

PENGEMBANGAN PRODUK KELAPA SAWIT MERAH SEBAGAI SUMBER PANGAN FUNGSIONAL DAN NUTRASETIKAL

Development of Red Palm Oil Products as Functional and Nutraceuticals Food

Indra Lasmana Tarigan^{1*}, Nelson², Nuralang³, Hertanti⁴

^{1,3,4} Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

² Progam Studi Analisis Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi.

Jl. Jambi Ma-Bulian. Km.15. Muaro Jambi.363631

Diterima : 11 Juli 2022 Direvisi: 19 Juli 2022 Disetujui : 05 Agustus 2022

DOI: <https://doi.org/10.37250/newkiki.v6i2.158>

Abstract

The utilization of palm oil products in Indonesia is still limited to the production of crude palm oil (CPO) and food products, while palm oil derivative products such as red palm oil (RPO) have not been a concern. RPO consists of palmitate, -tocopherol, oleic, -tocotrienols, linoleate, carotene, -tocotrienol, and -tocotrienol compounds, these compounds act like vitamins and antioxidants. The aim of this article is to examine the potential for developing red palm oil-based products as functional and nutraceutical food products. This article is a review related to palm oil and its derivatives starting from its potential, content of chemical compounds, potential as food and nutraceutical, as well as several processing technologies. We access these articles from various primary sources, especially from journal websites. RPO is a derivative product of CPO processing. RPO has a good nutritional value such as carotene, tocopherol, tocopherol, and tocotrienols. RPO development technology is carried out by adding probiotics and encapsulation technology as functional and nutraceutical food.

Keywords: RPO, Bioactive Compound, Food Fungsional, Nutrasetikal

Abstrak

Pemanfaatan hasil kelapa sawit di Indonesia masih terbatas pada produksi minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil/CPO*) dan produk pangan, sedangkan produk turunan kelapa sawit seperti minyak sawit merah (*Red palm oil/RPO*) belum menjadi perhatian. RPO terdiri dari senyawa palmitat, α -tokoferol, oleat, α -tokotrienol, linoleat, karoten, β -tokotrienol dan δ -tokotrienol senyawa-senyawa tersebut berperan sebagai vitamin dan antioksidan. **Tujuan review artikel ini** adalah mengkaji potensi pengembangan produk minyak kelapa sawit merah sebagai pangan fungsional dan nutrasetikal. Metode kajian ini merupakan *scientific review*, mengumpulkan data sekunder melalui review terkait minyak sawit dan turunannya mulai dari potensinya, kandungan senyawa kimianya, potensi sebagai pangan dan nutrasetikal, serta beberapa teknologi pengolahannya. Data diperoleh dari artikel yang diakses dari berbagai sumber primer, terutama dari website jurnal. Hasil kajian/penelitian ini adalah ditemukan bahwa RPO merupakan hasil turunan dari pengolahan CPO. RPO memiliki nilai nutrisi yang baik seperti senyawa β -karoten, tokoferol, tokoferol, tokotrienol, dan asam lemak. Pengembangan Produk Kelapa Sawit Merah melalui teknologi fortifikasi, penambahan probiotik, serta enkapsulasi dapat untuk menghasilkan produk Pangan Fungsional dan Nutrasetikal.

Kata kunci: RPO, Senyawa Bioaktif, Pangan Fungsional, Nutrasetikal.

PENDAHULUAN

Permintaan dunia akan minyak sawit (*Elaeis guineensis*) meningkat

dibandingkan dengan jenis minyak dan lemak lainnya (Goon *et al.*, 2019). Minyak sawit (*Elaeis guineensis*)

merupakan minyak nabati yang dapat dikonsumsi berasal dari buah sawit. Minyak sawit memiliki warna kemerahan alami karena mengandung senyawa beta-karoten. Minyak sawit adalah minyak nabati yang paling banyak diproduksi di dunia (Imoisi *et al.*, 2015). Provinsi Jambi merupakan salah satu produsen besar kelapa sawit di Indonesia dengan produksi pada tahun 2020 mencapai 2.550.848 ton/tahun, dengan luas lahan sekitar 1.083.746 hektar (jumlah gabungan perkebunan besar negara, swasta, dan rakyat) ((BPS), 2021). Produksi yang melimpah kurang diimbangi dengan upaya pemanfaatan potensinya sebagai sumber nutrisi dan masih terbatas pada produksi minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil*//CPO) dan produk pangan, sedangkan, produk turunan kelapa sawit seperti minyak sawit merah (*Red palm oil*//RPO) belum menjadi perhatian.

RPO memiliki beberapa senyawa bioaktif asam lemak jenuh (37.83%), Tak Jenuh Tunggal (MUFA) (36.48%), tak jenuh ganda (PUFA) (9.64%), α -tokoferol dan α -tokotrienol (468 ng/L), linoleate, total karotenoid (2511.13ppm), β -tokotrienol dan δ -tokotrienol (W. J. Lee *et al.*, 2018; Marliyati *et al.*, 2010, 2021; Riyadi *et al.*, 2016).

Senyawa-senyawa tersebut berperan sebagai vitamin dan antioksidan. Kelompok karotenoid yang

digunakan sebagai vitamin A dan kelompok tokoferol serta tokotrienol digunakan sebagai vitamin E (A. O. Ayeleso, 2012). Karotenoid mampu meningkatkan sistem kekebalan tubuh serta berfungsi sebagai kemoproteksi kanker (Amorim-Carrilho *et al.*, 2014). Senyawa kimia RPO memiliki potensi yang tinggi untuk dikembangkan sebagai produk pangan ataupun suplemen kesehatan. Pengembangan RPO merupakan upaya dalam rangka meningkatkan status gizi di Indonesia, serta diharapkan menumbuhkan kesadaran konsumen terhadap nilai gizi dari minyak RPO untuk kesehatan. RPO memiliki sifat kardioprotektif dan fungsi endotel. RPO mendapatkan minat dalam industri makanan dan nutrasetikal karena manfaat kesehatannya yang potensial untuk berbagai penyakit. Minyak sawit mentah (CPO) diekstraksi baik dengan proses basah atau kering, mengandung senyawa yang bermanfaat bagi kesehatan, seperti triasilgliserol (TAG), vitamin E, karotenoid, pitosterol, fosfolipid, asam lemak, dan oksidasi lipid produk. CPO dapat dimurnikan dengan sentrifugasi dan pengeringan. Kajian ini bertujuan untuk mengkaji potensi pengembangan produk minyak kelapa sawit merah dan turunannya, mulai dari potensinya, kandungan senyawa kimianya, potensi sebagai pangan dan

nutrasetikal, serta beberapa teknologi pengolahannya

LANDASAN TEORI

Minyak Sawit

Indonesia merupakan negara produsen minyak sawit terbesar di dunia. Indonesia telah mencapai 5,16 juta hektar perkebunan kelapa sawit dengan produksi minyak sawit mentah telah mencapai 14.038.148 ton pada tahun 2010 (PASPI, 2017). Kelapa sawit merupakan sumber pro-vitamin A yang lebih baik daripada bahan alami lainnya. Kontribusi produksi minyak sawit Indonesia terus meningkat, dari 14% (1996), menjadi 15 (1980) dan 54% (2016) (PASPI, 2017). Menurut data stastika, sepanjang periode 2020-2021, Indonesia memproduksi minyak dengan kontribusi 58% dari total produksi CPO dunia. Hal ini menegaskan bahwa Indonesia menyumbang CPO terbesar di dunia (CNBC Indonesia, 2022).

