

Mini Review: Potensi Hipokolesterolemik Fraksi Tidak Tersabunkan Dari Distilat Asam Lemak Minyak Sawit

Mini Review: Hypocholesterolemic Potential of Unsaponifiable Matter from Palm Fatty Acid Distillate

Angela Wulansari^{1)*}, Teti Estiasih²⁾, Yunianta²⁾

¹⁾Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Khairun Ternate

²⁾Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang

*Penulis Korespondensi: angela@unkhair.ac.id

ABSTRACT

Palm fruit as raw material of palm oil is the main commodity of Indonesian agriculture. Palm fatty acid distillate (PFAD) is a by-product of palm oil refinery process in deodorization stage. PFAD contained bioactive compounds such as vitamin E, phytosterols, and squalene. Vitamin E, phytosterols, and squalene have known for its hypocholesterolemic effect and cardio protector. Bioactive compounds of PFAD can be separated from its fatty acid using saponification reaction. Saponification of PFAD produced unsaponifiable matter (USM) which was rich in bioactive compounds. Food fortification is aimed to enhance the nutrition quality of food for specific reason. The fortificant can be macronutrient or micronutrient. USM of PFAD potentially become food product fortificant which will give hypocholesterolemic effect. This review is discussed about hypocholesterolemic effect of each bioactive compounds in USM of PFAD and the potential of USM as food fortificant especially for food with hypocholesterolemic effect.

Keywords: Fortification, Palm Fatty Acid Distillate, Phytosterols, Squalene, Vitamin E

ABSTRAK

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditi utama perkebunan di Indonesia. Proses pemurnian pada tahap deodorisasi menghasilkan distilat asam lemak minyak sawit (DALMS) sebagai hasil samping. DALMS mengandung senyawa bioaktif berupa vitamin E, fitosterol, dan skualen. Vitamin E, fitosterol, dan skualen memiliki efek hipokolesterolemik apabila dikonsumsi. Senyawa bioaktif pada DALMS bisa dipisahkan dari asam lemak dengan saponifikasi. Saponifikasi DALMS akan menghasilkan fraksi tidak tersabunkan (FTT) yang kaya akan bioaktif. Fortifikasi produk pangan merupakan upaya meningkatkan kualitas gizi makanan. Fortifikan dapat berupa zat gizi makro atau mikro. FTT dari DALMS berpotensi menjadi bahan fortifikan pada produk pangan yang memiliki efek hipokolesterolemik apabila dikonsumsi. Kajian pustaka ini membahas efek hipokolesterolemik dari masing-masing senyawa bioaktif pada FTT dari DALMS dan potensinya sebagai bahan fortifikan produk makanan untuk menurunkan kadar kolesterol konsumennya.

Kata kunci: Distilat Asam Lemak Minyak Sawit, Fitosterol, Fortifikasi, Skualen, Vitamin E

PENDAHULUAN

Kelapa sawit sebagai bahan baku pembuatan minyak kelapa sawit merupakan salah satu komoditi utama perkebunan di Indonesia. Komponen minyak kelapa sawit terdiri dari > 90% trigliserida, 2-7% digliserida, < 1% monogliserida, 3-5% asam lemak bebas, dan 1% fitonutrien (Loganathan *et al.*, 2009). Komponen minor pada minyak kelapa sawit terdiri dari karotenoid, tokoferol dan tokotrienol, fitosterol, fosfolipid, glikolipid, terpenoid, dan hidrokarbon alifatik (Zou *et al.*, 2012). Salah satu hasil samping pemurnian minyak kelapa sawit adalah distilat asam lemak minyak sawit (DALMS) yang didapat dari proses deodorisasi. DALMS yang dihasilkan pada tahap ini bisa mencapai 4% (Gapor, 2010). DALMS mengandung 85-90% asam lemak dan sisanya merupakan senyawa bioaktif yang terdiri dari 60-200 ppm vitamin E, 400-7500 ppm fitosterol, dan 400-2800 ppm skualen (Estiasih *et al.*, 2013). Pemanfaatan DALMS sejauh ini adalah sebagai bahan baku sabun, makanan hewan, kosmetik, industri lilin, dan biodiesel (Gapor, 2010).

Fitosterol memiliki struktur kimia yang mirip dengan kolesterol. Keberadaan fitosterol pada pencernaan akan mengganggu penyerapan kolesterol. Penelitian pada tikus dengan diet tinggi lemak menunjukkan, kelompok tikus yang diberikan tambahan fitosterol pada dietnya memiliki kadar kolesterol, LDL, dan trigliserida yang lebih rendah (Awaisheh *et al.*, 2013). Penelitian pada orang dengan hiperkolesterolemia menunjukkan pemberian suplemen fitosterol dapat menurunkan LDL dan meningkatkan HDL (Acuff *et al.*, 2007). Skualen yang berasal dari sumber nabati memiliki efek hipokolesterolemik apabila dikonsumsi. Penelitian oleh Hoang *et al.* (2016) menunjukkan pemberian skualen dapat menurunkan trigliserida dan kolesterol dalam sel. Skualen sebagai antioksidan juga dapat mencegah oksidasi lipid yang dapat meningkatkan resiko aterosklerosis (Farvin *et al.*, 2007). Kandungan vitamin E pada kelapa sawit didominasi oleh tokotrienol. Penelitian oleh Yuen *et al.* (2011) menunjukkan pemberian tokotrienol pada orang dengan hiperkolesterolemia dapat menurunkan kolesterol total dan LDL dalam darah. Vitamin E dari minyak kelapa sawit juga dapat mencegah timbulnya aterosklerosis (Idris *et al.*, 2014).

