

STUDI PENDAHULUAN KANDUNGAN VITAMIN E PADA VARIETAS KELAPA SAWIT PPKS

PRELIMINARY STUDY OF VITAMIN E CONTENT IN IOPRI'S OIL PALM VARIETIES

Retno Diah Setiowati, Frisda Rimbun Panjaitan, Sujadi, Mahmud Irfan Lubis¹, Ernayunita, dan Yurna Yenni

Abstrak Varietas kelapa sawit dengan kandungan vitamin E yang tinggi memberi nilai tambah karena kelebihanannya sebagai sumber bahan obat dan suplemen (*pharmaceutical* dan *neutraceutical*). Pemeriksaan kandungan vitamin E pada CPO dari delapan varietas kelapa sawit merupakan salah satu upaya untuk mendapatkan kandidat varietas yang memiliki vitamin E tinggi dengan tingkat produksi minyak yang optimal. Varietas yang digunakan adalah DxP PPKS 718, DxP PPKS 239, DxP PPKS 540, DxP Yangambi, DxP Lame, DxP Avros, DxP Simalungun, dan DxP Langkat yang keseluruhannya ditanam di *demonstration block* Kebun Adolina PTPN IV. Hasil penelitian menunjukkan rerata kandungan vitamin E dari 8 varietas berkisar antara 477,36 ppm hingga 582,78 ppm. Varietas DxP Yangambi memiliki rerata kandungan vitamin E yang tertinggi dibandingkan rerata varietas lainnya, sehingga dapat dikembangkan sebagai kandidat varietas dengan nilai tambah kandungan vitamin E tinggi. Pada varietas DxP PPKS 540, memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sumber ortet dengan karakter tinggi vitamin E karena memiliki rerata vitamin E mencapai 1.000 ppm, melebihi rerata semua varietas yang diuji.

Kata Kunci: tokotrienol, tokoferol, tokomonoenol, CPO, *farmaceutical*

Abstract An oil palm variety with high vitamin E has an added value because of its benefit as pharmaceutical and nutraceutical source. The measurement of the vitamin E content in CPO from eight varieties of oil palm is an effort to obtain high vitamin E varieties with the optimum oil yield. The varieties used in this experiment were DxP PPKS 718, DxP PPKS 239, DxP PPKS 540, DxP Yangambi, DxP Lame, DxP Avros, DxP Simalungun, and DxP Langkat, which were planted in a demonstration block, located at Kebun Adolina PTPN IV. The result showed that the average of the vitamin E from 8 varieties ranged from 477.36 ppm up to 582.78 ppm. The DxP Yangambi has the potency to be improved as the candidate of DxP variety with high vitamin E added value due to its highest vitamin E content. On the other hand, the DxP PPKS 540 is appropriate as candidate of ortets for high vitamin E clones regarding the vitamin E content; which is the highest over the whole samples

Keywords: tocotrienol, tocopherol, tocomonoenol, CPO, *farmaceutical*

PENDAHULUAN

Minyak sawit yang diekstrak dari mesokarp didominasi kelapa sawit kaya didominasi asam palmitat dan oleat (Lamaisri *et al.*, 2015) serta kaya akan fitonutrien seperti karoten, vitamin E, dan fenol (Mancini *et al.*, 2015), sedangkan minyak dari kernel terdiri atas asam laurat dan asam-asam lemak jenuh. Vitamin E merupakan salah satu jenis fitosterol yang ditemukan dalam minyak kelapa sawit, terutama dari CPO. Vitamin E pada CPO jumlahnya berkisar antara 600-1.000 ppm (Maarasyid *et al.*, 2014) dan didominasi oleh tokotrienol. Vitamin E terdiri atas kelompok molekul yang memiliki struktur yang mirip

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Retno Diah Setiowati(✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan 20158
Email: retno.iopri@gmail.com

¹PT. Perkebunan Nusantara IV Jl. Letjend Suprpto No.2 Medan-Indonesia

satu sama lain yaitu tokoferol dan tokotrienol. Secara kolektif, tokoferol dan tokotrienol disebut sebagai tokokromanol (Fritsche *et al.*, 2017).

Komponen vitamin E pada minyak sawit terdiri atas 78-82% α -, β -, γ -, tokotrienol dan sisanya, sebanyak 18-22% merupakan α -, β -, γ -, tokoferol (Raederstorff *et al.*, 2015). Vitamin E sebagai antioksidan berfungsi melindungi membran sel dari kerusakan akibat proses peroksidasi yang dipicu oleh radikal bebas (Goon *et al.*, 2017). Tokoferol di alam tersedia sebagai sumber makanan manusia dalam jumlah yang memadai (Ng dan Kushairi, 2018). Penelitian Shahidi dan Camargo (2016) mengungkapkan bahwa aktivitas antioksidan α -tokoferol efektif pada konsentrasi rendah. α -tokoferol pada konsentrasi di atas 700 ppm bersifat prooksidan, sedangkan pada α -tokotrienol sifat prooksidan ini tidak terdeteksi.