Produktivitas minyak kelapa sawit merupakan yang terbesar diantara minyak nabati lainnya, 4-5 ton per hektare, sementara minyak lainnya: minyak rapa 900 kg/Ha, minyak bunga matahari 700 kg/ha, dan minyak kedelai mencapai 500 kg/Ha.

Pada dasarnya produksi CPO di Indonesia mengalami penurunan sejak tahun 2019. Pada tahun 2021 produksi

CPO menurun sebesar 0,9% dari tahun sebelumnya menjadi 46,89 juta ton.

Tabel 1. Produksi CPO di Indonesia (2018-2021)

Tahun	Produksi CPO
2018	43,11 juta ton
2019	47,18 juta ton
2020	47,034 juta ton
2021	46,89 juta ton

Sumber: (GAPKI, 2022)

Menurut laporan produksi minyak sawit Indonesia diperoleh dari luas areal tanam sebesar 14,6 juta Ha, dimana sekitar 54,42% merupakan luas areal Perkebunan Besar dan sekitar 41,35% merupakan luas areal tanam Perkebunan Rakyat. Luas areal tanam pada tahun 2019 merupakan peningkatan dari luar areal tanam pada tahun 2018 yang tercatat sebesar 14,33 juta Ha, yang juga terus meningkat pada tahun 2020 dan juga tahun 2021. Luas Perkebunan Rakyat diperkirakan akan terus meningkat dan mendominasi luas areal perkebunan kelapa sawit hingga mencapai 60% (Kemenprin, 2021).

Red Palm Oil

RPO merupakan fraksi olein dari pemurnian CPO yang masih mengandung senyawa karatenoid dengan total mencapai 550 mg/Kg (Marliyati *et al.*, 2010). RPO dipanaskan secara eksetensif selama proses pemurnian (degumming, netralisasi, dan

penghilangan bau) pada suhu yang relatif rendah. RPO memiliki kandungan pro-vitamin yang baik untuk digunakan sebagai sumber nutrisi tambahan melalui fortifikasi produk pangan (Marliyati *et al.*, 2021). Minyak sawit merah memiliki nutrisi yang tinggi untuk berbagai macam pemanfaatan. RPO dapat digunakan sebagai suplemen untuk meningkatkan konsentrasi karoten dalam plasma darah dan asi (PASPI, 2017)). Penggunaan RPO untuk memasak pada suhu yang tidak terlalu tinggi meningkatkan kadar retinol dari 1.1.4 menjadi 1.17. Suplemen RPO dapat mengurangi resiko anemia pada wanita hamil (Fitri *et al.*, 2015). Karoten dan tokoferol berperan dalam meningkatkan stabilitas minyak (Riyadi *et al.*, 2016). Disamping karotenoid, tokoferol, dan tokotrienol memiliki antioksidan yang berperan dalam mencegah radikal bebas, kardiovaskular, neurologi, dan penyakit amta (Thenapakiam Sathasivam *et al.*, 2018).

Pangan Fungsional

Pangan fungsional dikenalkan oleh FOSHU (Food for specified health uses), peneliti Jepang pada tahun 1984. Pangan fungsional adalah makanan yang memiliki efek positif, berpotensi pada kesehatan di luar gizi dasar, serta dapat membantu proses proosi kesehatan secara optimal, dan mengurangi resiko penyakit (Hasibuan,

2021). Syarat suatu produk termasuk pangan fungsional adalah berbentuk produk pangan yang berasal dari ingredien alami, layak dikonsumsi sebagai menu sehari-hari, dan memiliki fungsi tertentu pada saat dicerna seperti meningkatkan daya tahan tubuh, dan mencegah penyakit tertentu ((Wijaya & Astawan, 20001). Pangan fungsional dibedakan menjadi dua golongan, yaitu berdasarkan sumber pangan (pangan fungsional nabati dan hewani) dan cara pengolahan (pangan fungsional alami, tradisional dan modern). Komponen pangan fungsional dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu: zat gizi (makro dan mikro) dan non gizi (mikroorganisme atau bahan kimia dari tumbuhan). Komponen bioaktif pangan fungsional adalah zat gizi meliputi asam amino, beberapa jenis protein, PUFA, vitamin, mineral dan lain-lain, sementara yang non gizi antara lain serat pangan, prebiotik, probiotik, fitoestrogen, fitosterol dan fitostanol, poliphenol dan isoflavon, gula alkohol, bakteri asam laktat, dan lain-lain (Hasibuan, 2021)

Nutrasetikal berasal dari kata nutrisi (menunjukkan makanan atau komponen makanan yang bergizi) dan farmasi. Nutrasetikal merupakan komoditas yang berasal dari makanan yang digunakan dalam bentuk obat pil, kapsul atau cairan (Shahidi, 2012). Produk pangan dikategorikan sebagai

nutrasetikal jika pangan atau bagian dari pangan (dari tumbuh-tumbuhan atau hewan) memiliki aktivitas farmasi dan bermanfaat di samping nilai gizinya untuk menyediakan manfaat medis atau kesehatan termasuk pencegahan dan pengobatan penyakit. Pangan yang mengandung senyawa aktif berpotensi sebagai sumber makro dan mikronutrien, dan juga dapat digunakan sebagai obat tergantung pada dosis yang digunakan (Andlauer & Fürst, 2002; Santini *et al.*, 2017). Perbedaan utama dari nutrasetikal dengan obat-obatan adalah bahwa nutrasetikal merupakan campuran multi-senyawa target pada konsentrasi rendah sementara obat-obatan adalah senyawa target murni dengan penggunaan dosis tinggi (Shahidi, 2012).

METODE PENULISAN

Dalam artikel ini, kami mengulas 50 artikel terkait minyak sawit dan turunannya mulai dari potensinya, kandungan senyawa kimianya, potensi sebagai pangan dan nutrasetikal, serta beberapa teknologi pengolahannya. Artikel-artikel tersebut kami akses dari berbagai sumber primer, terutama dari website jurnal, seperti sistem PMC (PubMed Central), National Library of Medicine (NIH), Elseviewer, MPDI, dan beberapa situs jurnal lainnya. Selain itu, jurnal-jurnal ini memiliki faktor dampak

tinggi seperti Nature (*Nature communication, Nature review, Nature medicine*), The Lancet, Cells, International Journal of Biological Sciences. Jurnal Mikrobiologi, Imunologi, dan Infeksi, Nat. Rev. Microbiol, dan jurnal internasional lainnya yang terindeks Scopus, DOAJ, Springer, dan Elsevier.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Senyawa Bioaktif RPO

Minyak Sawit Merah (*Red Palm Oil/RPO*) diperoleh dari pemurnian minyak sawit mentah, yang memiliki warna oranye-merah tua, dan diekstrak dari mesocarp buah pohon kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) (Marliyati *et al.*, 2021). Warna oranye-merah tua ini disebabkan oleh kandungan karotenoidnya (500-700 mg / L) (A. O. Ayeleso, 2012) terutama betakaroten yang tinggi (Loganathan dan Tiu, 2017).