Pemanfaatan DALMS sebagai sumber bioaktif belum dieksplorasi penuh. Kandungan vitamin E, skualen, dan fitosterol pada DALMS berpotensi sebagai bahan fortifikan pada produk pangan dengan efek hipokolesterolemik. Peningkatan jumlah penderita penyakit kronis, salah satunya penyakit kardiovaskuler menyebabkan tingginya minat pada makanan dengan fungsi khusus (Jew *et al.*, 2009). Studi pustaka ini akan mengulas efek hipokolesterolemik masing-masing bioaktif pada fraksi tidak tersabunkan (FTT) dari DALMS serta potensinya sebagai bahan fortifikan pada produk pangan.

FRAKSI TIDAK TERSABUNKAN DARI DISTILAT ASAM LEMAK MINYAK SAWIT

Pemurnian minyak kelapa sawit dilakukan untuk menghilangkan komponen yang tidak diinginkan pada minyak seperti warna dan bau natural yang ada pada minyak. Salah satu tahap pada pemurnian minyak kelapa sawit, yaitu pada tahap deodorisasi, dihasilkan hasil samping berupa DALMS. Gapor (2010) menyatakan komposisi dari DALMS adalah 81,7% asam lemak bebas, 14,4% gliserida, 0,5% vitamin E, 0,8% skualen, 0,4% sterol, dan 2,2% komponen lainnya. Penelitian pada DALMS yang diambil pada beberapa tempat pemurnian minyak kelapa sawit menunjukkan kandungan asam lemak bebas berkisar antara 85,42-92,93%, vitamin E 64,70-208,82 ppm, fitosterol 407,00-3915,22 ppm, dan skualen 462,87-2767,08 ppm (Estiasih *et al.*, 2013). Penelitian oleh Ahmadi (2010) menunjukkan kandungan vitamin E dalam DALMS adalah 4500 ppm yang terdiri dari 33,48% α -tokoferol, 17,57% α -tokotrienol, 19,89% γ -tokotrienol, dan 29,06% δ -tokotrienol. Fitosterol pada DALMS terdiri dari β -sitosterol, kampesterol dan stigmasterol. Penelitian oleh Rhitmayanti (2014) menunjukkan jumlah fitosterol pada DALMS adalah 7476,56 ppm yang terdiri dari 3913,23 ppm β -sitosterol, 1774,94 ppm kampesterol, dan 1788,39 ppm stigmasterol. Pemanfaatan DALMS sebagai sumber bioaktif belum dieksplorasi secara maksimal. DALMS lebih banyak dimanfaatkan sebagai pakan ternak, bahan pembuat sabun, dan bahan pembuat biodiesel (Gapor, 2010).

Pemisahan komponen bioaktif pada DALMS dapat dilakukan dengan saponifikasi. Pada reaksi saponifikasi lipid akan terhidrolisis oleh basa menjadi sabun (Ketaren, 2005). Saponifikasi pada DALMS akan menghasilkan fraksi tidak tersabunkan yang kaya akan bioaktif. Komponen bioaktif pada FTT lebih tinggi dibandingkan dengan DALMS karena telah hilangnya kandungan asam lemak bebas karena proses saponifikasi (Estiasih *et al.*, 2014). Penelitian oleh Rhitmayanti (2014) menunjukkan FTT DALMS memiliki kandungan vitamin E sebesar 19600 ppm yang terdiri dari 3145,8 ppm α -tokoferol; 6546,4 ppm α -tokotrienol; 4429,6 ppm δ -tokotrienol; dan 5478,2 ppm γ -tokotrienol, kandungan fitosterol sebesar 5500 ppm, serta kandungan skualen sebesar 323000 ppm. Penelitian lain oleh Balqis (2015) menyatakan FTT DALMS mengandung 342375,8 ppm vitamin E, 88378,0 ppm fitosterol, dan 21018,6 ppm skualen.

FTT dari berbagai minyak mengandung berbagai jenis bioaktif yang memberikan efek kesehatan apabila dikonsumsi. Khor *et al.* (1998) menjelaskan bahwa efek hipokolesterolemik minyak zaitun ada pada FTT dari minyak zaitun. Wilson *et al.* (2000) juga menyatakan bahwa kemampuan *rice bran oil* (RBO) dalam menurunkan kadar kolesterol secara signifikan dipengaruhi oleh FTT dari RBO. FTT dari minyak biji delima diduga berperan dalam metabolisme kolesterol (Caligiani *et al.*, 2010). Penelitian efek hipokolesterolemik FTT DALMS

telah dilakukan pada tikus hiperkolesterolemia. Pada penelitian ini kelompok tikus hiperkolesterolemia yang diberi FTT dari DALMS memiliki kadar kolesterol total, LDL, dan trigliserida yang lebih rendah dibandingkan dengan kelompok kontrol (Estiasih *et al.*, 2014).