Kebutuhan akan vitamin E baik untuk pangan, suplemen, kosmetik, maupun pengobatan mendorong penelitian mengenai vitamin E yang lebih luas. Berbagai komponen yang terlibat dalam biosintesis vitamin E seperti gen *phytochrome* (Gramegna *et al.*, 2019) maupun enzim-enzim yang berperan dalam biosintesis tokotrienol (*homogentisic acid geranylgeranyl transferase*, HGGT) dan tokoferol (*homogentisate phytyl-transferase*, HPT) (Zeng *et al.*, 2020; Kong *et al.*, 2016). Berbagai upaya juga dilakukan untuk meningkatkan kandungan vitamin E melalui pemanfaatan peta genetik, marka molekuler, rekayasa dan kultur sel, serta *genome editing* (Mène-Saffrané, 2018; Park *et al.*, 2019; Srinivasan *et al.*, 2019; Zeng *et al.*, 2020).

Crude palm oil (CPO) mengandung tokotrienol yang paling besar dibanding minyak nabati lainnya. Selain dimanfaatkan sebagai antioksidan, tokotrienol juga memiliki kemampuan melindungi sel syaraf (*neuroprotective*), menjaga keseimbangan kolesterol dalam darah, anti stroke dan anti kanker (Serbinova *et al.*, 1991; Raederstorff *et al.*, 2015). Kelebihan lainnya adalah tokotrienol 40-60 kali lebih efektif dari tokoferol (Serbinova *et al.*, 1991) dan kemampuannya berinkorporasi dengan membran sel lebih cepat daripada tokoferol (Ali dan Woodman, 2015). Karakteristik ini menjadikan tokotrienol banyak diteliti potensinya sebagai agen dalam pengobatan berbagai penyakit degeneratif seperti demensia, stroke, kolesterol, dan kanker (Goon *et al.*, 2017).

Berkembangnya penelitian terkait potensi

tokotrienol untuk pengobatan dan terapi seperti diabetes, *nephroprotective*, *neuroprotective*, maupun anti kanker (Al-Waili *et al.*, 2017; Zainal *et al.*, 2019; Abu-Fayyad 2018) mendorong penelitian lain seputar tokotrienol pada kelapa sawit. Selain pemanfaatan tokotrienol, hal lain yang turut menjadi perhatian peneliti adalah metode untuk mengekstrak vitamin E (Mata *et al.*, 2017; Saini *et al.*, 2016, Phan Tai *et al.*, 2019) maupun teknik memisahkan setiap isomer vitamin E (Ng dan Kushairi, 2017; Ng dan Kushairi, 2018), serta upaya mendapatkan tanaman yang kaya akan vitamin E (Babura *et al.*, 2017; Kong *et al.*, 2016) maupun factor-faktor yang dapat mempengaruhi kandungan vitamin E pada tanaman seperti kekeringan dan suhu tinggi (Kumar *et al.*, 2018; Gramegna *et al.*, 2019).

Upaya mendapatkan tanaman dengan kandungan vitamin E tinggi telah dilakukan dengan berbagai pendekatan, baik konvensional maupun dengan aplikasi bioteknologi. Tidak hanya tanaman dengan vitamin E tinggi, melainkan lebih spesifik pada tokoferol atau tokotrienol yang tinggi. Penelitian Kushairi *et al.*, (2004) menyebutkan kandungan vitamin E mesokarp buah tenera lebih tinggi dari mesokarp buah dura. Seleksi tanaman kelapa sawit untuk karakter tinggi vitamin E dilakukan oleh MPOB mengarah pada populasi yang kandungan vitamin E total mencapai 2.496,57 ppm dan didukung oleh karakter tanaman yang pendek.

