



BAB 6

Inovasi Pangan Fungsional Telur Kaya Omega-3 Melalui Modifikasi Pakan

Niati Ningsih, Adib Norma Respati

A. Inovasi Pangan Fungsional Kaya Omega-3

Persatuan Bangsa-Bangsa (PBB) memprediksi kurang lebih satu miliar orang di seluruh dunia mengalami kekurangan gizi dan hampir dua miliar mengalami “kelebihan gizi”. Masyarakat dunia hampir di 195 negara mengonsumsi terlalu banyak makanan yang salah dan kurang mengonsumsi makanan sehat. Konsumsi menu makanan yang salah mempunyai risiko kematian lebih tinggi dibandingkan mengonsumsi rokok dan merupakan 1 dari 5 penyebab kematian di seluruh dunia (P2PTM Kemenkes RI, 2019). Kondisi tersebut diperparah dengan meningkatnya konsumsi makanan siap saji atau *junk food*, khususnya di kalangan masyarakat terutama remaja. *Junk food* tidak hanya sia-sia, tetapi juga dapat merusak kesehatan. Gangguan kesehatan yang

N. Ningsih, & A. N. Respati

*Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), e-mail: sris018@brin.go.id

© 2024 Editor & Penulis

Ningsih, N., & Respati, A. N.. (2024). Inovasi pangan fungsional telur kaya omega-3 melalui modifikasi pakan. Dalam S. Widowati, & R. A. Nurfitriani (Ed.), *Diversifikasi Pangan Lokal untuk Ketahanan Pangan: Perspektif Teknologi dan Peningkatan Nilai Tambah* (133–157). Penerbit

BRIN. DOI: 10.55981/brin.1587.c1218 E-ISBN: 978-602-6303-39-4

diakibatkan oleh *junk food* ialah kegemukan (obesitas), darah tinggi (hipertensi), diabetes, penyakit jantung koroner, kanker, strok, dan masih banyak lagi (Tim Promkes RSST - RSUP dr. Soeradji Tirtonegoro Klaten, 2023). American Heart Association (AHA) merekomendasikan untuk mengonsumsi makanan yang memiliki dampak positif pada kesehatan dan tidak memberikan batasan untuk mengonsumsi telur. Ahli kesehatan memberikan anjuran untuk menurunkan konsumsi makanan dengan kandungan kolesterol tinggi dan meningkatkan konsumsi makanan yang mengandung tinggi *polyunsaturated fatty acids* (PUFA).

PUFA adalah asam lemak tidak jenuh rantai ganda yang mempunyai dua atau lebih ikatan rangkap. PUFA juga merupakan jenis asam lemak esensial untuk manusia karena dibutuhkan oleh tubuh, tetapi tubuh tidak mampu untuk mensintesisnya. PUFA sangat bermanfaat untuk meningkatkan pertumbuhan dan fungsi normal seluruh jaringan tubuh. PUFA dibagi menjadi dua macam, yaitu *linoleic acid* yang dikenal dengan asam lemak omega-6 dan *linolenic acid* yang dikenal dengan asam lemak omega-3. Asam lemak tersebut memiliki ikatan rangkap pada karbon ke-6 dan ke-3 dihitung dari ujung gugus metil pada rantai hidrokarbon.

Penambahan ikatan rangkap pada karbon ke-6 dan ke-3 pada asam lemak tidak dapat dilakukan oleh tubuh manusia sehingga tubuh tidak dapat mensintesis kedua jenis asam lemak tersebut. *Long chain* (LC) n-3 PUFA terdiri atas *eicosapentaenoicacid* (20:5 n-3), *docosahexaenoicacid* (22:6 n-3), *docospentaenoic* (22:5 n-3), dan α -*linolenic acid* (18:3 n-3) yang dikenal dengan nama EPA, DHA, DPA, dan ALA (Bruneel et al., 2013; Fraeye et al., 2012; Wang et al., 2017). Turunan dari omega-6 (n-6) PUFA adalah *arachidonic acid* (AA). Keberadaan EPA dan DHA sangat penting untuk tubuh manusia karena mempunyai peran sebagai agen substitutioner yang berfungsi untuk menjaga fungsi otak agar tetap optimal (Diana, 2012). ALA berperan dalam proses sintesis EPA dan DHA dalam tubuh sehingga kebutuhan EPA dan DHA lebih besar dibandingkan kebutuhan ALA (Fraeye et al., 2012).

Tingkat konsumsi makanan yang mengandung EPA dan DHA di kalangan masyarakat dinilai masih kurang. Hal ini dikarenakan terbatasnya sumber pangan yang kaya akan kandungan EPA dan DHA. Inovasi untuk menciptakan serta mengembangkan pangan fungsional yang mengandung EPA dan DHA serta asam lemak penyusun omega-3 lainnya merupakan salah satu upaya untuk memenuhi dan meningkatkan kualitas gizi masyarakat. Omega-3 memiliki banyak manfaat bagi kesehatan manusia, di antaranya adalah mengurangi kolesterol dan trigliserida, mengurangi rangsangan penggumpalan butir-butir darah merah, mencegah tekanan hipertensi, dan mengurangi risiko terjadinya jantung koroner. Omega-3 juga dipercaya mampu memperkuat daya tahan otot dan membantu perkembangan otak bagi bayi, balita, dan anak-anak.

Pangan fungsional merupakan pangan yang secara alamiah bisa dimakan secara langsung ataupun setelah melalui proses dan mengandung satu atau lebih senyawa yang berdasarkan berbagai kajian ilmiah dianggap memiliki fungsi fisiologis tertentu yang tidak berbahaya dan bermanfaat bagi kesehatan serta dapat dikonsumsi selayaknya makanan atau minuman, memiliki karakteristik sensoris, yang meliputi penampakan, warna, tekstur dan cita rasa yang dapat diterima oleh konsumen, dan tidak memiliki karakteristik berbentuk serbuk ataupun kapsul (Perka BPOM RI No. HK 00.05.52.0685, 2005). Dalam kehidupan modern saat ini, terdapat perubahan dalam memaknai arti dari sebuah makanan, makanan saat ini tidak hanya sekadar untuk memenuhi rasa kenyang, tetapi juga untuk menjaga dan meningkatkan kesehatan tubuh yang optimal. Telur adalah salah satu produk pangan fungsional yang dapat diperkaya dengan kandungan omega-3. Kandungan lemak pada telur dapat diserap secara efisien dalam tubuh manusia sehingga dapat meningkatkan bioavailabilitas dari omega-3, seperti EPA dan DHA, serta dapat meningkatkan kepadatan kolesterol baik (*high density lipoprotein*, HDL). Sifat yang ada pada telur sering digunakan dan diaplikasikan dalam olahan pangan lainnya sehingga menjadikan telur mempunyai peluang untuk

dimodifikasi sebagai salah satu bahan pangan fungsional yang kaya akan kandungan omega-3.

