyak sawit merah didukung dari kandungan karotenoid yang merupakan prekursor pembentukan retinol dan turunannya. Karotenoid dapat dicerna dalam pencernaan hati menjadi all-trans- β -karoten yang dapat dicerna menjadi retinal. Retinal tersebut kemudian dapat didiferensiasi menjadi berbagai senyawa turunannya seperti asam retinoat, retinal, dan retinil ester. Pada kasus pasien fibrosis kista, akan mengalami kesulitan penyerapan lemak serta vitamin larut lemak. Pemberian minyak sawit merah yang memiliki potensi antioksidan membantu menyerap karotenoid ke plasma darah (Sommerburg *et al.*, 2015; Mesquita *et al.*, 2021).

Minyak sawit merah memiliki fungsi antiproliferatif dan antiinflamasi yang memiliki keterikatan dari mekanisme penghambatan. Minyak sawit merah dapat menurunkan viabilitas sel makrofage RAW264.7, namun penurunannya tidak melebihi dari sel normal. Pemberian minyak sawit merah tersebut menunjukkan tidak ada potensi toksisitas yang berbahaya terutama terhadap makrofage. Penurunan viabilitas tersebut menunjukkan kemampuan sitotoksitas. Hal tersebut juga secara tidak langsung menunjukkan adanya sifat antiinflamasi. Potensi antiinflamasi ini juga tergambar dari penurunan nitrit oksida yang merupakan mediator inflamasi sel sekaligus *PGE2* (Prostaglandin E2) yang merupakan metabolit utama dari *COX2-pathways* dari sel RAW264.7 yang terinduksi lipopolisakarida. Kandungan lemak yang tinggi asam oleat, karotenoid, dan tokoferol dalam minyak sawit merah yang diduga dapat menghambat fosforilasi *p38* (*Mitogen-activated protein kinase*), *JNK* (*c-Jun N-terminal kinase*), dan *ERK1/2* (*Extracellular signal-related kinases*) (Rakprasoot *et al.*, 2024).

Tabel 5. Manfaat Kesehatan Minyak Sawit Merah

Sumber	Fungsi Kesehatan	Metode Pengujian	Profil
Sinaga <i>et al.</i> (2018)	Antioksidan	Aktivitas antioksidan radikal DPPH (<i>In vitro</i>)	Pada konsentrasi 8 ppm dapat menghambat radikal bebas DPPH 67,29%
	Antidiabetes	Toleransi glukosa mencit (<i>In vivo</i>)	Pada pemberian 3 mL minyak sawit merah dapat menurunkan lonjakan gula darah menyerupai pemberian kontrol (Glibenklamid) selama 2 jam (Sekitar 100 mg/dl)