BAHAN DAN METODE

Sampel penelitian diambil dari Kebun Adolina, PTPN IV, Serdang Bedagai, Sumatera Utara, sedangkan pengukuran vitamin E dilakukan di Laboratorium Pengolahan Hasil dan Mutu (PAHAM), PPKS, Medan. Vitamin E diambil dari CPO yang diekstrak dari mesokarp buah kelapa sawit mengikuti prosedur Puah *et al.*, (2007) dan merujuk pada hasil penelitian Hasibuan dan Nuryanto (2015). Kandungan vitamin E diukur menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Penelitian dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas 8 varietas sebagai perlakuan dan 7 sampel pohon sebagai ulangan, dan setiap sampel menggunakan 3 tandan. Data penelitian selanjutnya dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (*analysis of variance*, ANOVA)

dan dilanjutkan dengan uji lanjut Fisher (*Fisher's least significant difference*, Fisher's LSD 5%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran vitamin E dari sampel CPO menunjukkan hasil yang bervariasi antar varietas baik untuk tokoferol, tokotrienol, dan total vitamin E. Tokotrienol dalam CPO berkisar antara 211,8 ppm hingga 896,3 ppm dan kandungan tokoferol antara 20,8 ppm hingga 238,5 ppm. Secara keseluruhan kandungan vitamin E total berada di rentang 278,4 ppm hingga 1.043,0 ppm. Hasil uji lanjut LSD untuk

kandungan tokoferol, tokotrienol, dan total vitamin E menunjukkan nilai rerata yang berbeda tidak nyata baik untuk kategori kandungan tokotrienol dan vitamin E total, namun berbeda nyata untuk kandungan tokoferol. Hal ini dapat dipahami karena tokotrienol mendominasi vitamin E pada kelapa sawit, sehingga kandungan tokotrienol berkaitan langsung dengan nilai total vitamin E. Di sisi lain, meskipun persinya sangat kecil, kandungan tokoferol ditemukan berbeda nyata pada Varietas DxP Yangambi, DyP SP1, DxP Avros, dan DxP Langkat. Tokoferol tertinggi ditemukan pada Varietas DxP Yangambi, sedangkan yang paling rendah pada Varietas DxP Simalungun.

Tabel 1. Kandungan tokotrienol, tokoferol, dan kandungan total vitamin E pada 8 varietas kelapa sawit
Table 1. The content of tocotrienol, tocopherol, and total vitamin E in 8 oil palm varieties

Varietas	Tokotrienol	Tokoferol	Total Vit E
DxP Yangambi	460,0 a	122,8 ab	582,8 a
DyP SP1	465,1 a	87,3 ab	552,4 a
DxP PPKS 718	435,7 a	134,0 a	569,7 a
DxP AVROS	476,0 a	95,8 ab	571,8 a
DxP LaMe	389,2 a	88,4 ab	477,4 a
DxP Langkat	499,5 a	100,5 ab	538,9 a
DxP PPKS 540	490,3 a	70,4 b	560,7 a
DxP Simalungun	493,7 a	68,8 b	562,5 a

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang berbeda tidak nyata berdasarkan uji lanjut LSD taraf 5%

Note: The value which is followed by the same letter in the same column indicates insignificant difference based on LSD test 5%

Selain itu, kandungan tokoferol, tokotrienol, dan total vitamin E juga menunjukkan pola yang khas pada setiap varietas. DxP Yangambi, misalnya memiliki variasi yang lebih kecil untuk ketiga variabel pengamatan. Pada Varietas DxP PPKS 540 terdapat potensi maksimal yang mencapai di atas 1000 ppm, bahkan nilai puncaknya adalah yang tertinggi dari semua varietas. (Gambar 1).

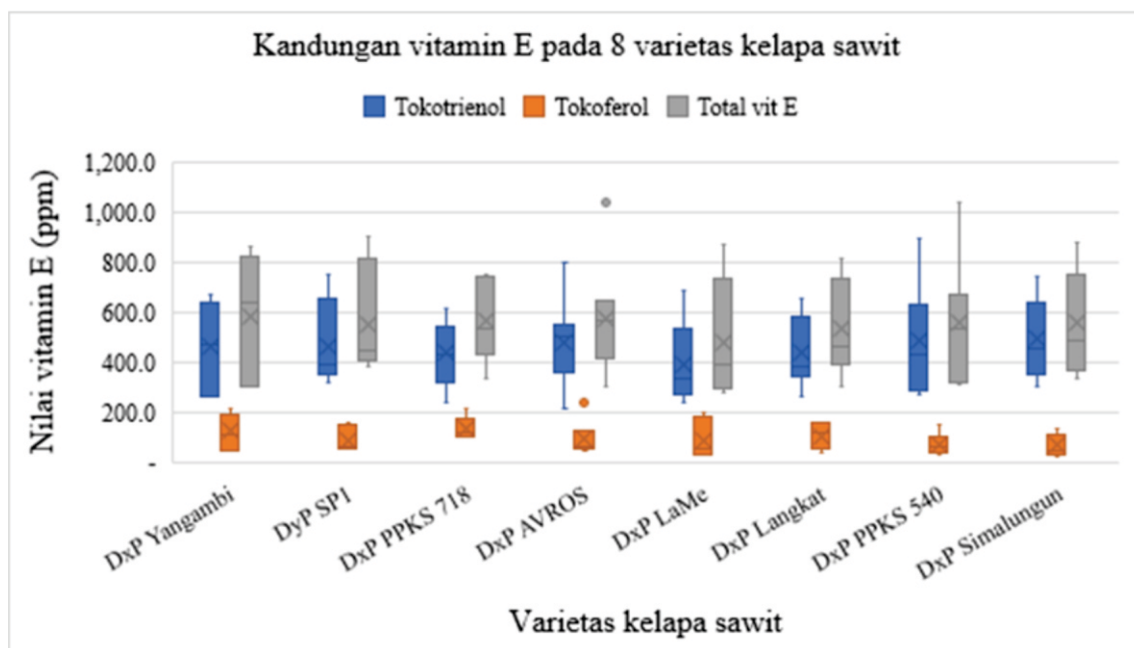
Gambar 1 menunjukkan bahwa tokotrienol mendominasi tokoferol pada setiap varietas. Rasio tokotrienol terhadap total vitamin E adalah 70-80%,