EFEK HIPOKOLESTEROLEMIK FITOSTEROL

Fitosterol merupakan sterol yang ditemukan pada tanaman. Jenis fitosterol yang biasa menyusun membran sel tanaman adalah β -sitosterol (*24 α -ethylocholesterol*), kampesterol (*24 α -methylocholesterol*) dan stigmasterol (*Δ^{22} -24 α -ethylocholesterol*) (Bartnikowska, 2009). Fitosterol memiliki struktur kimia yang mirip dengan kolesterol, tetapi fitosterol memiliki ikatan rangkap pada rantai sampingnya (Rudzinska *et al.*, 2014). Fitosterol dikenal dapat menurunkan kadar kolesterol dengan berbagai macam mekanisme. Fitosterol dapat menurunkan kadar kolesterol didalam darah dengan mengganggu penyerapan kolesterol di usus. Fitosterol akan berkompetisi dengan kolesterol untuk diserap tubuh (Stock, 2014). Di dalam usus fitosterol berkompetisi dengan kolesterol dalam pembuatan misel, sehingga penyerapan kolesterol bisa terganggu (Carr *et al.*, 2010).

Penelitian oleh Awaisheh *et al.* (2013) menunjukkan pemberian fitosterol pada tikus dengan diet tinggi kolesterol dapat menurunkan kadar total kolesterol, trigliserida, dan LDL kolesterol. Studi pada tikus hiperlipidemia yang diberi tambahan fitosterol pada dietnya menunjukkan kadar kolesterol total dan trigliserida yang lebih rendah dibandingkan dengan kelompok kontrol. Penurunan kadar kolesterol total dan trigliserida lebih tinggi dengan semakin meningkatnya dosis fitosterol yang diberikan (Zhang *et al.*, 2011). Studi efek hipokolesterolemik fitosterol pada pasien hiperkolesterolemia juga telah dilakukan. Penelitian pada pasien dengan hiperkolesterolemia yang diberi suplemen fitosterol 1.3 g/hari menunjukkan penurunan kadar kolesterol sebesar 5%, trigliserida 9%, dan LDL kolesterol 7% walaupun tanpa diet khusus (Acuff *et al.*, 2007). Pasien dengan *nonalcoholic fatty liver disease* (NAFLD) yang diberi 1.8 g/hari suplemen fitosterol menunjukkan penurunan kadar kolesterol sebesar 5.16% dan LDL kolesterol sebesar 8.67% (Chen *et al.*, 2015).

Fitosterol akan mempengaruhi beberapa mekanisme yang berhubungan dengan metabolisme lemak dan kolesterol di dalam tubuh. Keberadaan fitosterol akan meningkatkan aktifitas transporter *ATP-binding cassette* (Abc) yang membawa kolesterol keluar dari *enterocyte* kembali ke lumen pencernaan (Alhazzaa *et al.*, 2013). Fitosterol meningkatkan aktifitas dari Abcg5 dan Abcg8 sehingga dapat mencegah akumulasi kolesterol dalam jaringan dan meningkatkan ekskresi kolesterol. Aktifitas dari gen *Niemann Pick C1 Like 1* (NPC1L1) di vili usus dan hati juga ditekan oleh fitosterol. Gen NPC1L1 merupakan gen yang meningkatkan absorpsi kolesterol ke dalam jaringan. Turunnya aktifitas gen NPC1L1 akan menurunkan

akumulasi kolesterol dalam jaringan (Scoggan *et al.*, 2009). Selain menurunkan aktifitas NPC1L1, fitosterol juga menurunkan aktifitas dari *scavenger reseptor class B type 1* (SR-B1) yang berperan dalam penyerapan kolesterol dalam pencernaan (Park dan Carr, 2013). Keberadaan fitosterol di dalam sistem pencernaan akan membantu mencegah penyerapan kolesterol ke dalam tubuh, sehingga akan mencegah peningkatan kadar kolesterol dalam darah. Fitosterol juga mencegah akumulasi kolesterol di dalam jaringan sehingga akan mencegah resiko terjadinya penyakit kardiovaskuler.

EFEK HIPOKOLESTEROLEMIK VITAMIN E

Vitamin E di dalam minyak kelapa sawit terdiri dari tokotrienol dan tokoferol dengan jumlah tokotrienol lebih banyak dibandingkan dengan tokoferol. Tokotrienol memiliki 4 isomer yaitu α -tokotrienol, β -tokotrienol, γ -tokotrienol, dan δ -tokotrienol. Selain minyak kelapa sawit, tokotrienol juga banyak ditemukan di RBO (Mishra *et al.*, 2014). Tokotrienol dikenal dapat mencegah penyakit yang berhubungan dengan inflamasi. Tokotrienol diduga berperan dalam anti kanker, anti inflamasi, *neuroprotector*, dan menurunkan kolesterol. Dibandingkan dengan tokoferol, tokotrienol memiliki aktifitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tokoferol. Hal ini disebabkan karena tokotrienol lebih mudah masuk ke dalam membran lipid bilayer dibandingkan dengan tokoferol (Ahsan *et al.*, 2014).