Telur adalah salah satu sumber dari protein hewani yang mudah dicerna oleh tubuh dan sangat digemari oleh masyarakat. Telur juga merupakan bahan pangan yang cukup murah serta mudah untuk didapatkan sehingga sering dikonsumsi oleh masyarakat sebagai lauk-pauk atau sebagai bahan olahan pangan lainnya. Produksi telur ayam banyak dilakukan oleh para peternak ayam dari berbagai kalangan dengan berbagai macam skala usaha. Produksi telur ayam petelur di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya, yakni pada 2020 sebanyak 5,14 juta ton; pada 2021 sebanyak 5,15 juta ton; dan pada 2022 mengalami peningkatan menjadi 5,57 juta ton (Badan Pusat Statistik [BPS], t.t.). Sebanyak 98% protein yang terdapat dalam telur dapat dicerna dan diserap oleh tubuh manusia. Hal tersebut menjadikan telur sebagai produk pangan yang memiliki peran penting sebagai sumber protein hewani di kalangan masyarakat. Telur ayam memiliki kandungan asam lemak omega-3 (DHA dan EPA) dan beberapa nutrien penting, seperti folat, selenium, zat besi, vitamin A, vitamin B-12, vitamin K, vitamin D, dan kolin yang merupakan nutrisi penting untuk otak (Kassis et al., 2010).

Telur ayam mempunyai fungsi utama sebagai pelindung dan sumber energi bagi embrio. Fungsi telur sebagai penyedia pangan, terutama, dilakukan oleh kuning telur. Kuning telur mengandung zat lemak yang lebih banyak dibandingkan komponen telur lain. Bagi tubuh, lemak, selain sebagai sumber energi, juga sebagai komponen membran sel. Komposisi lemak bergantung pada asam yang dikonsumsi. Komposisi zat gizi pada telur ayam ditentukan oleh kandungan gizi dalam pakan yang dikonsumsi. Pengetahuan ini dimanfaatkan untuk mengubah-ubah komposisi kandungan gizi telur sesuai dengan keinginan dan kebutuhan. Salah satu zat gizi yang diperlukan oleh tubuh ialah asam lemak omega. Kandungan asam lemak omega terdapat banyak pada minyak tumbuhan dan ikan. Ayam dapat mensintesis asam lemak omega-3 dari prazatnya dan karena telur merupakan produk utama ayam yang komposisinya berkaitan dengan

komposisi tubuh ayam, anggota asam lemak ini juga terkandung di dalam telur. Kandungan omega-3 dalam telur ayam dapat ditingkatkan melalui suplementasi bahan pakan yang mengandung tinggi omega-3, seperti minyak ikan. Suplementasi minyak ikan sebanyak 3% dalam pakan dapat menghasilkan kandungan omega-3 dalam telur yang setara dengan suplementasi pakan dengan minyak *flaxseed* (biji rami) dan minyak jagung.

Produksi pangan fungsional telur kaya omega-3 sudah banyak dilakukan. Salah satunya ialah telur omega-3 yang dihasilkan dari hasil penelitian kolaborasi dosen di IPB yang menghasilkan telur omega-3-IPB (Rahayu HS & Cyrilla ENSD, 2021). Suplementasi sumber omega-3 dalam pakan ayam petelur terbukti dapat meningkatkan kandungan DHA di dalam telur sebanyak sepuluh kali lipat lebih tinggi dari telur biasa (klaim paten nomor IDP00236552). Telur omega-3-IPB memiliki kelebihan, yaitu kandungan omega-3 dalam kuning telur berfungsi untuk mengurangi kandungan kolesterol dan trigliserida, mengurangi rangsangan penggumpalan butir-butir darah merah, mencegah tekanan darah tinggi, serta mengurangi risiko penyakit degenerasi, antara lain, jantung koroner. Konsumsi EPA dan DHA direkomendasikan sebanyak 140 hingga 600 mg per hari dan jumlah tersebut tidak mudah untuk dipenuhi. Oleh sebab itu, diperlukan penambahan sumber EPA dan DHA dalam pangan secara langsung, salah satunya melalui pembuatan produk pangan fungsional. Pembentukan pangan fungsional telur dengan kandungan tinggi omega-3 melalui modifikasi pakan ini juga merupakan salah satu upaya untuk mendukung program pemerintah terkait ketahanan pangan.

Ketahanan pangan (*food security*) adalah dasar dari ketahanan ekonomi dan ketahanan nasional secara berkesinambungan, yang meliputi aksesibilitas, ketersediaan, keamanan, dan kesinambungan. Terciptanya pangan fungsional telur omega-3 ini merupakan perwujudan ketahanan pangan dari aspek aksesibilitas, yaitu kemampuan setiap rumah tangga untuk memenuhi kecukupan pangan keluarga dengan gizi yang baik sehingga dengan adanya

produk telur omega-3 ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan gizi keluarga, serta dapat meningkatkan kesehatan dan kecerdasan masyarakat Indonesia secara berkesinambungan. Penelitian-penelitian terkait modifikasi pakan dengan penambahan sumber omega-3 untuk menghasilkan produk peternakan kaya omega-3 telah banyak dilakukan. Dalam buku ini akan dibahas secara detail terkait inovasi produk telur sebagai *functional food* melalui modifikasi pakan, yang berasal dari perpaduan dari berbagai literatur, baik hasil penelitian maupun artikel ilmiah lainnya.

B. Sifat Fungsional pada Telur Omega-3

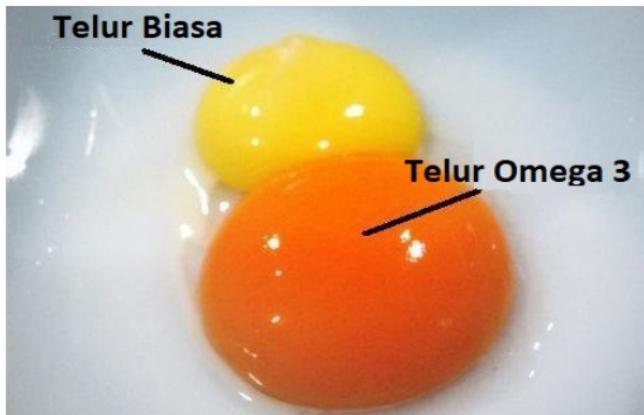
Pangan merupakan sesuatu hal yang vital bagi kehidupan; makanan dan minuman dibutuhkan untuk kelangsungan hidup manusia. Definisi pangan menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan adalah segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati produk pertanian, perkebunan, kehutanan, perikanan, peternakan, perairan, dan air, baik yang diolah maupun tidak diolah, yang diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia, termasuk bahan tambahan pangan, bahan baku pangan, dan bahan lainnya yang digunakan dalam proses penyiapan, pengolahan, dan/atau pembuatan makanan atau minuman.