Teh <i>et al.</i> (2021)	Antioksidan	Aktivitas antioksidan radikal DPPH (<i>In vitro</i>)	Minyak sawit merah dapat menjerap radikal DPPH sebanyak $20,9 \pm 1,7\%$
		Penjerapan H_2O_2 (<i>In vitro</i>)	Minyak sawit merah dapat menjerap radikal H_2O_2 sebanyak $34,0 \pm 0,1\%$
		Penjerapan NO (<i>In vitro</i>)	Minyak sawit merah dapat menjerap radikal NO $22,5 \pm 1,0\%$
		Pengkelatan Ion Besi (II) (<i>In vitro</i>)	Minyak sawit merah dapat mengelatkan ion besi (II) sebanyak $26,2 \pm 0,7\%$
Tahir <i>et al.</i> (2021)	Antioksidan	Aktivitas antioksidan radikal DPPH (<i>In vitro</i>)	Aktivitas antioksidan minyak sawit merah pada 100-1000 ppm dapat menjerap radikal DPPH sebanyak $16,08 \pm 0,03$ - $62,01 \pm 1,37\%$
Sommerburg <i>et al.</i> (2015)	Peningkat Vitamin A Darah	Pengukuran kadar antioksidan dalam darah pada pasien fibrosis kista (<i>In vivo</i>)	Pemberian 2-3 sendok makan minyak sawit merah dapat meningkatkan kadar α -karoten, β -karoten, dan retinol
Binyameen (2023)	Peningkat Berat Badan	Pengukuran berat badan tikus wistar (<i>In vivo</i>)	Penambahan minyak sawit merah 15 mL/kg dalam pakan tikus tinggi lemak, dapat berat badan tikus normal namun lebih rendah dari tikus dengan pakan berlemak tanpa suplementasi
Evelyn <i>et al.</i> (2025)	Peningkat Berat Badan	Pengukuran berat badan tikus wistar (<i>In vivo</i>)	Penambahan minyak sawit merah 2 mL/kg dalam pakan tikus, dapat meningkatkan berat badan tikus malnutrisi
Rakprasoot <i>et al.</i> (2024)	Antiproliferatif	Pengukuran proliferasi makrofag (<i>In vitro</i>)	Viabilitas sel makrofag RAW264.7 dengan perlakuan menurun akibat penghambatan dan tidak menghasilkan perbedaan pada sel tidak diperlakukan, seiring penambahan konsentrasi pemberian minyak sawit merah
	Antiinflamasi	Pengukuran produksi NO (<i>In vitro</i>)	Penurunan produksi nitrit oksida pada sel makrofag RAW264.7 yang mengalami inflamasi seiring penambahan konsentrasi pemberian minyak sawit merah
		Pengukuran produksi PGE2 (<i>In vitro</i>)	Penurunan produksi PGE2 pada sel makrofag RAW264.7 yang mengalami inflamasi seiring penambahan konsentrasi pemberian minyak sawit merah