Penelitian pada tikus hiperlipidemia yang diberi *tocotrienol rich fraction* (TRF) menunjukkan kadar kolesterol turun 45%, trigliserida turun 42%, dan LDL kolesterol turun 60% pada dosis 8 mg/kg/hari. Pada penelitian ini peningkatan dosis tidak berpengaruh nyata pada penurunan kadar kolesterol, trigliserida dan LDL kolesterol (Minhajuddin *et al.*, 2005). Tikus diabetes yang diberikan RBO kaya γ -tokotrienol mengalami penurunan kadar trigliserida dan LDL kolesterol dalam plasma serta kadar trigliserida dalam hati (Chen dan Cheng, 2006). Penelitian pada pasien dengan hiperkolesterolemia yang diberi RBO untuk menggantikan 1/3 dari total konsumsi lemak setiap harinya, dapat menurunkan 7% kadar LDL kolesterol darah. RBO merupakan salah satu sumber vitamin E, dengan kadar tokotrienol yang lebih tinggi dibandingkan dengan tokoferol (Most *et al.*, 2005). Ajuluchukwu *et al.* (2007) melakukan penelitian pada pasien hiperkolesterolemia dengan membandingkan efek hipokolesterolemik tokotrienol dan tokoferol. Kedua kelompok pasien diberikan tokoferol atau tokotrienol dengan dosis 500 mg/hari selama 4 minggu. Pasien yang diberi tokotrienol memiliki penurunan kadar kolesterol dan LDL kolesterol yang lebih baik dibandingkan dengan pasien yang diberi tokoferol.

Efek hipokolesterol dari vitamin E diduga berhubungan dengan aktifitas dari *3-hydroxy-3methylglutaryl coenzyme A* (HMG-CoA). Di dalam tubuh, HMG-CoA berperan dalam sintesis

kolesterol. Keberadaan tokotrienol dapat menurunkan aktifitas dari HMG-CoA, sehingga sintesis kolesterol akan turun dan secara langsung dapat menurunkan LDL kolesterol (Elson dan Qureshi, 1995). Penelitian oleh Khor *et al.* (1995) menghasilkan, *tocotrienols rich fraction* (TRF) dari DALMS dapat menghambat aktifitas dari HMG-CoA pada sampel hati babi. Penelitian pada tikus hiperlipidemia yang diberi 8 mg/kg/hari TRF mengalami penurunan aktifitas dari HMG-CoA (Minhajuddin *et al.*, 2005). Tokotrienol juga meningkatkan reseptor LDL di hati, sehingga tidak terjadi akumulasi LDL kolesterol di dalam plasma. Selain itu, jumlah sterol dan asam empedu yang terbuang melalui feses meningkat dengan adanya tokotrienol (Chen dan Cheng, 2006). Dengan banyaknya asam empedu yang terbuang dalam feses, tubuh akan lebih banyak memproduksi asam empedu. Peningkatan aktifitas reseptor LDL dan turunnya aktifitas HMG-CoA akan meningkatkan absorpsi LDL kolesterol plasma ke dalam hati untuk dimanfaatkan dalam pembuatan asam empedu.

Sebagai antioksidan, tokotrienol mencegah terjadinya oksidasi pada lipid darah yang dapat memicu terjadinya aterosklerosis. Penelitian *in vitro* pada isolate LDL menunjukkan LDL kolesterol yang diberi TRF dari kelapa sawit, terproteksi lebih baik terhadap oksidasi dibandingkan dengan yang diberi tokoferol (Mutalib *et al.*, 2003). Selain mencegah oksidasi LDL kolesterol, tokotrienol juga mencegah kerusakan membrane sel dengan menurunkan aktifitas gen pemicu inflamasi dan mencegah timbulnya sel busa (Tang *et al.*, 2014). Kandungan tokotrienol yang tinggi pada DALMS berpotensi menjadikan DALMS sumber tokotrienol untuk pencegahan hiperkolesterolemia dan penyakit kardiovaskuler.

EFEK HIPOKOLESTEROLEMIK SKUALEN

Skualen (2,6,10,15,19,23-*hexamethyl-2,6,10,14,18,20-tetracosahexane*) merupakan senyawa yang termasuk dalam golongan terpenoid. Skualen banyak ditemukan pada hati ikan hiu, *amaranth*, minyak zaitun, dan minyak kelapa sawit (Zhao dan Sun, 2004). Skualen sebagai komponen bioaktif memiliki peran sebagai antioksidan, kemopreventif, antitumor, dan memiliki efek hipokolesterolemik.. Shin *et al.* (2004) melakukan penelitian pada tikus hiperkolesterolemia yang diberi injeksi skualen dari *amaranth*. Di akhir penelitian tikus mengalami penurunan kadar kolesterol dan trigliserida plasma dan hati serta peningkatan kadar kolesterol dan asam empedu feses. Penelitian pada tikus yang diinduksi isoprenalin menunjukkan penurunan kadar kolesterol, trigliserida, dan asam lemak bebas pada plasma dan jantung setelah diberi tambahan 2% skualen pada pakan selama 45 hari (Farvin *et al.*, 2006).