Berdasarkan komposisi asam lemaknya, lebih dari 95% minyak sawit terdiri dari campuran trigliserida yang tersusun dari deretan asam lemak. Asam lemak utama dalam minyak sawit adalah miristat, palmitat, stearat, oleat dan linoleat dan sebagian besar asam lemak hadir sebagai trigliserida (Marliyati *et al.*, 2021). Komposisi asam lemak dalam RPO dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Asam Lemak *Red Palm Oil*

Asam Lemak	RP (%w/w)
Asam Laurat (C12:0) *	0.12
Asam Miristat (C14:0) *	0.61
Asam Pentadekanoat (C15:0) *	0.03
Asam Palmitat (C16:0) *	34.05
Asam Palmitoleat (C16:1) *	0.09
Asam Heptadekanoat (C17:0) *	0.06
Asam Stearat (C18:0) *	2.87
Asam Oleat (C18:1) *	36.39
Asam Linoleat (C18:2) *	9.13
Asam arakida (C20:0) *	0.22
Asam Linolenat (C18:3) *	0.26
Asam Cis-11,14-Eicosedienoic (C20: 2) *	0.03
Asam Behenat (C22:0) *	0.03
Asam Lignoserat (C24:0) *	0.06
Total karoten ($\mu\text{g/g}$)**	550
β -karoten ($\mu\text{g/g}$)**	375
Σ Jenuh	37.83
Σ Tak Jenuh Tunggal (MUFA)	36.48
Σ Tak Jenuh Ganda (PUFA)	9.64

Sumber: *(Marliyati *et al.*, 2021)

** (Kritchevsky, 2000)

Asam lemak jenuh dan tak jenuh minyak sawit terdapat dalam jumlah yang kurang lebih sama, yaitu asam palmitat (44%) yang merupakan asam lemak jenuh utama dalam minyak sawit, sisanya sebagian besar adalah asam stearat (5%) dan asam miristat (1%), dan ini diimbangi dengan hampir 39% asam oleat tak jenuh tunggal (MUFA), 11% asam linoleat tak jenuh ganda (PUFA) (Ali dan Abdurrahman, 2013).

Asam palmitat (C16:0) telah terbukti netral melawan kolesterol darah. Minyak sawit hanya mengandung kurang dari 1,5% asam laurat (12: 0) dan asam

miristat (14: 0) yang dianggap dapat meningkatkan kadar kolesterol. Minyak sawit kaya akan asam lemak tak jenuh tunggal oleat (18:1, ω -9- omega 9) dan asam linoleat (18:2, ω -6: omega-6) yang bersifat hipokolesterolemik. Asam oleat memiliki fungsi struktural pada membran sel, yaitu sebagai fungsi transduksi sinyal dan pengatur, yaitu menjaga kelembaban membran sehingga dapat menjaga fungsi reseptor LDL yang ada pada membran sel. Hal ini dapat mempercepat siklus pengambilan kolesterol yang berpotensi menurunkan kolesterol (Marliyati *et al.*, 2021).

Selain itu, RPO memiliki komponen minor berupa senyawa palmitat, α -tokoferol, oleat, α -tokotrienal, linoleate, karoten, β -tokotrienol dan δ -tokotrienol (T Sathasivam *et al.*, 2018). Senyawa-senyawa tersebut berperan sebagai vitamin dan antioksidan. Minyak sawit mengandung mikronutrien yang paling dominan dan unggul berupa karotenoid. Kelompok karotenoid yang digunakan sebagai vitamin A dan kelompok tokoferol serta tokotrienol digunakan sebagai vitamin E (A. O. Ayeleso, 2012). RPO memiliki kandungan vitamin A (dari β -karoten) 15-30 kali lebih tinggi dibandingkan wortel dan tomat (Ball, 1988). Selain itu, RPO diperkirakan juga memiliki 15 kali lebih banyak retinol (provitamin A) daripada wortel, 300 kali lebih banyak daripada tomat, dan 44 kali

lebih banyak daripada sayuran hijau. Kandungan karotenoid pada minyak sawit berkisar antara 600–1000 ppm yang terdiri dari alfa karoten $\pm 36,2$ persen, β -karoten $\pm 54,4$ persen, gamma karoten $\pm 3,3$ persen, likopen $\pm 3,8$ persen, dan santofil $\pm 2,2$ persen (Naibaho, 1990). Hasil penelitian yang cukup beragam menunjukkan bahwa kandungan beta karoten pada RPO adalah 23,7 mg/100 g dan 22 mg/100 g (A. O. Ayeleso, 2012).

Minyak sawit merah berpotensi digunakan sebagai ingredien pangan fungsional karena kandungan β -karoten dan komponen fungsional lainnya. β -karoten merupakan karotenoid dengan aktivitas provitamin A paling tinggi karena setiap molekul β -karoten dapat menghasilkan dua molekul retinal, yang kemudian direduksi menjadi retinol (vitamin A) (Fernandez *et al.*, 2012).

Manfaat RPO

Minyak Sawit Merah (*Red Palm Oil/RPO*) merupakan hasil pemurnian dari *Crude Palm Oil* (CPO) yang masih mempertahankan fitonutrien cukup tinggi yang bermanfaat untuk kesehatan seperti karoten, tokoferol, tokotrienol, fitosterol, squalene, ubiquinone sebagai antioksidan dan bioaktivitas lainnya (Hasibuan, 2021). Manfaat dari RPO dapat digunakan sebagai pangan fungsional, karena RPO berperan sebagai provitamin A dan vitamin E

(Sumarna, 2019). Pangan fungsional merupakan pangan olahan yang mengandung satu atau lebih komponen pangan yang berdasarkan kajian ilmiah memiliki fungsi fisiologi tertentu di luar fungsi dasarnya, terbukti tidak membahayakan dan bermanfaat bagi kesehatan (BPOM RI, 2011).

RPO telah menarik perhatian dan mulai digunakan untuk beberapa aplikasi pangan. Beberapa negara telah memanfaatkan RPO sebagai produk pangan seperti fortifikasi biskuit (Marliyati *et al.*, 2021), suji halwa, Indian sweet besan laddhu (snack), snack local (lumpia, pastel dan donat) (TKW *et al.*, 2012), kari dan kue (Marjan *et al.*, 2016) mi instan, gula merah (Dwiyanti *et al.*, 2013), roti kering (Harianti *et al.*, 2018). RPO juga dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif bahan tambahan untuk pembuatan produk pangan kudapan (Tony *et al.*, 2012).