Pengolahan Pangan Fungsional

Minyak sawit merah memiliki potensi sebagai sumber pangan fungsional dikarenakan memiliki kandungan karotenoid yang tinggi, terutama β -karoten, dengan disertai kemampuan sebagai antioksidan. Penambahan minyak sawit merah pada berbagai produk pangan fungsional sumber antioksidan ditampilkan pada Tabel 6. Diperoleh bahwa penambahan seiring penambahan minyak sawit merah dapat meningkatkan kemampuan dalam menginhibisi radikal bebas DPPH (*1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl*). Kemampuan ini menunjukkan potensial yang tinggi dalam mendonorkan elektron dan ion hidrogen (Aryanti *et al.*, 2021). Di sisi lain, β -karoten merupakan senyawa yang rentan terhadap suhu tinggi sehingga pengolahan makanan berbasis minyak sawit merah sebaiknya dilakukan pada suhu yang sedang atau rendah untuk menjaga kestabilan kandungan β -karoten (Robiyansyah *et al.*, 2017). Beberapa senyawa fungsional seperti β -karoten, tokoferol, dan fenol memiliki sifat rentan ketika terpapar panas. Pemanasan yang berlebihan ($>120^{\circ}\text{C}$) dapat mengakibatkan kerusakan pada senyawa aktif, dengan dibuktikan oleh penurunan kadar karotenoid dalam produk tumisan yang berbasis minyak sawit merah (Putri *et al.*, 2024). Pengolahan tanpa pemanasan, seperti pencampuran pada suhu ruangan, mampu menjaga jumlah keseluruhan senyawa aktif. Senyawa seperti β -karoten dan tokoferol yang larut dalam lemak membutuhkan proses aktivasi atau pelarutan untuk dapat diserap dengan baik dalam tubuh (Attahmid *et al.*, 2020; Dwiyantri *et al.*, 2023). Minyak sawit merah dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan *snack* atau makanan olahan yang biasanya dikonsumsi oleh kelompok usia tertentu. Tujuannya adalah untuk meningkatkan asupan β -karoten yang berperan sebagai antioksidan dalam tubuh (Marjan *et al.*, 2016). Kombinasi senyawa antioksidan berbeda sifat kepolaran dapat membantu mempertahankan stabilitas antar jenis senyawa, seperti antara polifenol dengan karotenoid. Polifenol mampu berinteraksi melalui ikatan kuat dengan karotenoid, seperti ikatan hidrogen, elektrostatik, dan gaya van der Waals. Mekanisme ini dapat meningkatkan aktivitas dan stabilitas dari senyawa antioksidan (Hu *et al.*, 2023).