Diversifikasi produk pangan sudah mulai mengalami perkembangan seiring dengan perubahan perilaku konsumsi pangan masyarakat umum. Salah satu contohnya ialah gaya hidup dan paradigma konsumen modern saat ini yang sudah mulai memanfaatkan pangan fungsional (*functional food*). Pangan fungsional adalah olahan pangan yang disajikan secara tepat sehingga mampu memberikan manfaat bagi kesehatan (Betoret et al., 2011; Weststrate et al., 2002). Selain itu, juga terdapat komponen bioaktif yang berperan aktif pada proses metabolisme yang baik untuk kesehatan. Komponen bioaktif tersebut adalah karotenoid, serat pangan, asam lemak *monounsaturated fatty acid* (MUFA) dan *polyunsaturated fatty acid* (PUFA; Marsono, 2008), flavonoid, isotiosianat, mineral, probiotik,

vitamin (Kusumayanti et al., 2016), dan sebagainya. Komponen-komponen bioaktif tersebut dapat memberikan efek positif kepada kesehatan manusia (Ye et al., 2018). Penelitian penggunaan PUFA menunjukkan bahwa PUFA dapat berperan dalam pencegahan dan pengobatan berbagai penyakit kronis, misalnya gangguan neurologis, kanker, penyakit inflamasi, obesitas, dan diabetes melitus (Yashodhara et al., 2009). Beberapa produk pangan fungsional, antara lain, probiotik, prebiotik, minuman fungsional, daging fungsional, produk beras analog, dan makanan fungsional (Kusumayanti et al., 2016). Produk pangan asal ternak berpotensi untuk diolah menjadi pangan fungsional, salah satu di antaranya adalah telur. Telur mempunyai kandungan asam amino esensial dan nonesensial yang cukup lengkap dan juga tinggi sehingga telur dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan gizi manusia. Selain itu, telur juga merupakan produk peternakan yang murah dan mudah untuk didapatkan.

Telur mempunyai nilai gizi tinggi dikarenakan memiliki 18 kandungan vitamin dan mineral. Komposisi kandungan nutrien dalam telur dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain, kandungan nutrien pakan, umur, *strain*, serta faktor lingkungan (Fraeye et al., 2012; Samman et al., 2009). Telur, selain memiliki kandungan protein tinggi, juga memiliki kandungan asam lemak omega-3 (DHA dan EPA). Telur ayam secara alami tidak kaya akan kandungan omega-3. Telur unggas secara alami hanya mengandung 50–60 mg omega-3 dalam 100 g telur (Shinn et al., 2018) sehingga telur merupakan bahan pangan yang potensial untuk dikembangkan menjadi pangan fungsional dengan memperkaya kandungan n-3 LC-PUFA (Bruneel et al., 2013). Manipulasi pakan dari omega-3 PUFA dalam pakan unggas dapat menghasilkan telur dengan lebih banyak kandungan omega-3 PUFA (Kassis et al., 2012). Produk pangan fungsional telur yang diperkaya dengan PUFA disebut sebagai “telur omega-3”. Jadi, telur, selain merupakan bahan pangan yang ekonomis dan bergizi tinggi, juga merupakan sumber asam lemak omega-3 yang sangat menguntungkan untuk tubuh manusia. Telur biasa dan telur omega-3 secara penampakan fisik ditunjukkan pada Gambar 6.1.

Sumber : www.facebook.com



Perbedaan warna kuning telur biasa dengan omega 3

Sumber: Dimodifikasi dari Medion Ardhika Bhakti (2023)

Gambar 6.1 Perbedaan Telur Biasa dan Telur Omega-3

Secara keseluruhan, kandungan asam lemak utama dalam kuning telur adalah asam oleat (sekitar 40%), asam palmitat (sekitar 30%), dan asam linoleat (sekitar 13%; Adabi et al., 2011). Berbeda dengan asam palmitat dengan ikatan rangkap jenuh, asam oleat dan asam linoleat adalah asam lemak tak jenuh yang memiliki banyak manfaat penting untuk kesehatan (Carrillo et al., 2012; Dipasquale et al., 2018). Selain ketiga asam lemak tersebut, masih banyak asam lemak bioaktif lainnya yang juga dapat ditemukan dalam kuning telur, seperti asam arakidonat (AA) dan DHA (Kassis et al., 2012). Perbedaan kandungan dan komposisi asam lemak pada telur sebagian besar disebabkan oleh perbedaan spesies unggas, pakan, dan kandungan lemak dalam tubuh (Adabi et al., 2011). Perbedaan kandungan DHA, EPA, kolesterol, serta β -karotena telur omega-3 dan telur biasa menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Rahayu HS dan Cyrilla ENSD (2021) ditampilkan pada Tabel 6.1 berikut.

Tabel 6.1 Kandungan Nutrien Kuning Telur (mg/100 gram)

Telur	DHA	EPA	Kolesterol	β -karotena
Telur Omega 3	2.816	404	147	4,9
Telur Biasa	239	166	295	3,5

Keterangan: DHA: *Docosahexaenoic acid*; EPA: *Eicosapentaenoic acid*

Sumber: Rahayu HS dan Cyrilla ENSD (2021)

Produk pangan sumber omega-3 dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu sumber asam lemak omega-3 dan tinggi omega-3. Omega-3 dipercaya dapat memperkuat daya tahan otot dan dapat membantu perkembangan otak bayi, balita, dan anak-anak. DHA dan EPA serta asam lemak penyusun omega-3 lainnya sangat penting untuk manusia karena dapat berperan sebagai agen substitusi yang mampu menjaga fungsi otak untuk tetap optimal. Defisiensi atau kekurangan omega-3 juga dapat berakibat fatal, yaitu menimbulkan gangguan saraf, perkembangan sistem saraf, dan gangguan penglihatan (Diana, 2012). Asupan PUFA omega-3 yang rendah juga dapat meningkatkan risiko Alzheimer (Kyle et al., 1999). Lewis et al. (1998) menambahkan bahwa fungsi lain telur omega-3 adalah dapat menurunkan risiko penyakit jantung, mencerdaskan fungsi otak, memberikan kerja optimal pada indra penglihatan, serta menghambat kanker payudara dan prostat. Telur omega-3 dapat meningkatkan kadar asam lemak omega-3, β -karotena, dan mineral yodium, serta menurunkan kandungan lemak, total kolesterol, dan NaCl (Rahayu HS, 2003). Penambahan tanaman atau asam lemak omega-3 dari laut dapat meningkatkan kandungan ALA, DHA, dan EPA pada produk telur ayam (Shinn et al., 2018). Menurut Miranda et al. (2015), kandungan EPA dan DHA mendapatkan perhatian besar dari ahli gizi dan komunitas medis karena ada hubungan yang jelas antara konsumsi EPA dan DHA dan pemeliharaan fungsi jantung normal. EPA dan DHA dapat menurunkan kadar trigliserida plasma, tekanan darah, agregasi trombosit, inflamasi, dan meningkatkan reaktivitas pembuluh darah, juga dapat menurunkan faktor risiko penyakit kardiovaskuler (Weitz et al., 2010). Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan asupan konsumsi telur omega-3 guna mencapai kesehatan yang optimal.