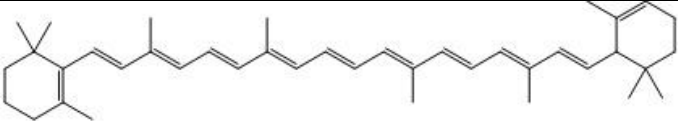
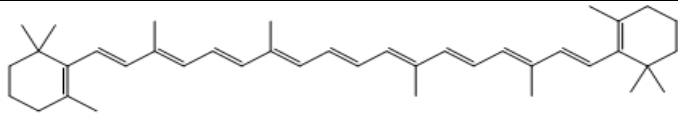
Menurut Tony *et al* (2012), RPO biasa digunakan sebagai bahan tambahan untuk membuat snack atau produk pangan olahan yang biasa dikonsumsi oleh kelompok umur tertentu, dan makanan alternatif meningkatkan asupan β -karoten, sebagai antioksidan dalam tubuh. Beberapa produk makanan yang sudah ditambahkan RPO adalah springroll, curry puff dan doughnut, dan ditujukan untuk anak Orang Asli di negara Malaysia.

RPO mengandung senyawa β -karoten yang berfungsi sebagai sumber antioksidan untuk mencegah berkembangnya aterosklerosis dan penyakit tidak menular lainnya (Wallert *et al.*, 2014). RPO juga mengandung berbagai vitamin antioksidan (A. O. Ayeleso, 2012), seperti sumber vitamin A (karoten) yang berpengaruh positif terhadap kesehatan. Kandungan vitamin A dalam RPO dapat mengoptimalkan fungsi kekebalan tubuh, mempengaruhi pertumbuhan dan diferensiasi limfosit B. Selain itu, antioksidan alami yang dimiliki RPO dapat menangkap radikal bebas dan berperan dalam melindungi sel dari proses kerusakan (Marliyati *et al.*, 2021).

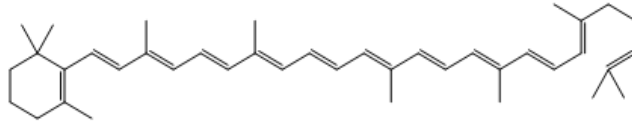
Pemanfaatan RPO sebagai pangan fungsional mulai berkembang dan banyak dibutuhkan oleh masyarakat yang memiliki produktivitas dan aktivitas yang cukup tinggi. RPO dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif bahan tambahan untuk membuat produk pangan olahan (TKW *et al.*, 2012). RPO cukup banyak digunakan dalam produk makanan antara lain margarin,

shortening, emulsi dalam bentuk minuman dan enkapsulasi, minyak makan untuk menumis sayur, bumbu, dan daging. RPO juga dapat digunakan sebagai minyak sachet untuk mie instan dan pembuatan salad oil atau minyak salad. Pemanfaatan tersebut memungkinkan karena RPO tidak akan mengalami proses pengolahan panas tinggi yang mengakibatkan pada kerusakan nutrisi (Ayustaningwarno, 2012). Mba *et al.*, (2015) telah melaporkan bahwa campuran minyak sawit merah dan fraksinya atau dengan minyak nabati lainnya dapat digunakan dalam berbagai produk makanan seperti margarin hingga campuran sup. Pada penelitian yang dilakukan oleh Hasibuan *et al.*, (2018) RPO dapat diaplikasikan untuk produk margarin dan shortening. Produk margarin dan shortening berbahan RPO dapat diaplikasikan pada produk roti manis, donat dan bolu gulung, dimana produk-produk tersebut memiliki kandungan fitonutrien yang tinggi. Struktur senyawa karoten dan turunannya dapat dilihat pada Tabel 3.

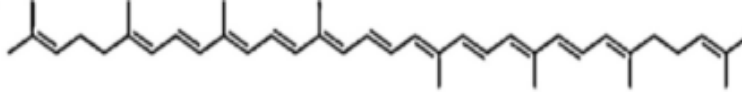
Tabel 3. Struktur Senyawa Karoten dan Turunannya

Senyawa Karoten	Struktur
alpha-karoten	
beta-karoten	

gamma-karoten



Likopen



Sumber: (Marliyati *et al.*, 2021).

Minyak Probiotik

Kelapa sawit memiliki dua fraksi minyak yaitu *crude palm oil* (CPO) dan *Crude Palm Kernel Oil* (CPKO). Turunan dari CPKO menghasilkan komponen stearin, olein, dan ester. Sedangkan CPO memiliki fraksi *Red palm oil* dan Refine Palm Oil (RPO) yang memiliki komponen nutrisi *triacylglycerides*, *carotenoids*, *squalene*, *vitamin E*, *Steroil*, *Triterpenic alcohols*, *Metylsterol*, *Delichols*, *Polyprenol*, *Ubiquinones*, *Phospholipids*, *Glycolipids*, asam palmitat, asam stearate, asam oleat, linoleat, linolik, tokoferol dan tokotrienol (Goon *et al.*, 2019). Karotenoid memberikan efek warna merah mencolok dari minyak, merupakan sumber utama tocotrienol, bentuk vitamin E sebagai senyawa antikanker yang kuat, antioksidan, pelindung jantung (Stonehouse *et al.*, 2016)

Pengembangan produk dan nutrisi RPO dapat dilakukan melalui proses fermentasi untuk membuat seluruh senyawa aktif RPO mudah dicerna dan diserap tubuh. Proses

fermentasi umumnya menggunakan bantuan mikroorganisme seperti bakteri dan ragi dengan memecah senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana yang mudah dicerna oleh tubuh manusia sebagai nutrisi seperti Bakteri Asam Laktat (BAL). Spesies *Lactobacillus* adalah mikroorganisme yang paling banyak digunakan karena sifat probiotik (Ayivi *et al.*, 2020). Probiotik adalah mikroorganisme non-patogen jika dikonsumsi dalam jumlah memadai memiliki efek positif pada kesehatan *host* terutama usus (Nuraida, 2015). Perkembangan bioteknologi pangan banyak produk probiotik yang dikembangkan untuk meningkatkan kesehatan manusia dapat mampu merubah substrat kompleks menjadi *short-chain fatty acids* (SCFAs), merubah minyak, lemak, dan gliserol menjadi asam lemak yang berperan sebagai ekstra nutrisi (Pisoschi *et al.*, 2018).