Tabel 6. Aktivitas Antioksidan Pangan Fungsional

Sumber	Produk	Perlakuan	Aktivitas Antioksidan DPPH (%)
Attahmid <i>et al.</i> (2020)	Coklat Oles	Penggunaan minyak sawit merah sebanyak 20%	24,1–26,4
Marjan <i>et al.</i> (2016)	Bagelan	Substitusi minyak goreng dengan minyak sawit merah 50 g	75,11
Martha <i>et al.</i> (2022)	Es Krim Sari Tempeh (<i>Mellorine</i>)	Penggunaan minyak sawit merah sebanyak 3-9%	7,091–7,121
Dwiyantri <i>et al.</i> (2023)	Kopi Instan Gula Kelapa	Penggunaan minyak sawit merah 0,3-0,5% dan kopi 6-10%	77,80-82,10

Prospek Masa Depan

Pemanfaatan minyak sawit merah sebagai pangan fungsional memiliki potensi besar untuk dapat dikembangkan. Di sisi lain, banyak keterbatasan dalam ulasan terkait karakterisasi senyawa metabolit sekunder sebagai antioksidan non polar, seperti flavonoid serta polifenol. Pengujian identifikasi senyawa antioksidan spesifik dapat membantu dalam penerapan aplikasi ke pangan fungsional dalam mengetahui mekanisme antioksidan secara spesifik disertai uji yang terkait. Penelitian mengenai kultivasi hingga genetika kelapa sawit terkait penghasilan kandungan nutrisi hingga metabolit sekunder pada mutu minyak sawit merah belum banyak dilakukan, namun informasi tersebut diperlukan juga dalam menjaga rendemen dan hasil antioksidan yang ditargetkan. Adapun beberapa permasalahan yang dapat dikaji mengenai keamanan dari konsumsi pangan fungsional berbasis minyak sawit merah, karena di samping sebagai antioksidan, minyak sawit merah terindikasi juga memiliki kemampuan untuk memicu inflamasi, stress oksidatif, dan *LDL* (Ajuwon *et al.*, 2022; Binyameen, 2023). Pengujian berbasis *in vivo* pada manusia juga dapat dilakukan dalam upaya mengeksplorasi dan membuktikan kemampuan antioksidan hingga manfaat kesehatan lainnya. Penelitian mengenai pengolahan pangan fungsional berbasis minyak sawit merah dapat dilakukan kajian secara *in vivo* dan *in vitro* sebagai sumber antioksidan disamping dari pengkajian mutu fisikokimia dalam memenuhi persyaratan standar suatu produk pangan.

KESIMPULAN

Minyak sawit merah merupakan komoditas yang memiliki tinggi fungsi dan manfaat sebagai pangan fungsional. Minyak sawit merah mengandung asam lemak yang cukup seimbang antara asam lemak jenuh (Asam palmitat) dan tidak jenuh (Asam oleat), dengan tinggi kandungan bioaktif seperti karotenoid (β -Karoten), tokol (Tokotrienol), sterol (Sitosterol), dan skualena. Kandungan senyawa diduga dipengaruhi dari selama faktor selama kultivasi hingga proses pengolahan yang dilakukan. Senyawa yang terkandung baik dari asam lemak hingga senyawa bioaktif dapat menawarkan berbagai fungsi kesehatan, seperti antioksidan, antiinflamasi, antidiabetes, dan lainnya. Dalam pengolahan menjadi pangan fungsional sumber antioksidan, kemampuan yang ditawarkan dari pangan fungsional masih memiliki aktivitas inhibisi yang cukup tinggi yang sangat dipengaruhi oleh proses pengolahan dan kombinasi bahan. Di sisi lain, keterbatasan penelitian dari sedikitnya perkembangan riset pangan fungsional, profil senyawa antioksidan fraksi hidrofilik, dan pengujian dampak kesehatan pangan fungsional dari minyak sawit merah membuka potensi penelitian selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dapat ditujukan pada semua rekan penulis yang berkontribusi dan kerja sama dalam penulisan naskah.