Salah satu peran skualen dalam menurunkan kadar kolesterol adalah dengan meningkatkan ekskresi kolesterol dan asam empedu melalui feses. Tikus yang diberi 2%

skualen pada pakannya memiliki kadar kolesterol feses yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (Farvin *et al.*, 2009). Penelitian pada tikus hiperkolesterolemia yang diberi 200 mg/kg skualen dari *amaranth* memiliki kadar kolesterol feses yang lebih tinggi dan kadar kolesterol hati yang lebih rendah dibandingkan dengan kontrol. Kadar asam empedu feses juga meningkat pada kelompok tikus yang diberi skualen (Shin *et al.*, 2004). Nakamura *et al.* (1994) menyatakan 0,1 mg/hari skualen dapat meningkatkan kadar asam empedu feses. Skualen mencegah penyerapan kembali asam empedu dari usus dan mengganggu penyerapan kolesterol di usus.

Di dalam tubuh, skualen mempengaruhi kinerja beberapa gen yang memiliki peran dalam metabolisme kolesterol dan lipid. Penelitian *in vitro* oleh Hoang *et al.* (2016) pada sel HepG2 menunjukkan skualen meningkatkan aktifitas dari *proliferator-active-receptor-alpha* (PPAR- α). PPAR- α bekerja sebagai regulator proses transkripsi gen yang berhubungan dengan lemak dan glukosa. Peningkatan aktifitas PPAR- α akan menurunkan akumulasi triasilgliserol (TAG) dalam plasma maupun sel. Peningkatan aktifitas PPAR- α juga akan menstimulasi *fatty acid transporter protein 4* (FATP4) sebagai transporter asam lemak untuk membawa asam lemak dari plasma ke dalam hati. Skualen menurunkan ekspresi gen *stearoyl-CoA desaturase-1* (SDC-1) yang berperan dalam sintesis fosfolipid, TAG, dan kolesterol-ester. Aktifitas dari HMG-CoA akan menurun dengan adanya skualen sehingga produksi kolesterol secara endogenus akan menurun (Shin *et al.*, 2004). Selain itu skualen meningkatkan oksidasi asam lemak dan meningkatkan ketogenesis dalam hati, sehingga jumlah lipid di dalam hati dapat berkurang. Sebagai antioksidan, skualen menghambat pembentukan aterosklerosis (Guillen *et al.*, 2008) dan melindungi membran lipid bilayer dari kerusakan akibat radikal bebas (Farvin *et al.*, 2007). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa skualen merupakan komponen bioaktif yang jumlahnya paling besar ada pada FTT DALMS. Skualen berperan besar terhadap efek hipokolesterolemik dari FTT DALMS disamping vitamin E dan fitosterol.

FORTIFIKASI PRODUK PANGAN

Data WHO (2014) menunjukkan penyebab nomor satu kematian di Indonesia adalah penyakit kardiovaskuler dengan prevalensi sebanyak 37% dari keseluruhan kematian. Profil darah terutama kadar kolesterol total dan LDL kolesterol, asupan makan tinggi lemak, dan gaya hidup yang tidak baik merupakan beberapa faktor resiko penyebab terjadinya penyakit kardiovaskuler. Salah satu upaya menurunkan prevalensi penyakit kardiovaskuler adalah dengan mengonsumsi produk pangan yang memberi efek kesehatan terutama yang berhubungan dengan kesehatan jantung.

Fortifikasi fitosterol, vitamin E, dan skualen pada produk pangan sebelumnya telah dilakukan. Fortifikasi fitosterol telah dilakukan pada roti, *breakfast cereals*, margarin, jus jeruk, susu rendah lemak, dan *yogurt* (Nestel *et al.*, 2001; Devaraj *et al.*, 2011; Clifton *et al.*, 2004). Sedangkan fortifikasi vitamin E telah dilakukan pada cereal (Leonard *et al.*, 2004) dan susu (Hayes *et al.*, 2001). Fortifikasi skualen telah dilakukan dengan menambahkan bahan pangan tinggi skualen pada produk pangan. Penambahan tepung *amaranth* pada pembuatan pasta (Martinez *et al.*, 2014) dan penambahan ekstrak *rice bran* yang tinggi skualen pada biskuit (Pali, 2013) dapat meningkatkan aktifitas antioksidan dari kedua produk. FTT dari DALMS dengan kandungan bioaktifnya berpotensi sebagai bahan fortifikan pada produk pangan. Pengayaan produk pangan dengan komponen bioaktif diharapkan dapat memberi manfaat lebih dari sekedar memberi rasa kenyang.

KESIMPULAN

DALMS sebagai hasil samping dari pemurnian minyak sawit dapat menjadi sumber bioaktif potensial yang perlu digali lebih dalam pemanfaatannya. Berbagai penelitian menunjukkan skualen, fitosterol, dan vitamin E sebagai komponen bioaktif dari DALMS memiliki efek hipokolesterolemik apabila dikonsumsi. Fitosterol dan skualen menghambat penyerapan kolesterol dan asam empedu di usus dan meningkatkan ekskresi kolesterol dan asam empedu di feses. Sebagai antioksidan, vitamin E dan skualen mencegah timbulnya aterosklerosis dengan mencegah oksidasi LDL kolesterol dan mencegah kerusakan membran sel karena radikal bebas. Menjadikan FTT dari DALMS sebagai bahan fortifikan pada produk pangan dapat menjadi salah satu solusi pemanfaatan DALMS dalam dunia pangan dan kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Acuff RV, Cai DJ, Dong ZP, dan Bell D. 2007. The Lipid Lowering Effect of Plant Sterol Ester Capsule in Hypercholesterolemia Subjects. *Lipids In Health and Disease*. Vol 6: Page 11. DOI:10.1186/1476-511X-6-11
- Ahmadi K. 2010. Kristalisasi pelarut suhu rendah pada pembuatan konsentrat vitamin E dari distilat asam lemak minyak sawit: kajian jenis pelarut. *Jurnal Teknologi Pertanian*. Vol 11 No 1: Page 1-10
- Ahsan H, Ahad A, Iqbal J, dan Saddiqui WA. 2014. Pharmacological potential of tocotrienols: a review. *Nutrition & Metabolism*. Vol 11: Page 52. DOI: 10.1186/1743-7075-11-52
- Ajuluchukwu JN, Okubadejo NU, Mabayoje M, Ojini FI, Okwudiafor RN, Mbakwem AC, Fasanmade OA, dan Oke DA. 2007. Comparative study of the effect of tocotrienols and