Fementasi RPO menginduksi proses pemisahan minyak dan air dari minyak sawit dengan merusak

mikrostruktur pada emulsi minyak-air yang disebabkan oleh pemanfaatan protein dan sekresi protease ekstraseluler. Fermentasi VCO meningkatkan diameter zona hambat pada bakteri *E.coli* dan *S.aureus* lebih dari 50% (Rahmadi *et al.*, 2013), juga meningkatkan aktivitas antioksidan dari VCO murni dibandingkan dengan VCO hasil fermentasi. Pada VCO murni mempunyai aktivitas antioksidan sebesar 6,35% (Sukandar *et al.*, 2009), sedangkan VCO-Bakteri Asam Laktat mempunyai aktivitas antioksidan sebesar 65,50% (Yusuf *et al.*, 2018). Hal tersebut dapat disebabkan probiotik meningkatkan penguraian senyawa antioksidan di dalam VCO sehingga nilai uji antioksidan lebih besar dibandingkan VCO murni. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa fermentasi essential oil dapat menggunakan bakteri probiotik dan akan menghasilkan menghasilkan *Short Chain Fatty Acids* (SCFAs) (Keshari *et al.*, 2019; Traisaeng *et al.*, 2019). *Short Chain Fatty Acids* merupakan asam lemak rantai pendek yang potensial sebagai kandidat obat, antibakteri, antioksidan dan bioaktivitas lainnya. Proses fermentasi RPO sangat minim dilakukan, Oleh karena itu, pengujian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai peningkatan gizi RPO melalui peningkatan kualitas minyak pada

bilangan penyabunan, peroksida dan asam lemak bebas rendah, antioksidan, serta aktivitas antibakteri yang lebih tinggi.

Teknologi Pengembangan RPO

Komponen aktif dari RPO mempunyai kestabilan rendah dan peka terhadap oksidasi yang menyebabkan penurunan kualitas gizi RPO (P. N. Ezhilarasi *et al.*, 2013) dan mudah basi (Lee *et al.*, 2018). Beberapa teknologi pengembangan dan produksi RPO telah diterapkan pada produk makanan. Teknologi enkapsulasi dapat memberikan perlindungan terhadap kandungan bioaktif minyak esensial terhadap interaksi kimia yang tidak diinginkan dengan komponen lain dan memberikan peningkatan stabilitas selama pemrosesan (Prakash *et al.*, 2018). Aplikasi mikroenkapsulasi efektif dalam menstabilkan minyak esensial (Bakry *et al.*, 2019; Karaaslan *et al.*, 2021).

Mikroenkapsulasi merupakan teknik untuk menghasilkan pelapis eksternal berupa partikel mikro dari suatu bahan terhadap bahan lain untuk memberikan perlindungan terhadap bahan bioaktif, bahan mudah menguap dan senyawa yang mudah terdegradasi karena reaksi biokimia dan panas serta memungkinkan pelepasan senyawa bioaktif secara terkontrol dengan kondisi

tertentu (Saifullah, 2019). Mikroenkapsulasi dapat mengurangi reaktivitas bahan aktif dari berbagai faktor lingkungan yang dapat menyebabkan kerusakan, seperti oksigen, panas, dan cahaya. Dalam bentuk mikroenkapsulat, penanganan dan pencampuran bahan aktif ke dalam bahan pangan lain menjadi lebih mudah (Yuliasari *et al.*, 2016). Selain itu, teknik ini dapat digunakan untuk meningkatkan nutrisi suatu bahan serta memperpanjang umur simpan tanpa mengurangi sifat fisik, kimia, atau fungsionalnya (Ye *et al.*, 2018).

Proses enkapsulasi berguna untuk meningkatkan bioaktivitas molekul bioaktif (misalnya antioksidan, mineral, vitamin, fitosterol, lutein, asam lemak, likopen) dan sel hidup (misalnya probiotik) ke dalam makanan. Hasil enkapsulasi akan mempengaruhi sifat fisika dan sifat kimia serta bioaktivitas senyawa aktif. Sifat fisika termasuk kelarutan dalam air yang lebih stabil, *Moisture content* yang lebih rendah (Lazim dan Muhamad, 2017), sifat morfologi permukaan kapsul yang lebih halus. Secara kimia, senyawa bioaktif yang dienkapsulasi akan memiliki nilai nutrasetikal yang lebih tinggi, karena enkapsulasi meningkatkan kesetabilannya, dan meningkatkan bioaktivitas dan proses delivery senyawa aktif sebagai pangan

fungsional dan nutrasetikal (Ezhilarasi *et al.*, 2013; Hasrini *et al.*, 2017).

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelum memilih salah satu teknologi mikroenkapsulasi yaitu: (a) Jenis strain probiotik; (b) Aplikasi untuk mikrokapsul; (c) Ukuran partikel yang dibutuhkan; (d) Sifat fisik dan kimia probiotik dan dinding; (e) Mekanisme pelepasan yang diperlukan; (f) Skala produksi dan biaya (Setiarto *et al.*, 2018). Beberapa teknik dalam proses mikroenkapsulasi diantaranya berupa ekstruksi, emulsi, *spray drying* dan *freeze drying*.

Ekstruksi

Ekstruksi merupakan metode yang paling populer karena sederhana, mudah dilakukan, biaya rendah dan kondisi formulasi lembut yang menjamin viabilitas sel menjadi lebih tinggi. Metode ekstruksi ini tidak menggunakan pelarut berbahaya dan dapat dilakukan di kondisi aerobik dan anaerobic (Serna-cock dan Vallejo-castillo, 2013). Metode ini melibatkan persiapan larutan hidrokoloid, penambahan mikroorganisme, dan ekstruksi suspensi sel melalui jarum *syringe* (jarum suntik). Tetesan tersebut diteteskan ke larutan pengeras (Heidebach *et al.*, 2012).

Tabel 4. Kelebihan dan Kekurangan Teknik Ekstruksi

Kelebihan	Kekurangan
Metode sederhana dan murah	Sulit digunakan untuk produksi

menggunakan operasi yang lembut	skala besar karena lambatnya pembentukan microbeads
Tidak merusak sel probiotik	Muatan yang sangat buruk biasanya 8%
Memberikan viabilitas probiotik yang tinggi	Kerentanan karbohidrat terhadap kerusakan dan cacat struktural, distribusi ukuran lebih besar
Tidak melibatkan pelarut yang merusak dan dapat dilakukan dalam kondisi aerob dan anaerob	Pilihan bahan dinding terbatas

Sumber:(Solanki *et al.*, 2013).

Metode ekstruksi dapat menghasilkan mikroenkapsulasi dalam bentuk *beads* pada suhu kamar dan menggunakan bahan tidak beracun (Sathasivam *et al.*, 2018). Perbandingan kelebihan dan kekurangan Teknik enkapsulasi ekstruksi dapat dilihat pada Tabel 4.

Emulsi

Dalam metode emulsi ini, fase terputus-putus atau suspensi hidrokoloid yang mengandung mikroorganisme ditambahkan ke sejumlah besar minyak yang disebut dengan fase kontinu. Campuran tersebut dihomogenisasi untuk membentuk emulsi air dalam minyak dengan emulsifier. Setelah emulsi air dalam minyak terbentuk, polimer yang larut dalam air dapat dipulihkan (*cross-*

linked) untuk membentuk partikel dalam fase minyak. Kerugian utama dari metode emulsi ini adalah menghasilkan berbagai ukuran dan bentuk partikel (Heidebach *et al.*, 2012). Emulsifikasi lebih mahal karena membutuhkan bahan baku tambahan seperti minyak sayur dan pengemulsi untuk menstabilkan emulsi. Emulsifikasi juga menghadirkan kesulitan dalam implementasi termasuk ketidakstabilan emulsi, kebutuhan untuk pengadukan kuat yang dapat merugikan kelangsungan hidup sel (Gbassi dan Vandamme, 2012).