DAFTAR PUSTAKA

- Achaw, O.-W., & Danso-Boateng, E. (2021). *Chemical and Process Industries: With Examples of Industries in Ghana*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-79139-1>
- Ajuwon, O. R., Marnewick, J. L., Oguntibeju, O. O., & Davids, L. M. (2022). Red Palm Oil Ameliorates Oxidative Challenge and Inflammatory Responses Associated with Lipopolysaccharide-Induced Hepatic Injury by Modulating NF- κ B and Nrf2/GCL/HO-1 Signaling Pathways in Rats. *Antioxidants*, 11(8), 1629. <https://doi.org/10.3390/antiox11081629>
- Alkandari, S., Al-Hassawi, F., Aldughpassi, A., Sidhu, J. S., Al-Amiri, H. A., Al-Othman, A., Ahmed, N., & Ahmad, A. (2021). 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>
- Aryanti, R., Perdana, F., & Syamsudin, R. A. M. R. (2021). Telaah Metode Pengujian Aktivitas Antioksidan pada Daun Teh Hijau (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze). *Jurnal Surya Medika*, 7(1), 15–24.
- Attahmid, N. F. U., Saputra, D., & Yusuf, M. (2020). Aktivitas Antioxidant, Polifenol Dan Evaluasi Sensori Cokelat Oles Fortifikasi Red Palm Olein Dari Biji Kakao Pilihan Klon Sulawesi Barat. *Agrokompleks*, 20(2), 19–27. <http://dx.doi.org/10.51978/japp.v20i2.216>
- Azeman, N. H., Yusof, N. A., & Othman, A. I. (2015). Detection of Free Fatty Acid in Crude Palm Oil. *Asian Journal of Chemistry*, 27(5), 1569–1573. <http://dx.doi.org/10.14233/ajchem.2015.17810>
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik Kelapa Sawit Indonesia, Volume 17, 2024* (1st ed.). Badan Pusat Statistik.
- Bakrim, S., Benkhaira, N., Bourais, I., Benali, T., Lee, L.-H., El Omari, N., Sheikh, R. A., Goh, K. W., Ming, L. C., & Bouyahya, A. (2022). Health Benefits and Pharmacological Properties of Stigmasterol. *Antioxidants*, 11(10), 1912. <https://doi.org/10.3390/antiox11101912>
- Binyameen, R. B. (2023). Red Palm Oil (RPO) May Enhance Chronic Inflammation Through Disturbance in Lipid Metabolism. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 13(3), 1000013. <https://doi.org/10.1101/2022.09.28.509863>
- Budiyanto, Silsia, D., Efendi, Z., & Janika, R. (2010). Perubahan Kandungan β -Karoten, Asam Lemak Bebas dan Bilangan Peroksida Minyak Sawit Merah Selama Pemanasan. *AGRITECH*, 30(2), 75–79. <https://doi.org/10.22146/agritech.9676>
- Cahyana, Y., & Adiyanti, T. (2021). Flavonoids as Antidiabetic Agents. *Indonesian Journal of Chemistry*, 21(2), 512. <http://dx.doi.org/10.22146/ijc.58439>
- Chandel, N. S. (2021). Lipid Metabolism. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 13(9), a040576. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a040576>