- tocopherol on fasting serum lipid profiles in patients with mild hypercholesterolemia: a preliminary report. *The Nigerian Postgraduate Medical Journal*. Vol 14 No 1: Page 30-33
- Alhazzaa R, Oen JJJ, dan Sinclair AJ. 2013. Dietary Phytosterol Modify The Sterols and Fatty Acid Profile in a Tissue-specific Pattern. *Journal of Functional Foods*. Vol 5: Page 829-837. DOI: 10.1016/j.jff.2013.01.030
- Awaisheh SS, Khalifeh MS, Al-Ruwaili MA, Khalil OM, Al-Ameri OH, dan Al-Groom R. 2013. Effect of Supplementation of Pribiotics and Phytosterols Alone or in Combination on Serum and Hepatic Lipid Profiles and Thyroid Hormones of Hypercholesterolemic Rats. *Journal of Dairy Science*. Vol 96:Page 9-15. DOI: 10.3168/jds.2012-5442
- Balqis F. 2015. Fortifikasi Roti Manis dengan Mikroemulsi Fraksi Tidak Tersabunkan dari Distilat Asam Lemak Minyak Sawit yang Mengandung Senyawa Bioaktif Multi Komponen. Skripsi. Universitas Brawijaya Malang: Jawa Timur
- Bartnikowska E. 2009. Biological activities of phytosterols with particular attention to their effects on lipid metabolism. *Polish journal of Food and Nutritional Sciences*. Vol 59 No 2: Page 105-112
- Caligiani A, Bonzanini F, Palla G, Cirlini M, dan Bruni R. 2010. Characterization of a potential nutraceutical ingredient: pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil unsaponifiable fraction. *Plant Foods Hum Nutr*. Vol 65: Page 277–283. DOI: 10.1007/s11130-010-0173-5
- Carr TP, Ash MM, dan Brown AW. 2010. Cholesterol Lowering Phytosterols Factors Affecting Their Use and Efficacy. *Nutri Diet Supplement*. Vol 2: Page 59-72. DOI:10.2147/NDS.S10974
- Chen CW, dan Cheng HH. 2006. A rice bran oil diet increase LDL receptor and HMG-CoA reductase mRNA expressions and insulin sensitivity in rats with streptozotocin/nicotinamide induced type 2 diabetes. *Journal of Nutrition*. Vol 136 No 6: Page 1472-1476. DOI:10.1093/jn/136.6.1472
- Chen D, Huang P, Chiang C, Leu H, Chen J, dan Lin S. 2015. Phytosterol Increase Circulating Endothelial Progenitor Cells and Insulin-like Growth Factor-1 Levels in Patients with Nonalcoholic Fatty Liver Disease: A Randomized Crossover Study. *Journal of Functional Foods*. Vol 13: Page 148-157. DOI: 10.1016/j.jff.2014.12.025
- Clifton PM, Noakes M, Sullivan D, Erichen N, Ross D, Annison G, Fassoulakis A, Cehun M, dan Nestel P. 2004. Cholesterol Lowering Effect of Plant Sterol Ester Differ in Milk, Yogurt, Bread, and Cereals. *European Journal of Clinical Nutrition*. Vol 58: Page 503-509. DOI:10.1038/sj.ejcn.1601837
- Devaraj S, Jialal I, Rockwood J, dan Zak D. 2011. Effect of Orange Juice and Beverage with Phytosterols on Cytokines and PAI-1 Activity. *Clinical Nutrition*. Vol 30: Page 668-671. DOI: 10.1016/j.clnu.2011.03.009
- Elson CE, dan Qureshi AA. 1995. Coupling the cholesterol and tumor suppressive action of palm oil to the impact of its minor constituents on 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase activity. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*. Vol 52: Page 205-208. DOI: 10.1016/0952-3278(95)90024-1