Metode emulsi ini cenderung baru dalam industri makanan dan mudah untuk skala besar. Emulsifikasi menghasilkan tetesan berminyak atau berair yang biasa disebut kapsul, sedangkan ekstrusi memberikan tetesan yang disebut manik-manik (*beads*). Inti dari kapsul adalah cair sementara inti manik menyajikan jaringan berpori (Gbassi dan Vandamme, 2012). Teknik ini menenkapsulasi dan menjerat bahan inti. Ukuran partikel lebih kecil (25µm-2 mm) dari ukuran partikel yang dibentuk dengan metode ekstruksi (2-5 mm). Ukuran partikel yang dibentuk oleh metode ekstruksi tergantung pada ukuran jarum, sedangkan ukuran partikel yang dibentuk oleh metode emulsi tergantung pada kecepatan

agitasi dan emulsifier (Serna-cock dan Vallejo-castillo, 2013).

Spray Drying

Pengeringan semprot (*spray drying*) merupakan metode mikroenkapsulasi yang paling umum digunakan dalam industri makanan karena bersifat ekonomis dan fleksibel. Konsumsi energi pengeringan semprot adalah 6-10 kali lebih rendah dibandingkan dengan pengeringan beku dan menghasilkan produk yang berkualitas. Prosesnya melibatkan dispersi bahan inti, membentuk emulsi atau dispersi, diikuti homogenisasi cairan, dan kemudian atomisasi campuran ke dalam ruang pengeringan. Hal ini menyebabkan penguapan pelarut. Penting untuk digarisbawahi bahwa dalam teknik ini, umpan produk, aliran gas, dan suhu harus dikendalikan. Pengeringan semprot melibatkan atomisasi emulsi atau suspensi probiotik dan bahan pembawa ke dalam gas pengeringan, sehingga penguapan air yang cepat. Kapsul diperoleh sebagai bubuk kering (Rokka dan Rantamäki, 2010).

Spray drying merupakan metode tertua dan merupakan teknik enkapsulasi yang paling banyak digunakan (Khasanah *et al.*, 2015). Kelemahan dari metode *spray drying* hanya dapat digunakan pada produk cair dengan tingkat kekentalan tertentu,

tidak dapat diaplikasikan pada produk yang memiliki sifat lengket karena mengakibatkan penggumpalan dan penempelan di permukaan alat, serta penggunaan suhu pengeringan yang relatif tinggi 120°C - 200°C. Penggunaan suhu tersebut dalam mikroenkapsulasi RPO menyebabkan minyak rentan terhadap kerusakan (oksidasi) akibat suhu tinggi dan dapat mempengaruhi zat esensial di dalam minyak yang bersifat termolabil (Saputri dan Ngatirah, 2019). Perbandingan kelebihan dan kekurangan teknik enkapsulasi *Spray Drying* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kelebihan dan Kekurangan Teknik *Spray Drying*

Kelebihan	Kekurangan
(i) Dapat dioperasikan secara terus menerus, kemudahan penskalaan, biaya operasional yang rendah, dan kemampuan beradaptasi dengan peralatan industri yang paling umum.	(i) Suhu tinggi yang digunakan dalam proses mungkin tidak sesuai untuk mengenkapsulasi kultur bakteri probiotik. Pada titik ini, suhu keluaran lebih besar dari 85-90°C sehingga dapat mematikan untuk bakteri probiotik

Sumber: (Solanki *et al.*, 2013)

Freeze Drying

Dalam teknik pengeringan beku ini, pelarut dibekukan dan dihilangkan melalui proses sublimasi, terjadi dalam tiga fase; pembekuan, primer, dan pengeringan sekunder. Biasanya, sel

pertama dibekukan dan kemudian dikeringkan dengan sublimasi di bawah vakum tinggi (Setiarto *et al.*, 2018). Pembekuan menyebabkan kerusakan pada membran sel karena pembentukan kristal dan menyebabkan kondisi stres dengan osmolaritas tinggi. Ini secara tradisional digunakan untuk menstabilkan bakteri probiotik, tetapi kombinasi pengeringan beku dan enkapsulasi adalah konsep yang relatif baru (Solanki *et al.*, 2013).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dalam kajian ini adalah, diketahui bahwa RPO merupakan produk turunan dari pengolahan CPO. RPO memiliki nilai nutrisi yang baik seperti β -karoten, sebagai sumber antioksidan, mengurangi resiko kanker, tokoferol, tikoferol, dan tokotrienol sebagai imunitas dan mengurangi resiko penyakit jantung dan diabetes. Aktivitas antioksidan sebagai penangkal radikal bebas β -karoten lebih tinggi dibandingkan tokoferol dan turunannya. Teknologi pengembangan RPO dapat dilakukan dengan penambahan probiotik untuk meningkatkan nutrisi RPO dan teknologi enkapsulasi untuk meningkatkan stabilitas produk sebagai pangan fungsional dan nutrasetikal.

Saran untuk kedepannya adalah, Provinsi Jambi sebagai salah satu daerah yang memiliki lahan sawit yang luas perlu mengkaji dan mengembangkan potensi industri pengolahan produk turunan CPO, sebagai salah satu hal yang menjanjikan guna meningkatkan nilai ekonomis CPO.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih LPPM Universitas Jambi atas Pendanaan Penelitian dengan Skema Penelitian Lektor Kepala, Tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- (BPS), B. P. S. (2021). Statistik Kelapa Sawit Indonesia. In *Badan Pusat Statistik Indonesia* (Vol. 68, Issue 1).
- A. O. Ayeleso. (2012). Effects of dietary intake of red palm oil on fatty acid composition and lipid profiles in male Wistar rats. *African Journal of Biotechnology*, 11(33), 8275–8279. <https://doi.org/10.5897/ajb11.4080>
- Ali, A. S. M., & Abdurrrhman, A. M. (2013). Determination of free fatty acids in palm oil samples by non-aqueous flow injection using colorimetric reagent. *Chem. Mater. Eng*, 1(3), 96–103.
- Amorim-Carrilho, K. T., Cepeda, A., Fente, C., & Regal, P. (2014). Review of methods for analysis of carotenoids. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 56, 49–73. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2013.12.011>
- Andlauer, W., & Fürst, P. (2002). Nutraceuticals: A piece of history, present status and outlook. *Food Research International*, 35(2–3), 171–176.
- Ayivi, R. D., Gyawali, R., Krastanov, A.,