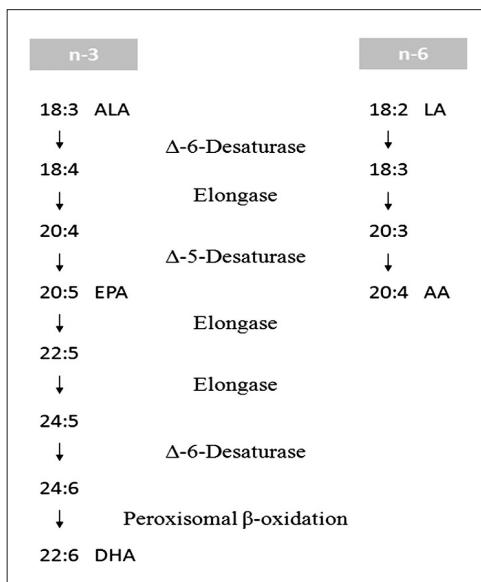
Shakoor et al. (2020) menyatakan bahwa kandungan asam lemak omega-3 pada telur dapat meningkatkan sensitivitas insulin dan mengonsumsi telur omega-3 secara teratur dapat meningkatkan total serum konsentrasi kolesterol dan trigliserida, tetapi menurunkan tekanan darah. Prokopiou et al. (2019) menambahkan bahwa salah satu manfaat mengonsumsi telur omega-3 adalah dapat meningkatkan kesehatan mata. Kandungan omega-3 dalam telur dapat memberikan rejimen terapi yang sangat baik untuk mengurangi peradangan pada retina dan saraf optik tanpa efek samping. Asosiasi jantung Amerika juga memberikan rekomendasi untuk pasien penyakit jantung koroner agar mengonsumsi sekitar 1 gram/hari EPA dan DHA. Salah satunya dengan mengonsumsi telur yang mengandung kadar omega-3 yang tinggi. Asam lemak omega-3 (DHA dan EPA) yang terkandung pada telur sangat baik untuk meningkatkan kesehatan tubuh manusia, terutama untuk perkembangan otak balita dan pencegahan berbagai penyakit degeneratif pada manula.

C. Metabolisme Pangan Fungsional Telur Omega-3 dalam Tubuh

Telur adalah salah satu makanan bergizi yang diperkaya asam lemak, seperti asam oleat (OA), asam linoleat (LA), dan asam stearat (Brandy et al., 2003). Manfaat akhir dari asam lemak yang berasal dari telur terkait erat dengan tingkat kejenuhannya (Kassis et al., 2012). Menurut derajat ketidakjenuhannya, asam lemak rantai panjang dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok: asam lemak jenuh (SFA), asam lemak tidak jenuh tunggal (MUFA), dan asam lemak tidak jenuh ganda (PUFA). Makanan yang mengandung asam lemak jenuh kronis sering menyebabkan peningkatan risiko sindrom metabolik, tetapi asam lemak tidak jenuh memiliki efek sebaliknya (van Dijk et al., 2009). Asam lemak tidak jenuh dapat dibagi menjadi asam lemak omega-3 dan asam lemak omega-6. Rasio ideal asam lemak omega-6 dan omega-3 adalah 3–5:1. Salah satu alasannya ialah rasio yang lebih rendah membantu meningkatkan metabolisme glukosa

dengan mengurangi resistensi insulin penderita diabetes (Li et al., 2019).

Asam lemak tidak jenuh ganda omega-3 (n-3 PUFA) secara umum dapat memberikan manfaat kesehatan yang penting bagi manusia. Sebagian besar manfaat kesehatan didapatkan dari EPA dan DHA dan lebih sedikit dari ALA (Trautwein, 2001). Bahkan, telah dikemukakan bahwa peran biologis utama ALA adalah sebagai substrat untuk mensintesis rantai panjang n-3 PUFA EPA dan DHA (Burdge, 2004).



Sumber: Fraeye et al. (2012)

Gambar 6.2 Metabolisme n-3 dan n-6 PUFA

Pada manusia, ALA diubah menjadi EPA dengan penghilangan atom hidrogen oleh Δ-6-desaturase, diikuti dengan penambahan dua karbon oleh elongasi, seperti yang disajikan pada Gambar 6.2. Elongasi merupakan penambahan atom karbon pada rantai asam

lemak. Proses desaturasi dan elongasi yang berbeda menghasilkan pembentukan DHA, konversi ALA menjadi EPA terbatas, dan transformasi lebih lanjut menjadi DHA, bahkan lebih rendah lagi. Hal ini disebabkan oleh persaingan enzim yang terlibat. Meskipun ALA adalah substrat pilihan untuk Δ -6-desaturase, enzim juga bekerja pada asam linoleat (18:2n-6, LA; Burdge, 2004; Trautwein, 2001). Persaingan ini menyebabkan efisiensi konversi ALA menjadi EPA dan DHA menurun dengan meningkatnya rasio LA/ALA dan sebaliknya. Di negara-negara Barat, asupan LA dan PUFA n-6 lainnya saat ini lebih tinggi dibandingkan n-3 PUFA, yang menekan konversi ALA. Oleh karena itu, EPA dan DHA memiliki peran fisiologis penting sehingga asupan ransum yang tepat sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan n-3 PUFA.

D. Modifikasi Pakan untuk Menghasilkan Telur Omega-3

Kandungan asam lemak n-3 PUFA dalam produk pangan fungsional telur dan produk turunannya dapat ditingkatkan melalui modifikasi pakan atau dengan pemanfaatan teknologi, khususnya untuk mengembangkan produk fungsional turunan telur. Kandungan omega-3 dalam telur dapat ditingkatkan melalui modifikasi pakan, yaitu mensuplementasi pakan dengan sumber omega-3, seperti minyak nabati dari berbagai tumbuhan, misalnya kanola, kedelai, kenari, dan *flaxseed*. Namun, kekurangan penambahan pakan dengan *flaxseed* adalah adanya antinutrisi, yang di sisi lain juga dapat menurunkan produktivitas ternak. Sumber omega-3 lain yang sering digunakan untuk modifikasi pakan pada ayam dalam rangka menghasilkan produk telur fungsional tinggi omega-3 EPA dan DHA adalah produk laut, seperti minyak ikan, rumput laut, atau mikroalga. Modifikasi pakan dengan suplementasi minyak ikan perlu ditambahkan zat antioksidan untuk mencegah terjadinya oksidasi n-3 PUFA dalam telur yang dapat memengaruhi kualitas sensoris telur. Kekurangan penambahan minyak ikan dalam pakan adalah penambahan yang lebih dari 1,5% minyak ikan dalam pakan dapat memengaruhi sifat

sensoris telur, yaitu dapat menimbulkan bau minyak ikan yang khas. Penambahan minyak ikan dengan teknik mikroenkapsulasi yang diharapkan dapat meningkatkan stabilitas oksidatif minyak ikan juga memiliki masalah yang sama pada sifat sensoris telur. Rumput laut, selain difungsikan sebagai sumber omega-3, juga memiliki peranan sebagai zat antioksidan yang disebabkan karena rumput laut secara alami mengandung antioksidan, seperti karotenoid, polifenol, serta vitamin E dan C (Miranda et al., 2015).