- Estiasih T, Ahmadi K, Widyaningsih TD, Maligan JM, Mubarak AZ, Zubaidah E, Mukhlisiyyah, J, dan Puspitasari R. 2013. Bioactive Compounds of Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) from Several Palm Oil Refineries. *Journal of Food Science and Technology*. Vol 5 No 9: Page 1153-1159. DOI: 10.19026/ajfst.5.3074
- Estiasih T, Ahmadi K, Widyaningsih TD, Rhitmayanti E, Fidyasari A, Purnomo K, dan Wahyuni Y. 2014. The Effect of Unsaponifiable Fraction from Palm Fatty Acid Distillate on Lipid Profile of Hypercholesterolemia Rats. *Journal of Food and Nutrition Research*. Vol 2 No 12: Page 1029-1036. DOI: 10.12691/jfnr-2-12-26
- Farvin, K.H.S, Anandan, R., Kumar, S.H.S., Shiny, K.S., Mathew, S., Sankar, T.V., dan Nair, P.G.V. 2006. Cardio protective effect of squalene on lipid profile in isoprenaline induced myocardial infraction in rats. *J Med Food*. 9(4):531-536. DOI:10.1089/jmf.2006.9.531
- Farvin, K.H.S., Kumar, H.S., Anandan, R., Mathew, S., Sankar, T.V., dan Nair, P.G.V. 2007. Supplementation of Squalene Attenuates Experimentally Induced Myocardial Infraction in Rats. *Food Chemistry*. 105: 1390-1395. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.05.034
- Farvin, K.H.S., Surendraraj, A., dan Anandan, R. 2009. Synergistic Effect of Squalene and Simvastatin on Fecal Cholesterol Excretion in Rats. *Asian Journal of Clinical Nutrition*. 1:102-106. DOI: 10.3923/ajcn.2009.102.106
- Gapor, A.B. 2010. Production and Utilization of Palm Fatty Acid Distillate (PFAD). *Lipid Technology*. 22(1):11-13. DOI: 10.1002/lite.200900070
- Guillen, N., Acin, S., Navarro, M.A., Perona, J.S., Arbones-Mainar, J.M., Arnal, C., Sarria, A.J., Surra, J.C., Carnicer, R., Orman, I., Segovia, J.C., Ruiz-Gutierrez, V., dan Osada, J. 2008. Squalene in a Sex-dependent Manner Modulates Atherosclerosis Lesion which Correlates with Hepatic Fat Content in apoE-knockout Male Mice. *Atherosclerosis*. 197: 72-83. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2007.08.008
- Hayes, K., Pronczuk, A., dan Perlman, D. 2001. Vitamin E in Fortified Cow Milk Uniquely Enriches Human Plasma Lipoproteins. *Am J Clin Nutr*. 74(2): 211-218. DOI: 10.1093/ajcn/74.2.211
- Hoang, T.M.H., Nguyen, C.H., Le, T.T., Hoang, T.H.Q., Ngo, T.H.T., Hoang, T.L.A., dan Dang, D.H. 2016. Squalene Isolated from *Schizochytrium mangrovei* is a Peroxisome Proliferator-Activated Receptor- α Agonist That Regulates Lipid Metabolism in HepG2 Cells. *Biotechnol Lett*. 38. (7):1065-1071. DOI: 10.1007/s10529-016-2071-x
- Idris, C.A.C., Karupaiah, T., Sundram, K., Tan, Y.A., Balasundram, N., Leolou, S., Nasruddin, N.S., dan Sambanthamurthi, R. 2014. Oil palm phenolics and vitamin E reduce atherosclerosis in rabbits. *Journal of Functional Foods*. 7:541-550. DOI: 10.1016/j.jff.2014.01.002
- Jew, S., AbuMweis, S.S., dan Jones, P.J. 2009. Evolution of the human diet: linking our ancestral diet to modern functional foods as a means of chronic disease prevention. *J Med Food*. 12(5): 925-934. DOI: 10.1089/jmf.2008.0268
- Ketaren, S. 2005. *Minyak dan Lemak Pangan*. UI Press, Jakarta