- Aljaloud, S. O., Worku, M., Tahergorabi, R., Silva, R. C. da, & Ibrahim, S. A. (2020). Lactic Acid Bacteria: Food Safety and Human Health Applications. *Dairy*, 1(3), 202–232.
- Ayustaningwarno, F. (2012). PROSES PENGOLAHAN DAN APLIKASI. *Jurnal Vitasphere*, 11, 1–11.
- Bakry, A. M. et al. (2019). My ofibrillar protein with κ - or λ -carrageenans as novel shell materials for microencapsulation of tuna oil through complex coacervation. *Food Hydrocolloids*, 96, 43–53.
- Ball, G. (1988). *Fat Soluble Vitamin Assays in Food Analysis*. Elsevier Science.
- CNBC Indonesia. (2022). *CPO Melonjak, Besarnya Peran Indonesia Gerakkan Pasar Dunia!* [https://www.cnbcindonesia.com/market/20220201091421-17-312003/cpo-melonjak-besarnya-peran-indonesia-gerakkan-pasar-dunia#:~:text=Peran Penting Indonesia di Pasar,dengan kontribusi produksi sebesar 26%25](https://www.cnbcindonesia.com/market/20220201091421-17-312003/cpo-melonjak-besarnya-peran-indonesia-gerakkan-pasar-dunia#:~:text=Peran%20Penting%20Indonesia%20di%20Pasar,dengan%20kontribusi%20produksi%20sebesar%2026%25).
- Dwiyanti, H., Soedirman, U. J., Riyadi, H., & Sulaeman, A. (2013). Efek Pemberian Gula Kelapa Yang Diperkaya Minyak Sawit Merah Terhadap Peningkatan Berat Badan. *Gizi Dan Makanan*, 36(1), 73–81.
- Ezhilarasi, P. N. et al. (2013). Nanoencapsulation Techniques for Food Bioactive Components: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(3), 628–647.
- Ezhilarasi, P. N., Karthik, P., Chhanwal, N., & Anandharamakrishnan, C. (2013). Nanoencapsulation Techniques for Food Bioactive Components: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(3), 628–647. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0944-0>
- Fernandez-Garcia, E. I. C.-L. M. J. G. J. G.-F. A. P.-G., & D.Hornero-Mendez. (2012). Carotenoids bioavailability from foods: from plant pigments to efficient biological activities. *J. Food Res*, 46, 438–450.
- Fitri, Y. P., Briawan, D., Tanziha, I., & Amalia, L. (2015). Kepatuhan Konsumsi Suplemen Besi Dan Pengaruhnya Terhadap Kejadian Anemia Pada Ibu Hamil Di Kota Tangerang. *Jurnal Gizi Dan Pangan*, 10(3), 171–178.
- GAPKI. (2022, January 28). Palm Oil Industry Performance 2021 and Prospects in 2022 [Press Release]. Diakses dari <https://gapki.id/news/20519/kinerja-industri-sawit-2021-prospek-2022>
- Gbassi, G. K., & Vandamme, T. (2012). Probiotic Encapsulation Technology: From Microencapsulation to Release into the Gut. *Pharmaceutics*, 4, 149–163. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics4010149>
- Goon, D. E., Abdul Kadir, S. H. S., Latip, N. A., Rahim, S. A., & Mazlan, M. (2019). Palm oil in lipid-based formulations and drug delivery systems. *Biomolecules*, 9(2), 1–19. <https://doi.org/10.3390/biom9020064>
- Harianti, R., Marliyati, S. A., Rimbawan, R., & Sukandar, D. (2018). Development of High Antioxidant Red Palm Oil Cake as a Potential Functional Food. *J. Gizi Dan Pangan*, 13(2), 63–70.
- Hasibuan, H. A, Akram, A., Putri, P., Mentari, E. C., & Rangkuti, B. T. (2018). Pembuatan Margarin dan Baking Shortening Berbasis Minyak Sawit Merah dan Aplikasinya dalam Produk Bakery Preparation of Red Palm Oil Based Margarin and Baking Shortening and Its Application in Bakery Products. *Jurnal Agritech*, 38(4), 353–363.
- Hasibuan, Hasrul Abdi. (2021). Potensi minyak sawit merah sebagai

- pangan fungsional dan nutrasetikal. *Jurnal Warta PPKS*, 26(3), 178–184.
- Hasrini, R. F. et al. (2017). Mikroenkapsulasi Minyak Sawit Mentah Dengan Penyalut Maltodekstrin Dan Isolat Protein Kedelai. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 28(1), 10–19.
- Heidebach, T., Först, P., & Kulozik, U. (2012). Microencapsulation of Probiotic Cells for Food Applications Critical Reviews in Food Science and Nutrition Microencapsulation of Probiotic Cells for Food Applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1(April), 291–311. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.499801>
- Imoisi, O., Ilori, G., Agho, I., & Ekhaton, J. (2015). Palm Oil, Its nutritional and health implications (Review). *Journal Applied Science Environmental Management*, 19(1) 127-127.
- Karaaslan, M. et al. (2021). Gum arabic/maltodextrin microencapsulation confers peroxidation stability and antimicrobial ability to pepper seed oil. *Food Chemistry*, 337.
- Kemenrin, 2020. Tantangan dan Prospek Hilirisasi Sawit Nasional. Edisi VI. Pusat Data dan Informasi Kemenrin. Jakarta.
- Keshari, S., Balasubramaniam, A., Myagmardoolonjin, B., Herr, D. R., Negari, I. P., & Huang, C. M. (2019). Butyric acid from probiotic staphylococcus epidermidis in the skin microbiome down-regulates the ultraviolet-induced pro-inflammatory IL-6 cytokine via short-chain fatty acid receptor. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(18). <https://doi.org/10.3390/ijms20184477>
- Kritchevsky, D. (2000). Impact of red palm oil on human nutrition and health. *Food and Nutrition Bulletin*, 21(2), 182–188. <https://doi.org/10.1177/156482650002100212>
- Lazim, N. A. M., & Muhamad, I. I. (2017). Encapsulation of Vitamin E using maltodextrin/Sodium Caseinate/Selenomethionine and its release study. *Chemical Engineering Transactions*, 56, 1951–1956.
- Lee, W. J. et al. (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.
- Lee, W. J., Tan, C. P., Sulaiman, R., Smith, R. L., & 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>
- Loganathan, R., & Tiu, T. K. (2017). Red Palm Oil: A Natural Source of Vitamin A. *Food Nutr. Bull*, 21, 202–211.
- 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.
- Marliyati, S. A., Hardinsyah, H., & Rucita, N. (2010). Pemanfaatan RPO (Red Palm Oil) Sebagai Sumber Provitamin A Alami Pada Produk Mi Instan Untuk Anak Balita. *Jurnal Gizi Dan Pangan*, 5(1), 31. <https://doi.org/10.25182/jgp.2010.5.1.31-38>
- Marliyati, S. A., Rimbawan, & Harianti, R. (2021). Karakteristik Fisikokimia Dan Fungsional Minyak Sawit Merah. *The Journal of Indonesian Community Nutrition*, 10(1), 83–94.