Mikroalga juga memiliki potensi sebagai bahan pakan sumber omega-3 untuk ayam petelur. Mikroalga jenis autotrofik atau heterotrofik dapat digunakan sebagai pakan ayam. Mikroalga autotrofik, selain memiliki kandungan n-3 PUFA yang sangat baik, juga memiliki senyawa bioaktif penting lainnya, seperti karotenoid. Kekurangan dari pemanfaatan mikroalga dalam pakan adalah tingginya harga mikroalga yang menyebabkan tingginya biaya pakan dan biaya produksi. Mikroalga heterotrofik, dapat diolah dengan teknologi fermentasi untuk menghasilkan kandungan DHA yang sangat tinggi (sekitar 18% bahan kering). Minyak yang diperoleh dari dua mikroalga tersebut merupakan sumber n-3 PUFA. Telur yang dihasilkan dari ayam yang diberi suplementasi pakan mikroalga heterotrofik biasanya menunjukkan profil PUFA yang mirip dengan telur dari ayam yang diberi minyak ikan, yaitu akan menghasilkan telur dengan kandungan DHA hingga 200 mg per telur dengan tetap mempertahankan penerimaan konsumen terhadap sifat sensoris telur. Mengingat konversi ALA menjadi EPA dan DHA oleh metabolisme manusia relatif terbatas, suplementasi pakan dengan rantai panjang n-3 PUFA dalam bentuk minyak ikan atau mikroalga jauh lebih menarik dibandingkan suplementasi dengan prekursor ALA melalui penambahan *flaxseed* (Miranda et al., 2015; Fraeye et al., 2012; Bruneel et al., 2013).

Penelitian Hasyim et al. (2023) menunjukkan bahwa dengan penambahan cacing tanah (*Lumbricus rubellus*) pada pakan ayam petelur dapat meningkatkan kandungan omega-3 pada telur. Setiap satu ekor cacing tanah mengandung protein 64%–76% dan lemak

tak jenuh 7%–10% dari bobot keringnya, energi 900–1400 kkal, serta mineral air dan asam amino paling lengkap. Penambahan 10% cacing tanah dalam pakan dapat menghasilkan kadar omega-3 yang paling tinggi, yaitu sebesar 51,024 mg/l; penambahan 5% menghasilkan omega sebesar 13,014 mg/l; penambahan 15% mg/l menghasilkan omega sebesar 22,695 mg/l. Ketiga perlakuan tersebut memiliki kandungan omega-3 lebih tinggi apabila dibandingkan pakan kontrol, yaitu sebesar 7,107 mg/l.

Penelitian omega-3 lainnya juga dilakukan oleh Bruneel et al. (2013) dengan menambahkan autrorofik mikroalga *Nannochloropsis gaditana* sebagai sumber EPA untuk menghasilkan telur ayam fungsional yang kaya akan omega-3. Hasil dari penelitian tersebut adalah kandungan EPA dari mikroalga tersebut hampir tidak tersimpan dalam kuning telur, tetapi dikonversi menjadi DHA yang kemudian disimpan dalam fosfolipid kuning telur. Kandungan omega-3 lebih rendah apabila dibandingkan penelitian lain. Warna telur yang dihasilkan dari penelitian ini berubah dari warna telur secara umum yang awalnya kuning menjadi lebih jingga-merah yang disebabkan karena kandungan karetenoid dalam alga. Hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa kandungan EPA dalam alga *N. gaditana* dapat digunakan sebagai alternatif sumber n-3 PUFA untuk memproduksi DHA.

Modifikasi pakan dengan menambahkan sumber n-3 PUFA dapat menghasilkan produksi telur yang mengandung n-3 PUFA, tetapi memiliki beberapa kekurangan. Kekurangannya, antara lain, telur hasil pengayaan pakan n-3 PUFA memiliki kadar kolesterol dan lemak jenuh yang tinggi. Selain itu, bahan tambahan pakan sumber omega-3, seperti flaxseed, ganggang, rumput laut, minyak ikan, dan minyak kanola yang ditambahkan dalam pakan dapat menghasilkan telur dengan tiga atau lebih kali lebih banyak jumlah n-3 PUFA dibandingkan telur normal sehingga berlebih untuk dikonsumsi manusia (Kassis et al., 2010).

Penelitian Lemahieu et al. (2015) menghasilkan telur omega-3 dengan menambahkan empat sumber omega-3 yang berbeda dalam

pakan, yaitu *flaxseed*, *Isochrysis galbana*, minyak ikan, dan DHA Gold, masing-masing ditambahkan sebanyak 120 mg per 100 g pakan. Suplementasi pakan dengan *flaxseed* sebagai sumber ALA sebanyak 120 mg per 100 g pakan atau 0,56 g biji rami per 100 g pakan menghasilkan jumlah ALA yang jauh lebih tinggi, yaitu sebesar $19,2 \pm 2,5$ mg per telur dan DHA sebesar 33 ± 4 mg per telur, lebih tinggi dari literatur yang memiliki konsentrasi ALA dalam kuning telur sebesar $9,9 \pm 1,0$ mg per telur dan DHA sebesar 21 ± 3 mg per telur. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa ALA dapat diubah menjadi DHA oleh ayam petelur meskipun tidak efisien karena jumlah ALA dalam kuning telur menunjukkan hasil yang masih tinggi. Suplementasi *Isochrysis* dalam pakan ayam petelur menghasilkan kandungan omega dalam kuning telur lebih rendah apabila dibandingkan minyak ikan dan DHA Gold. Hasil omega-3 yang paling rendah dalam penelitian ini adalah dengan pemberian *flaxseed* dan hasil yang paling tinggi adalah dengan penambahan DHA Gold. Hasil dari penelitian tersebut ditampilkan pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Kandungan Omega-3 dalam Telur Ayam

Perlakuan	ALA	EPA	DPA	DHA
Kontrol	$9,9 \pm 1,0^a$	-	$3,0 \pm 0,5^a$	21 ± 3^a
Flaxseed	$19,2 \pm 2,5^c$	$0,05 \pm 0,15^a$	$5,5 \pm 3,0^b$	33 ± 4^b
Isochrysis	$12,6 \pm 1,2^b$	$0,94 \pm 0,15^c$	$5,9 \pm 1,0^b$	67 ± 3^c
Fish oil	$11,6 \pm 1,2^b$	$3,5 \pm 0,3^d$	$10,0 \pm 1,1^c$	92 ± 3^d
DHA Gold	$12,6 \pm 0,9^b$	$0,6 \pm 0,3^b$	$3,2 \pm 0,6^a$	90 ± 5^d

Keterangan:

- 1) ALA: *Alpha-linolenic acid*; EPA: *Eicosapentaenoic acid*; DPA: *docosapentaenoic acid*; DHA: *Docosahexaenoic acid*.
- 2) Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan hasil yang berbeda nyata ($P < 0,05$).