- Delisle, H. (2018). The nutritional value of red palm oil. In Center for International Cooperation in Agricultural Research for Development (CIRAD), France & A. Rival (Eds.), *Achieving Sustainable Cultivation of Oil Palm, Volume 2: Diseases, Pests, Quality and Sustainability* (1st ed., Vol. 2, pp. 217–232). Burleigh Dodds Science Publishing. <https://doi.org/10.19103/AS.2017.0018.33>
- Dewi, E. K., Mardawati, E., & Nurhasanah, S. (2023). *Color Changes Evaluation on Crude Palm Oil Processing into Red Palm Oil and Palm Cooking Oil as a Visual Indicator of β -Carotene Content in Oils*. 1.
- Dewita, Syahrul, Desmelati, & Lukman, S. (2015). Inovasi Bubur Instan dan Cookies Berbasis Konsentrat Protein Ikan Patin yang Difortifikasi Minyak Sawit Merah dan Minyak Ikan Patin Terenkapsulasi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 18(3). <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.2015.18.3.315>
- Dewita, Syahrul, Hidayat, T., & Fauzi, M. (2020). Karakteristik Kimiawi Enkapsulasi Minyak Ikan Berbahan Baku Patin dan Hiu dengan Penambahan Minyak Sawit Merah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(2), 342–351. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i2.32365>
- Dwiyanti, H., Setyawati, R., Siswantoro, S., & Krisnansari, D. (2023). Antioxidant Properties of Coconut-Sugar Instant Coffee Beverages Produced using Red Palm Oil and Coffee Powder. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 11(2), 676–684. <http://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.11.2.18>
- Evelyn, A. F., Pramesti Putri, D. A., Sumarna, S. F., Pujiatmiko, D. A., Kanaya, A., & Sri Yuliani, N. N. (2025). Potensi Minyak Sawit Merah dalam Meningkatkan Berat Badan Tikus Wistar (*Rattus norvegicus*) Model Gizi Kurang. *Jurnal Surya Medika*, 11(2), 98–102. <https://doi.org/10.33084/jsm.v11i2.7672>
- Gao, Z., Zhu, Y., Jin, J., Jin, Q., & Wang, X. (2023). Chemical–Physical Properties of Red Palm Oils and Their Application in the Manufacture of Aerated Emulsions with Improved Whipping Capabilities. *Foods*, 12(21), 3933. <https://doi.org/10.3390/foods12213933>
- Haq, A. A. (2024). Analisis Dampak Larangan Ekspor Minyak Kelapa Sawit (CPO) Terhadap Ketersediaan Minyak Goreng di Indonesia Studi Kasus Nilai Produktivitas Tahun 2017–2021. *Journal of Economics Development Issues*, 7(1), 32–44. <https://doi.org/10.33005/jedi.v7i1.169>
- Hasibuan, H. A., & Ijah. (2018). Peningkatan Kesukaan Minyak Sawit Merah dengan Penambahan Minyak Nabati atau Flavor dan Stabilitasnya dalam Penggorengan Berulang. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 26(1), 1–9. <http://dx.doi.org/10.22302/iopri.jur.jpks.v26i1.57>
- Hasibuan, H. A., Magindrin, W., & Lubis, A. (2021). Produksi Minyak Sawit Merah Kapasitas 100 kg/batch dan Produk Diversifikasinya Berupa Shortening dan Margarin Kapasitas 50 kg/batch. *WARTA Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 26(1), 20–29. <https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v26i1.33>
- Hasibuan, H. A., Siahaan, D., Rivani, M., & Pajaitan, F. R. (2008). Kajian Kandungan Karoten pada Crude Palm Oil di Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit (PKS). *WARTA Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 16(1), 15–21.
- Hu, Y.-Q., Hu, T.-G., Xu, Y.-J., Wu, J.-J., Song, X.-L., & Yu, Y.-S. (2023). Interaction mechanism of carotenoids and polyphenols in mango peels. *Food Research International*, 173, 113303. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113303>
- Huan, Y., Li, G., Yueting, N., Hao, Y. J., Yaming, S., Keren, G., & Lijun, H. (2022). Optimization of chromatographic condition and content determination of four carotene isomers in red palm oil. *Journal of Henan University of Technology*, 43(5), 1–8. <https://dx.doi.org/10.16433/j.1673-2383.2022.05.001>
- Irawan, W., Bahrudin, & Amri, A. (2021). Penentuan Kadar Bleaching Earth dan Phosporic Acid pada Proses Degumming dan Bleaching Crude Palm Oil. *Journal of the Bioprocess, Chemical, and Environmental Engineering Science*, 2(2), 1–14. <https://doi.org/10.31258/jbchees.3.1.1-14>
- Jaroenkietkajorn, U., & Gheewala, S. H. (2020). Interlinkage between water-energy-food for oil palm cultivation in Thailand. *Sustainable Production and Consumption*, 22, 205–217. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.03.006>
- Liao, S., Omaye, S. O., Börmel, L., Kluge, S., Schubert, M., Wallert, M., & Lorkowski, S. (2022). Vitamin E and Metabolic Health: Relevance of Interactions with Other Micronutrients. *Antioxidants*, 11(9), 1785. <https://doi.org/10.3390/antiox11091785>