- Mba, O., Dumont, M.-J., & Ngadi, M. (2015). Palm Oil: Processing, Characterization and Utilization in the Food Industry – Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry – A review. *Journal Food Bioscience*, April 2018, 26–41. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2015.01.003>
- Naibaho, P. . (1990). *Penggunaan Minyak Sawit Sebagai Sumber Provitamin A Dan Dampaknya Terhadap Perkembangan Industri Minyak Sawit*. Pusat Penelitian Perkebunan.
- Nuraida, L. (2015). A review: Health promoting lactic acid bacteria in traditional Indonesian fermented foods. *Food Science and Human Wellness*, 4(2), 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.06.001>
- PASPI. (2017). *Mitos dan Fakta Industri Kelapa Sawit Indonesia* (3rd ed.). Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia.
- Pisoschi, A. M., Pop, A., Cimpeanu, C., Turcuş, V., Predoi, G., & Iordache, F. (2018). Nanoencapsulation techniques for compounds and products with antioxidant and antimicrobial activity - A critical view. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 157, 1326–1345. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2018.08.076>
- Prakash, B. et al. (2018). Nanoencapsulation: An efficient technology to boost the antimicrobial potential of plant essential oils in food system. *Food Control*, 89, 1–11.
- Rahmadi, A., Abdiah, I., Dewi Sukarno, M., & Purnaningsih, T. (2013). Karakteristik Fisikokimia Dan Antibakteri Virgin Coconut Oil Hasil Fermentasi Bakteri Asam Laktat. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 24(2), 178–183. <https://doi.org/10.6066/jtip.2013.24.2.178>
- Riyadi, A. H., Muchtadi, T. R., Andarwulan, N., & Haryati, T. (2016). Pilot Plant Study of Red Palm Oil Deodorization Using Moderate Temperature. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 9, 209–216. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.129>
- Rokka, S., & Rantamäki, P. (2010). Protecting probiotic bacteria by microencapsulation : challenges for industrial applications. *Eur Food Res Technol*, 23, 1–12. <https://doi.org/10.1007/s00217-010-1246-2>
- Saifullah, M. et al. (2019). Micro and nano encapsulation, retention and controlled release of flavor and aroma compounds: A critical review. *Trends in Food Science and Technology*, 86, 230–251.
- Santini, A., Tenore, G. C., & Novellino, E. (2017). Nutraceuticals: A paradigm of proactive medicine. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 96, 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2016.09.003>
- Sathasivam, T, Muniyandy, S., Chuah, L., & Janarthanan, P. (2018). Encapsulation of red palm oil in carboxymethyl sago cellulose beads by emulsification and vibration technology: physicochemical characterization and in vitro digestion. *Journal of Food Engineering*, 231, 10–21.
- Sathasivam, Thenapakiam, Muniyandy, S., Chuah, L. H., & Janarthanan, P. (2018). Encapsulation of red palm oil in carboxymethyl sago cellulose beads by emulsification and vibration technology: Physicochemical characterization and in vitro digestion. *Journal of Food Engineering*, 231, 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.03.008>
- Serna-cock, L., & Vallejo-castillo, V.

- (2013). Probiotic encapsulation. *African Journal of Microbiology Research*, 7(40), 4743–4753. <https://doi.org/10.5897/AJMR2013.5718>
- Setiarto, R. H. B., Kusumaningrum, H. D., Jenie, B. S. L., & Khusniati, T. (2018). Pengembangan Teknologi Mikroenkapsulasi Bakteri Probiotik dan Manfaatnya untuk Kesehatan. *Jurnal Veteriner*, 19(36), 574–589. <https://doi.org/10.19087/jveteriner.2018.19.4.574>
- Shahidi, F. (2012). Nutraceuticals, functional foods and dietary supplements in health and disease. *Journal of Food and Drug Analysis*, 20(SUPPL.1), 226–230. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2144>
- Solanki, H. K., Pawar, D. D., Shah, D. A., Prajapati, V. D., Jani, G. K., Mulla, A. M., & Thakar, P. M. (2013). Development of Microencapsulation Delivery System for Long-Term Preservation of Probiotics as Biotherapeutics Agent. *BioMed Research International*, 1(1), 1–21.
- Stonehouse, W., Brinkworth, G. D., Thompson, C. H., & Abeywardena, M. Y. (2016). Short term effects of palm-tocotrienol and palm-carotenes on vascular function and cardiovascular disease risk: A randomised controlled trial. *Atherosclerosis*, 254, 205–214. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2016.10.027>
- Sukandar, D., Hermanto, S., & Silvia, E. (2009). Sifat Fisiko Kimia dan Aktivitas Antioksidan Minyak Kelapa Murni (VCO) Hasil Fermentasi *Rhizopus oryzae*. *JKTI*, 11(2), 1–14.
- Sumarna, D. (2019). Studi Metode Pengolahan Minyak Sawit Merah (Red Palm Oil) dari Crude Palm Oil (Cpo). *Prosiding Seminar Nasional Kimia, August*.
- Tkw, N., Cx, L., Jp, K., & Yi, C. (2012). Use of Red Palm Oil in Local Snacks Can Increase Intake of Provitamin A Carotenoids in Young Aborigines Children: *Mal J Nutr*, 18(3), 393–397.
- Traisaeng, S., Herr, D. R., Kao, H. J., Chuang, T. H., & Huang, C. M. (2019). A derivative of butyric acid, the fermentation metabolite of *staphylococcus epidermidis*, inhibits the growth of a *staphylococcus aureus* strain isolated from atopic dermatitis patients. *Toxins*, 11(6), 1–12. <https://doi.org/10.3390/toxins11060311>
- Wallert, M., Schmölz, L., Galli, F., Birringer, M., & Lorkowski, S. (2014). Regulatory metabolites of vitamin E and their putative relevance for atherogenesis. *Redox Biology*, 2(1), 495–503. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2014.02.002>
- Wijaya, C. H., & Astawan, M. (2000). Strategi Jepang dalam Pengembangan Pangan Tradisional Sebagai Basis Pangan Fungsional. *Seminar Pangan Tradisional Sebagai Basis Industri Pangan Fungsional Dan Suplemen*.
- Ye, Q., Georges, N., & Selomulya, C. (2018). Microencapsulation of active ingredients in functional foods: From research stage to commercial food products. *Trends Food Sci. Technol.*, 78, 167–179.
- Yuliasari, D., Fardiaz, Andarwulan, N., & Yuliani, S. (2016). Karakteristik Enkapsulat Minyak Sawit Merah Dengan Pengayaan B-Karoten. *Informatika Pertanian*, 25(1), 107–116.
- Yusuf, E., Yuniwanti, W., Saraswati, T. R., & Kusdiyantini, E. (2018). Aktivitas Antioksidan Berbagai Minyak Edible Menggunakan Metode DPPH Antioxidant Activities of Various Edible Oil Using DPPH Method. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 3, 1–4.