Sumber: Lemahieu et al. (2015)

Manor et al. (2019) melakukan penelitian dengan memanfaatkan *defatted Nannochloropsis oceanica microalgae* (DNOM) untuk menghasilkan telur ayam kaya omega-3. Penelitian tersebut menggunakan 50 ekor ayam petelur jenis Shaver-White Leghorn

umur 46 minggu. DNOM ditambahkan dalam pakan dengan lima macam perlakuan, yaitu sebesar 0%; 2,86%; 5,75%; 11,5%; dan 23% pakan. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa penambahan DNOM dalam pakan ayam petelur secara signifikan dapat meningkatkan kandungan DHA dan EPA serta total asam lemak omega-3 dalam kuning telur. Kartikasari et al. (2015) mensuplementasi pakan ayam petelur Hy-Line umur 38 minggu sebanyak 125 ekor dengan menggunakan tepung *purslane* (*Portulaca oleracea*) sebagai sumber omega-3 dari tanaman dalam bentuk *alpha-linolenic acid* (ALA, 18:3n-3). Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa penambahan tepung *purslane* dapat meningkatkan warna kuning telur, tetapi tidak memengaruhi kualitas telur dan performa produksi ayam.

E. Produk Telur Omega-3

Produk telur omega-3 yang telah dikenal luas oleh masyarakat bukan hanya berupa telur ayam mentah, tetapi juga terdapat inovasi telur omega-3 berupa telur itik asin dan tepung telur. Kusumaningtyas et al. (2019) membuat telur asin omega-3 dengan menggunakan alat ESEM (*express salted egg maker*). ESEM merupakan panci dengan tekanan tinggi yang terbuat dari material *stainless steel* yang dapat membuat telur asin dalam waktu yang lebih cepat (3–5 hari) dibandingkan metode konvensional (14 hari). Panci dirancang untuk dapat beroperasi pada tekanan 2,5 kg/m².

Telur asin merupakan salah satu bentuk pengawetan telur yang telah banyak dilakukan di beberapa negara, seperti Indonesia, Tiongkok, dan Taiwan. Manfaat dari proses pengasinan telur, selain memperpanjang masa simpan telur, juga dapat meningkatkan cita rasa, yaitu masir atau berpasir yang didapatkan dari kuning telur. Pada dasarnya, semua jenis telur bisa diasinkan, tetapi nilai gizi yang dikandung telur itik menjadikannya sebagai pilihan utama bagi konsumen (Suratman, 2023).

Salman et al. (2023) membuat telur asin dengan mengombinasikannya dengan asap cair. Asap cair merupakan

produk hasil dari kondensasi pirolisis kayu pada suhu 400°C yang mengandung senyawa fenol, karbonil, dan asam organik. Senyawa fenol dan asam-asam organik pada asap cair berfungsi sebagai antimikroba yang dapat menyelubungi serta melindungi pori-pori sehingga dapat mempertahankan proses penguapan CO₂ dan H₂O yang dapat menghambat penurunan kualitas fisik telur asin. Asap cair memiliki beberapa manfaat, antara lain, dapat meningkatkan kesehatan, meningkatkan cita rasa pada produk makanan, dan dapat meningkatkan lama simpan suatu produk. Penggunaan asap cair pada proses pengasinan telur dapat mempertahankan kandungan omega-3 serta bermanfaat juga sebagai pengawet alami. Proses pengasinan telur tanpa asap cair dapat merusak kandungan omega-3 pada telur sehingga telur bisa rusak atau berubah rasa yang akan mengurangi kualitas dari telur asin yang dihasilkan. Penggunaan asap cair dapat mengurangi kerusakan telur sehingga dapat mempertahankan kualitas nutrien dan kandungan omega-3 pada telur. Selain itu, penggunaan asap cair juga dapat membunuh mikroorganisme yang dapat merusak telur pada proses pengasinan. Menurut Aziz et al. (2003), keunggulan telur itik asin omega-3 adalah sebagai berikut.

- 1) Kandungan gizi telur lebih tinggi, terutama kandungan omega-3 dan protein, serta kandungan lemak dan kolesterol telur lebih rendah.
- 2) Telur lebih tahan lama (bisa sampai dua bulan asalkan tidak retak).
- 3) Ukuran telur lebih besar.
- 4) *Food safety* (keamanan konsumen terjamin).

Produk lain dari telur omega-3 adalah tepung telur omega-3 yang dihasilkan dari kuning telur yang dikeringkan dengan menggunakan *spray drying*. Kuning telur seberat 1.010 gram dapat menghasilkan tepung telur omega-3 sebanyak 390 gram atau 38,6%. Selama proses *spray drying*, telur diubah dari bentuk cairan menjadi bentuk yang lebih padat dengan emulsi lemak di dalam protein. Penggunaan suhu

tinggi dapat menyebabkan kerusakan karena asam lemak omega-3 rentan pada suhu tinggi. Selain itu, terbukannya matriks telur selama pengolahan dapat menyebabkan penurunan kandungan EPA dan DHA (Immanningsih et al., 1999).

Produk telur omega-3 juga dapat diolah menjadi mayones. Kartikasari et al. (2019) membuat mayones dengan bahan dasar telur omega-3 dari ayam petelur yang telah disuplementasi dengan pakan sumber omega-3 dari tanaman *purslane* (*Portulaca oleracea*). Mayones adalah emulsi semipadat dari campuran minyak nabati dengan vinegar, gula, garam, *mustard*, dan kuning telur sebagai pengemulsi. Kualitas mayones dapat dipengaruhi oleh pengemulsi dan penstabil yang berasal dari kuning telur. Kuning telur berperan sebagai pengemulsi yang kuat karena mengandung lesitin yang berikatan dengan protein membentuk lesitoprotein. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa pembuatan mayones berbahan dasar kuning telur omega-3 yang dihasilkan dari ayam petelur dengan suplementasi tepung *purslane* sampai level 8% memberikan kualitas mayones yang baik serta tidak memberikan pengaruh yang negatif pada produk yang dihasilkan.

F. Penutup

Pangan fungsional merupakan olahan pangan yang disajikan secara tepat sehingga mampu memberikan manfaat bagi kesehatan. Komponen bioaktif yang terdapat dalam pangan fungsional berperan aktif dalam metabolisme yang baik untuk meningkatkan kesehatan. Komponen bioaktif yang terdapat dalam pangan fungsional, antara lain, ialah karetinoid, serat pangan, asam lemak (*monounsaturated fatty acid* [MUFA] dan *polyunsaturated fatty acid* [PUFA]). Telur merupakan salah satu produk pangan fungsional asal ternak yang memiliki potensi untuk terus dikembangkan dan bermanfaat bagi masyarakat karena diperkaya dengan kandungan omega-3. Produk pangan sumber omega-3 dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu sumber asam lemak omega-3 dan tinggi omega-3. Telur kaya omega-3