- Khor, H.T., Chieng, D.Y., dan Ong K.K. 1995. Tocotrienols inhibit liver HMG-CoA reductase activity in the guinea pig. *Nutrition Research*. 15(4):537-544. DOI: 10.1016/0271-5317(95)00021-6
- Khor, HT, Rajendran, R, Gopalakrishnan, M. 1998. The role of unsaponifiable components in the lipidemic property of olive oil. *Mal J Nutr*. 4:73-80
- Leonard, SW, Good, CK, Gugger, ET, Traber, MG. 2004. Vitamin E Bioavailability from Fortified Breakfast Cereal is Greater than that from Encapsulated Supplement. *Am J Clin Nutr*. 79(1): 86-92. DOI: 10.1093/ajcn/79.1.86
- Loganathan, R, Selvaduray, KR, Radhakrishnan, A, Nesaretnam, K. 2009. Palm Oil: Rich in Health Promoting Phytonutrients. *Palm Oil Developments*. 50: 16-25
- Martinez, CS, Ribotta, PD, Anon, MC, Leon, AE. 2014. Effect of Amaranth Flour (*Amaranthus mantegazzianus*) on the Thechnological and Sensory Quality of Bread Wheat Pasta. *Food Sci Technol Int*. 20(2):127-135. DOI:10.1177/1082013213476072
- Minhajuddin, M, Bey, ZH, Iqbal, J. 2005. Hypolipidemia and antioxidant properties of tocotrienols rich fraction isolated from rice bran oil in experimentally induced hyperlipidemia rats. *Food & Chemical Toxicology*. 43: 747-753. DOI: 10.1016/j.fct.2005.01.015
- Mishra, BP, Badade, ZG, Lingidi, JL, Jaiswal, S, Anand, BK. 2014. Tocotrienols and its impact in cardiovascular health. *Int J Clin Trials*. 1(3):87-94. DOI: 10.2174/138161211796957418
- Most, MM, Tulley, R, Morales, S, Lefevre, M. 2005. Rice bran oil, not fiber, lowers cholesterols in humans. *Am J Clin Nutr*. 81:64-68. DOI: 10.1093/ajcn/81.1.64
- Mutalib, MSA, Khaza'ai, H, Wahle, KWJ. 2003. Palm tocotrienol rich fraction (TRF) is a more effective inhibitor of LDL oxidation and endothelial cell lipid peroxidation than α -tocopherol *in vitro*. *Food Research International*. 36(5):405-413. DOI:10.1016/S0963-9969(02)00173-4
- Nakamura, T, Takebe, K, Yamada, N, Arai, Y, Tando, Y, Terada, A, Ishii, M, Kikuchi, H, Machida, K, Imamura, K. 1994. Bile Acids Malabsorption as a Cause of Hypocholesterolemia Seen in Patients with Chronic Pancreatitis. *Int J Pancreatol*. 16(2-3): 165-169. DOI: 10.1007/bf02944327
- Nestel, P, Cehun, M, Pomeroy, S, Abbey, M, Weldon, G. 2001. Cholesterol-lowering Effect of Plantsterol Ester and Non-esterified Stanol in Margarine, Butter and Low-fat Foods. *Eur J Clin Nutr*. 55: 1084-1090. DOI: 10.1038/sj.ejcn.1601264
- Pali, V. 2013. Rice Bran Oil-Unique Gift of Nature: A Review. *Agri Review*. 34(4): 288-294. DOI: 10.5958/j.0976-0741.34.4.014
- Park, Y, Carr, TP. 2013. Unsaturated Fatty Acids and Phytosterols Regulate Cholesterol Transporter Genes in Caco-2 and HepG2 Cell Lines. *Nutrition Research*. 33: 154-161. DOI: 10.1016/j.nutres.2012.11.014

- Rhitmayanti, E. 2014. Efek Hipokolesterolemik Fraksi Tak Tersabunkan Distilat Asam Lemak Minyak Sawit Pada Tikus Wistas (*Rattus novergicus*) Hiperkolesterolemia. Tesis. Universitas Brawijaya Malang: Jawa Timur
- Rudzinska, M, Przybylski, R, Wasowicz, E. 2014. Degradation of Phytosterols During Storage of Enriched Margarines. *Food Chemistry*. 142: 294-298. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.07.041
- Scoggan, KA, Gruber, H, Chen, H, Plouffle, LJ, Levebvre JM, Wang, B, Bertinato, J, Abbe, MRL, Hayward, S, Ratnayake WMN. 2009. Increase Incorporation of Dietary Plant Sterols and Cholesterol Correlates with Decreased Expression of Hepatic and Intestinal Abcg5 and Abcg8 in Diabetic BB Rats. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 20: 177-186. DOI: 10.1016/j.jnutbio.2008.01.011
- Shin, DH, Heo, HJ, Lee, YJ, Kim, HK. 2004. Amaranth squalene reduces serum and liver lipid levels in rats fed a cholesterol diet. *British Journal of Biomedical Science*. 61(1):11-14. DOI: 10.1080/09674845.2004.11732639
- Stock, J. 2014. Focus on Lifestyle: EAS Consensus Panel Position Statement on Phytosterol-added Foods. *Atherosclerosis*. 234:142-145. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2014.01.047
- Tang, F, Lu, M, Zhang, S, Mei, M, Wang, T, Liu, P, Wang, H. 2014. Vitamin E Conditionally Inhibits Atherosclerosis in ApoE Knockout Mice by Anti-oxidation and Regulation of Vasculature Gene Expressions. *Lipids*. 49(12):1215-1223. DOI: 10.1007/s11745-014-3962-z
- WHO. 2014. Indonesia. www.who.int/nmh/countries/idn_en.pdf. Tanggal akses: 30/03/2016
- Wilson, TA, Ausman, LM, Lawton, CW, Hegsted, DM, Nicolosi, RS. 2000. Comparative cholesterol lowering properties of vegetable oils: beyond fatty acids. *J Am Coll Nutr*. 19(5):601-607. DOI: 10.1080/07315724.2000.10718957
- Yuen, KH, Wong, JW, Lim, AB, Ny, BH, Choy, WP. 2011. Effect of mixed tocotrienols in hypercholesterolemic subjects. *Fuctional Foods in Health and Disease*. 3:106-117
- Zhang, ZS, Hou, DM, He, W, Wang, JY. 2011. Effect of phytosterol on blood lipid in hyperlipidemia rats. (*J*) *Food Science*. 065.
- Zhao, ZD, Sun, Z. 2004. Research progress on natural resources and application of the bioactive substance squalene. *Chem Ind Fore Prod*. 24:107-112
- Zou, Y, Jiang, Y, Yang, T, Hu, P, Xu, X. 2012. Minor constituents of palm oil: characterization, processing, and application. Dalam Lai, O, Tan, C, Akoh, CC. *Palm Oil: Production, processing, characterization, and uses*. Elsevier Inc., AOCS press