- Loganathan, R., Subramaniam, K. M., Radhakrishnan, A. K., Choo, Y.-M., & Teng, K.-T. (2017). Health-promoting effects of red palm oil: Evidence from animal and human studies. *Nutrition Reviews*, 75(2), 98–113. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuw054>
- Loganathan, R., Tarmizi, A. H. A., Vethakkan, S. R., & Teng, K.-T. (2020). Storage Stability Assessment of Red Palm Olein in Comparison to Palm Olein. *Journal of Oleo Science*, 69(10), 1163–1179. <https://doi.org/10.5650/jos.ess20036>
- Marjan, A. Q., Marliyati, S. A., & Ekayanti, I. (2016). Pengembangan Produk Pangan dengan Substitusi Red Palm Oil Sebagai Alternatif Pangan Fungsional Tinggi Beta Karoten. *J. Gizi Pangan*, 11(2), 91–98. <https://doi.org/10.25182/jgp.2016.11.2.%25p>
- Marliyati, S. A., Rimbawan, & Harianti, R. (2021). Karakteristik Fisikokimia dan Fungsional Minyak Sawit Merah. *JGMI: The Journal of Indonesian Community Nutrition*, 10(1), 83–94. <https://doi.org/10.30597/jgmi.v10i1.20494>
- Martha, E. A., Jariyah, J., & Rosida, R. (2022). Effect Of The Addition Of Guar Gum And Red Palm Oil On The Physical And Chemical Of Mellorine Sari Tempeh. *AGRITEPA: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*, 9(1), 53–68. <https://doi.org/10.37676/agritepa.v9i1.1900>
- Mesquita, L. M. de S., Mennitti, L. V., Rosso, V. V. de, & Pisani, L. P. (2021). The role of vitamin A and its pro-vitamin carotenoids in fetal and neonatal programming: Gaps in knowledge and metabolic pathways. *Nutrition Reviews*, 79(1), 76–87. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa075>
- Micera, M., Botto, A., Geddo, F., Antoniotti, S., Berteà, C. M., Levi, R., Gallo, M. P., & Querio, G. (2020). Squalene: More than a Step toward Sterols. *Antioxidants*, 9(8), 688. <http://dx.doi.org/10.3390/antiox9080688>
- Mohammed, H. H. I., Alaam, M. H., Yasin, N. M. N., & Hafez, S. A. (2018). Protective Effects of Red Palm Oil and Super Red Palm Olein on Hypercholesterolemic Rats. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 26(5), 1931–1942. <https://doi.org/10.21608/ajs.2018.31661>
- Murphy, D. J., Goggin, K., & Paterson, R. R. M. (2021). Oil palm in the 2020s and beyond: Challenges and solutions. *CABI Agriculture and Bioscience*, 2(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s43170-021-00058-3>
- Nainggolan, M., & Sinaga, A. G. S. (2021). Characteristics of fatty acid composition and minor constituents of red palm olein and palm kernel oil combination. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, 12(1), 22–26. https://doi.org/10.4103/japtr.JAPTR_91_20
- Nie, T., & Cooper, G. J. S. (2021). Mechanisms Underlying the Antidiabetic Activities of Polyphenolic Compounds: A Review. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 798329. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.798329>
- Nizam, A. F. A., & Mahmud, M. S. (2021). Food quality assurance of crude palm oil: A review on toxic ester feedstock. *OCL*, 28, 23. <https://doi.org/10.1051/ocl/2021011>
- Nuralang, Ananda, H. D., Nelson, Susanto, N. C. A., & Tarigan, I. L. (2024). Fermentation and Microencapsulation of Red Palm Oil as a Nutraceutical Source. *HAYATI Journal of Biosciences*, 32(1), 164–184. <https://doi.org/10.4308/hjb.32.1.164-184>
- PASPI. (2024). Minyak Makan Merah Bantu Wujudkan Asta Cita Prabowonomics. *Artikel Diseminasi & Policy Brief*, 29, 183–194.
- Pérez-Gálvez, A., Viera, I., & Roca, M. (2020). Carotenoids and Chlorophylls as Antioxidants. *Antioxidants*, 9(6), 505. <https://doi.org/10.3390/antiox9060505>
- Purnama, K. O., Setyaningsih, D., Hambali, E., & 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>
- Putri, L. A., Muhdi, Meiriani, & Diana, S. (2007). Desain Primer Spesifik untuk Gen yang Berperan pada Biosintesis Beta Karoten Kelapa Sawit. *Agrista*, 11(2), 73–80.
- Putri, P. A., Rahayu, W. P., Adawiyah, D. R., & Andarwulan, N. (2024). Aplikasi Minyak Sawit Merah sebagai Medium untuk Penumisan Sayur. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 35(2), 172–184. <https://doi.org/10.6066/jtip.2024.35.2.172>
- Rakprasoot, J., Temeeya, W., & Raviyan, P. (2024). Production of red palm oil and red palm fats by vacuum frying sterilization and multi-step fractionation. *ASEAN Journal of Scientific and Technological Reports*, 27(6), e254987. <https://doi.org/10.55164/ajstr.v27 i 6 .254987>
- Ribeiro, C. D. F., Schappo, F. B., Sales, I. da S., Assunção, L. S., Otero, D. M., Magalhães-Guedes, K. T., Machado, B. A. S., Block, J. M., Druzian, J. I., & Nunes, I. L. (2022). Novel bioactive