dapat dimodifikasi dengan memperkaya kandungan PUFA melalui modifikasi pakan. Asam lemak tidak jenuh ganda omega-3 (n-3 PUFA) secara umum dapat memberikan manfaat kesehatan yang penting bagi manusia. Omega-3 mempunyai berbagai macam manfaat bagi kesehatan, antara lain, dapat mengurangi kandungan kolesterol dan trigliserida, mencegah hipertensi, mengurangi rangsangan penggumpalan butir-butir sel darah merah, menurunkan risiko Alzheimer, menurunkan risiko penyakit jantung, menghambat kanker payudara dan prostat, serta memberikan kerja optimal pada penglihatan dan mencerdaskan otak. Bahan pakan sumber omega-3 PUFA yang dapat ditambahkan dalam pakan, antara lain, minyak nabati dari berbagai tumbuhan, seperti kanola, kedelai, kenari, *purslane*, dan *flaxseed*. Namun, kekurangan penambahan pakan dengan biji rami adalah adanya antinutrisi yang di sisi lain juga dapat menurunkan produktivitas ternak. Sumber omega-3 yang lain ialah produk laut, seperti minyak ikan, rumput laut, dan mikroalga. Produk olahan dari telur omega-3, antara lain, telur asin dengan dan tanpa asap cair, tepung telur, dan mayones. Terciptanya pangan fungsional telur omega-3 ini merupakan perwujudan ketahanan pangan dari aspek aksesibilitas, yaitu kemampuan setiap rumah tangga untuk memenuhi kecukupan pangan keluarga dengan gizi yang baik sehingga dengan adanya produk telur omega-3 ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan gizi keluarga serta dapat meningkatkan kesehatan dan kecerdasan masyarakat Indonesia secara berkesinambungan.

Referensi

- Adabi, S. H. G., Ahbab, M., Fani, A. R., Hajbabaei, A., Ceylan, N., & Cooper, R. G. (2011). Egg yolk fatty acid profile of avian species – influence on human nutrition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 91(1), 27–38 . <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01239.x>
- Aziz, N. K., Sujono, Khasanah, N., & Safitri, R. (2003). Produksi telur itik asin yang mengandung omega 3 untuk mengantisipasi pasar bebas. *Jurnal Dedikasi*, 1(1), 147–153.

- Badan Pusat Statistik (BPS). (t.t.). *Produksi telur ayam petelur menurut provinsi (ton)*. Diakses pada 1 Juni, 2023, dari <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NDkxIzI=/produksi-telur-ayam-potelur-menurut-provinsi.html>
- Betoret, E., Betoret, N., Vidal, D., & Fito, P. (2011). Functional foods development: Trends and technologies. *Trends Food Science & Technology*, 22(9), 498–508. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.05.004>
- Brandy, D., Lowe, N., Ganines, S., Fenelon, L., McPartlin, J., & O'farrelly, C. (2003). Inhibition of *Streptococcus mutans* growth by hen egg-derived fatty acids. *Journal of Food Science*, 68(4), 1433–1437.
- Bruneel, C., Lemahieu, C., Fraeye, I., Ryckebosch, E., Muylaert, K., Buyse, J., & Fouber, I. (2013). Impact of microalgal feed supplementation on omega-3 fatty acid enrichment of hen eggs. *Journal of Functional Foods*, 5(2), 897–904. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.01.039>
- Burdge, G. (2004). α-Linolenic acid metabolism in men and women: Nutritional and biological implications. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 7(2), 137–144. <https://doi.org/10.1097/01.mco.0000120006.58274.0c>
- Carrillo, C., del Mar Cavia, M., & Alonso-Torre, S. R. (2012). Oleic acid inhibits store-operated calcium entry in human colorectal adenocarcinoma cells. *European Journal of Nutrition*, 51, 677–684. <https://doi.org/10.1007/s00394-011-0246-8>
- Diana, F. M. (2012). OMEGA 3. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, 6(2), 113–117. <https://doi.org/10.24893/jkma.v6i2.98>
- Dipasquale, D., Basiricò, L., Morera, P., Primi, R., Tröscher, A., & Bernabucci, U. (2018). Anti-inflammatory effects of conjugated linoleic acid isomers and essential fatty acids in bovine mammary epithelial cells. *Animal*, 12(10), 2108–2114. <https://doi.org/10.1017/S1751731117003676>
- Fraeye, I., Bruneel, C., Lemahieu, C., Buyse, J., Muylaert, K., & Fouber, I. (2012). Dietary enrichment of eggs with omega-3 fatty acids: A

- review. *Food Research International*, 48(2), 961–969. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.03.014>
- Hasyim, Z., Marsuki, Ambeng, Erviani, A. E., & Hassan, M. F. (2023). Pengaruh penambahan cacing tanah *Lumbricus rubellus* pada pakan dalam meningkatkan kandungan omega 3 pada telur ayam ras petelur. *BIOMA: Jurnal Biologi Makassar*, 8(1), 1–6.
- Imanningsih, N., Apriyantono, R. R. S., & Komari (1999). Pengaruh pengolahan dan penyimpanan terhadap stabilitas asam lemak omega-3 pada telur dan ikan. *PGM*, 22, 62–66.
- Kartikasari, L. R., Hertanto, B. S., & Nuhriawangsa, A. M. P. (2019). Evaluasi kualitas organoleptik mayonnaise berbahan dasar kuning telur yang mendapatkan suplementasi tepung purslane (*Portulaca oleracea*). *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*, 7(2), 81–87. <https://doi.org/10.29244/jipthp.7.2.81-87>
- Kartikasari, L. R., Nuhriawangsa, A. M. P., Hertanto, B. S., & Swastike, W. (2015). Effect of supplementation purslane (*Portulaca oleracea*) as a source of alpha-linolenic acid on production performance and physical quality of egg of laying hens. *Animal Production*, 17(3), 149–153. <https://doi.org/10.20884/1.jap.2015.17.3.509>
- Kassis, N., Drake, S. R., Beamer, S. K., Matak, K. E., & Jaczynski, J. (2010). Development of nutraceutical egg products with omega-3-rich oils. *LWT - Food Science and Technology*, 43(5), 777–783. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.12.014>
- Kassis, N. M., Gigliotti, J. C., Beamer, S. K., Tou, J. C., & Jaczynski, J. (2012). Characterization of lipids and antioxidant capacity of novel nutraceutical egg products developed with omega-3-rich oils. *J. Sci. Food Agric.*, 92(1), 66–73. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4542>
- Khan, S. A., Khan, A., Khan, S. A., Beg, M. A., Ali, A., & Damanhouri, G. (2017). Comparative study of fatty-acid composition of table eggs from the Jeddah food market and effect of value addition in omega-3 bio-fortified eggs. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24(4), 929–935. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.11.001>