- nanoparticles from crude palm oil and its fractions as foodstuff ingredients. *Food Chemistry*, 373(Part B), 131252. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131252>
- Robiyansyah, Zuidar, A. S., & Hidayati, S. (2017). Pemanfaatan Minyak Sawit Merah Dalam Pembuatan Biskuit Kacang Kaya Beta Karoten. *Jurnal Teknologi Industri & Hasil Pertanian*, 22(1), 11–20. <http://dx.doi.org/10.23960/jtihp.v22i1.11-20>
- Sambanthamurthi, R., Han, N. M., & May, C. Y. (2018). Bioactive compounds in oil palm. In Center for International Cooperation in Agricultural Research for Development (CIRAD), France & A. Rival (Eds.), *Achieving Sustainable Cultivation of Oil Palm, Volume 2:Diseases, Pests, Quality and Sustainability* (1st ed., Vol. 2, pp. 217–232). Burleigh Dodds Science Publishing. <https://doi.org/10.19103/AS.2017.0018.33>
- Saputra, H., Rantawi, A. B., Siregar, A. L., Budhi, I., & Simatupang, D. F. (2024). Red Palm Oil from Crude Palm Oil Refinement Using The Acid Degumming Method. *International Journal of Applied Research and Sustainable Sciences*, 2(6), 455–464.
- Saputri, N. E., & Ngatirah. (2019). Mikroenkapsulasi Minyak Sawit Merah dengan Variasi Suhu Pengeringan dan Jenis Bahan Penyalut dengan Metode Foam-Mat Drying. *FoodTech: Jurnal Teknologi Pangan*, 2(2), 35–51. <https://doi.org/10.26418/jft.v2i2.40767>
- Setiowati, R. D., Yenni, Y., Panjaitan, F. R., Sujadi, S., Irfan Lubis, M., & Ernayunita, E. (2021). Preliminary Study of Vitamin E Content in IOPRI'S Oil Palm Varieties. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 29(3), 159–166. <https://doi.org/10.22302/iopri.jur.jpks.v29i3.153>
- Sinaga, A. G. S., Siahaan, D., & Sinaga, K. R. (2018). Potensi Minyak Sawit Merah Dan Karotenoid Sebagai Suplemen Antioksidan Dalam Pengujian Toleransi Glukosa Pada Tikus Putih (Preliminary Study). *Talenta Conference Series: Tropical Medicine (TM)*, 1(1), 251–256. <https://doi.org/10.32734/tm.v1i1.84>
- Siregar, H. A., Rahmadi, H. Y., & Wening, S. (2018). Komposisi Asam Lemak dan Karoten Kelapa Sawit *Elaeis Oleifera*, Interspesifik Hibrida, dan Pseudo-backcross Pertama di Sumatra Utara, Indonesia. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 26(2), 91–101. <http://dx.doi.org/10.22302/iopri.jur.jpks.v26i2.44>
- Sommerburg, O., De Spirt, S., Mattern, A., Joachim, C., Langhans, C.-D., Nesaretnam, K., Siems, W., Stahl, W., & 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(1), 817127. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/817127>
- Sumarna, D., Sumarlan, S. H., Wijaya, S., & Hidayat, N. (2022). *Processing of Olein Fraction Red Palm Oil with Minimal Refining Method and Optimization of Deodorization Process*: International Conference on Tropical Agrifood, Feed and Fuel (ICTAFF 2021), Samarinda, Indonesia. <https://doi.org/10.2991/absr.k.220102.026>
- Tahir, N. I., Rozali, N. L., Zakaria, N., Othman, A., & Ramli, U. S. (2021). Phytochemical Insights on Palm Oils and Extra Virgin Olive Oil. *Malaysian Journal of Analytical Science*, 25(4), 678–694.
- Tai, P.-T., Goh, Y.-N., & Ting, M.-S. (2022). Deciphering consumer purchase intention towards red palm oil as functional food: Evidence from Malaysia. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*, 10(2), 1–14. <https://doi.org/10.17170/kobra-202110144907>
- Teh, S. S., & Lau, H. L. N. (2021). Quality assessment of refined red palm-pressed mesocarp olein. *Food Chemistry*, 340, 127912. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127912>
- Teh, S. S., Mah, S. H., Lau, H. L. N., Teng, K. T., & Loganathan, R. (2021). Antioxidant Potential of Red Palm-Pressed Mesocarp Olein. *Journal of Oleo Science*, 70(12), 1719–1729. <https://doi.org/10.5650/jos.ess21147>
- Ulfah, M., Ruswanto, A., & Ngatirah. (2016). Karakteristik Minyak Campuran Red Palm Oil dengan Palm Kernel Olein. *AGRITech*, 36(2), 145–153. <https://doi.org/10.22146/agritech.12858>
- Wu, X., Wu, S., Ji, M., & Yoong, J. H. (2018). Influence of red palm oil on the physicochemical and sensory qualities of flavouring oil gravy for instant noodles. *RSC Advances*, 8(2), 1148–1158. <https://doi.org/10.1039/C7RA12387F>
- Zhao, G., Tan, Y., Cardenas, H., Vayngart, D., Wang, Y., Huang, H., Keathley, R., Wei, J.-J., Ferreira, C. R., Orsulic, S., Cheng, J.-X., & Matei, D. (2022). Ovarian cancer cell fate regulation by the dynamics between saturated and unsaturated fatty acids. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(41), e2203480119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2203480119>