- Kusumaningtyas, R. D., Sunyoto, Putri, R. D. A., Sutrisno, A., & Anugrahani, V. (2019). Pembuatan Telur Asin Omega-3 Tinggi dengan Ekstrak Daun Kelor Menggunakan ESEM. *Rekayasa: Jurnal Penerapan Teknologi dan Pembelajaran*, 17(1), 12–15.
- Kusumayanti, H., Mahendrajaya, R. T., & Hanindito, S. B. (2016). Pangan fungsional dari tanaman lokal Indonesia. *METANA*, 12(1), 26–30.
- Kyle, D. J., Schaefer, E., Patton, G., & Beiser, A. (1999). Low serum docosahexaenoic acid is a significant risk factor for Alzheimer's dementia. *Lipids*, 34, S245.
- Lemahieu, C., Bruneel, C., Ryckebosch, E., Muylaert, K., Buyse, J., & Fouquet, I. (2015). Impact of different omega-3 polyunsaturated fatty acid (n-3 PUFA) sources (flaxseed, Isochrysis galbana, fish oil and DHA Gold) on n-3 LC-PUFA enrichment (efficiency) in the egg yolk. *Journal of Functional Foods*, 19, 821–827. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.04.021>
- Lewis, N. M., Seburg, S., & Flanagan, N. L. (1998). *Enriched eggs as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids for humans*, 79(7), 971–974.
- Li, N., Yue, H., Jia, M., Liu, W., Qiu, B., Hou, H., Huang, F., & Xu, T. (2019). Effect of low-ratio n-6/n-3 PUFA on blood glucose: A meta-analysis. *Food & Function*, 10, 4557–4565. <https://doi.org/10.1039/c9fo00323a>
- Manor, M. L., Derksen, T. J., Magnuson, A. D., Raza, F., & Lei, X. G. (2019). Inclusion of dietary defatted microalgae dose-dependently enriches ω -3 fatty acids in egg yolk and tissues of laying hens. *Journal of Nutrition*, 149(6), 942–950. <https://doi.org/10.1093/jn/nxz032>
- Marsono, Y. (2008). Prospek pengembangan makanan fungsional. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*, 7(1), 19–27.
- Medion Ardhika Bhakti. (2023, 1 Februari). *Mengenal telur omega 3*. <https://www.medion.co.id/mengenal-telur-omega-3/>
- Miranda, J. M., Anton, X., Redondo-Valbuena, C., Roca-Saavedra, P., Rodriguez, J. A., Lamas, A., Franco, C. M., & Cepeda, A.

- (2015). Egg and egg-derived foods: Effects on human health and use as functional foods. *Nutrients*, 7(1), 706–729. <https://doi.org/10.3390/nu7010706>
- P2PTM Kemenkes RI. (2019, 9 April). *Peneliti: Pola makan buruk/ menu tidak sehat penyebab satu dari lima kematian.* <https://p2ptm.kemkes.go.id/artikel-sehat/peneliti-pola-makan-burukmenu-tidak-sehat-penyebab-satu-dari-lima-kematian>
- Peraturan Kepala Badan Pengawasan Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor HK 00.05.52.0685 Tahun 2005 tentang Ketentuan Pokok Pengawasan Pangan Fungsional. (2005).
- Prokopiou, E., Kolovos, P., Georgiou, C., Kalogerou, M., Potamiti, L., Sokratous, K., Kyriacou, K., & Georgiou, T. (2019). Omega-3 fatty acids supplementation protects the retina from age-associated degeneration in aged C57BL/6J mice. *BMJ Open Ophthalmology*, 4, Artikel e000326. <https://doi.org/10.1136/bmjophth-2019-000326>
- Rahayu HS, I. (2003). Karakteristik fisik, komposisi kimia dan uji organoleptik telur ayam merawang dengan pemberian pakan bersuplemen omega-3. *Jurnal Teknol. dan Industri Pangan*, 14(3), 199–205.
- Rahayu HS, I., & Cyrilla ENSD, L. (2021). Triple helix dalam pengembangan telur omega 3-IPB. Dalam *Prosiding seminar nasional program pengabdian masyarakat* (1415–1421). <https://doi.org/10.18196/ppm.24.456>
- Rahayu, I., & Komari. (2005). *Suplemen omega-3 pada pakan ayam untuk produksi telur DHA* (Nomor Paten IDP00236552). Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual.
- Salman, M., Safrizal, Zeki, M., Faisal, Abidin, M. Z., & Tantawi, R. (2023). Pemanfaatan asap cair dalam upaya meningkatkan produktivitas telur asin omega-3. *Berater Abdimas*, 1(1), 49–55.
- Sammam, S., Kung, F. P., Carter, L. M., Foster, M. J., Ahmad, Z. I., Phuyal, J. L., & Petocz, P. (2009). Fatty acid composition of certified organic, conventional and omega-3 eggs. *Food Chemistry*, 116(4), 911–914. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.046>

- Shakoor, H., Khan, M. I., Sahar, A., K., Khan, M. K. I., Faiz, F., & Ahmad, H. B. (2020). Development of omega-3 rich eggs through dietary flaxseed and bio-evaluation in metabolic syndrome. *Food Science & Nutrition*, 8, 2619–2626. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1522>
- Shinn, S. E., Proctor, A., & Baum, J. I. (2018). Egg yolk as means for providing essential and beneficial fatty acids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95(1), 5–11. <https://doi.org/10.1002/aocs.12008>
- Suratman, Y. Y. A. (2023). Kajian agribisnis kelayakan produk telur asin omega 3 di Kabupaten Hulu Sungai Utara. *Ziraaah*, 48(1), 33–43.
- Tim Promkes RSST - RSUP dr. Soeradji Tirtonegoro Klaten. (2023, 20 Februari). *Pengaruh makanan cepat saji terhadap kesehatan remaja*. Kemenkes Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan. https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/2182/pengaruh-makanan-cepat-saji-terhadap-kesehatan-remaja
- Trautwein, E. A. (2001). n-3 Fatty acids – physiological and technical aspects for their use. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103(1), 45–55.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan. (2012). <https://peraturan.bpk.go.id/Details/39100/uuno-18-tahun-2012>
- van Dijk, S. J., Feskens, E. J. M., Bos, M. B., Hoelen, D. W. M., Heijligenberg, R., Bromhaar, M. G., de Groot, L. C., de Vries, J. H. M., Müller, M., & Afman, L. A. (2009). A saturated fatty acid – rich diet induces an obesity-linked proinflammatory gene expression profile in adipose tissue of subjects at risk of metabolic syndrome 1 – 3. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 90(6), 1656–1664. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.27792>
- Wang, J., Yue, H., Wu, S., Zhang, H., & Qi, G. (2017). Nutritional modulation of health, egg quality and environmental pollution of the layers. *Animal Nutrition*, 3(2), 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.03.001>

- Weitz, D., Weintraub, H., Fisher, E., & Schwartzbard, A. Z. (2010). Fish oil for the treatment of cardiovascular disease. *Cardiology in Review*, 18(5), 258–263. <https://doi.org/10.1097/CRD.0b013e3181ea0de0>
- Weststrate, J. A., van Poppel, G., & Verschuren, P. M. (2002). Functional foods, trends and future. *British Journal of Nutrition*, 88, 233–235. <https://doi.org/10.1079/BJN2002688>
- Yashodhara, B. M., Umakanth, S., Pappachan, J. M., Bhat, S. K., Kamath, R., & Choo, B. H. (2009). Omega-3 fatty acids : a comprehensive review of their role in health and disease. *Postgraduate Medical Journal*, 85(1000), 84–90. <https://doi.org/10.1136/pgmj.2008.073338>
- Ye, Q., Georges, N., & Selomulya, C. (2018). Microencapsulation of active ingredients in functional foods: from research stage to commercial food products. *Trends in Food Science & Technology*, 78, 167–179. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.025>

Buku ini tidak diperjualbelikan.