sebaliknya rasio tokoferol adalah 20-30% dari total vitamin E. Meskipun kandungan vitamin E total pada semua varietas berada di rentang 400-600 ppm, namun variasi di dalam DxP Yangambi relatif lebih kecil dari varietas lainnya. Berbeda dengan varietas lainnya, DxP PPKS 540 memiliki individu dengan kandungan vitamin E yang lebih dari 1.000 ppm.

Kandungan vitamin E pada sampel percobaan didominasi oleh tokotrienol di semua varietas dengan perbedaan yang cukup signifikan. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh

Mba *et al.*, (2015); Mata *et al.*, (2017) dan dikonfirmasi oleh Mozzon (2020) yang menyatakan proporsi tokotrienol terhadap tokoferol dalam CPO, sebesar 40-

60% γ -tokotrienol, diikuti α -tokotrienol 15-30%, dan δ -tokotrienol 5-10%, selebihnya adalah α -tokoferol dan tokomonoenol.



Gambar 1. Rataan kandungan vitamin E dan isomernya pada 8 populasi varietas kelapa sawit
Figure 1. The average of vitamin content and its E isomers in 8 oil palm varieties populations

Dominansi tokotrienol terhadap tokoferol pada CPO juga didukung oleh hasil penelitian Luo (2019) yang menyebutkan tokoferol pada *Elaeis guineensis* didominasi oleh α -tokoferol. Isomer lain dari tokoferol tidak ditemukan pada laporannya. Kandungan α -tokoferol berkisar 0-162,87 ppm, sedangkan α -tokotrienol berkisar 0-691,65 ppm. Tokotrienol ditemukan dalam beberapa isomer, sehingga total tokotrienol mencapai 167,7-1.203,32. Berbeda dengan tokoferol yang berasosiasi dengan klorofil dan terakumulasi di daun, tokotrienol cenderung terakumulasi di buah dan diduga terkait dengan perkembangan embrio (Siles *et al.*, 2018). Hal ini didukung oleh Kong *et al.*, (2016) yang membandingkan ekspresi gen HPT dan HGGT di kernel, daun, dan mesokarp buah kelapa sawit. Gen HPT diketahui terlibat dalam biosintesis tokoferol, sedangkan gen HGGT terlibat dalam biosintesis tokotrienol. Hasil penelitiannya menunjukkan di kernel buah *Elaeis oleifera* HGGT terekspresi 70 kali lipat lebih tinggi dari HPT, sebaliknya di daun *E. guineensis*

HPT terekspresi hampir 60 kali lipat lebih tinggi dari HGGT.

Terkait upaya mendapatkan varietas yang memiliki kandungan vitamin E tinggi, sejauh ini belum dapat disimpulkan varietas yang direkomendasikan sebagai bahan tanaman dengan kandungan vitamin E yang tinggi. Meskipun DxP Yangambi memiliki nilai rerata tertinggi, namun bila mengacu pada Kushairi *et al.*, (2004) yang menyebutkan kandungan vitamin E pada varietas komersial *E. guineensis* di dalam CPO berkisar 600-1.000 ppm, ataupun dibandingkan bahan tanaman tenera yang dimiliki MPOB dengan kandungan vitamin E sebesar 2.496,57 ppm, maka apa yang didapatkan dalam penelitian ini cenderung berada di bawah kisaran tersebut. Lebih jauh, Ng *et al.*, (2004), lebih spesifik menyebutkan bahwa pada CPO, vitami E yang paling banyak ditemukan adalah γ -tokotrienol. Di sisi lain, DxP Yangambi memiliki potensi untuk dieksplorasi lebih jauh untuk mendapatkan persilangan-persilangan spesifik yang memiliki

kandungan vitamin E lebih tinggi mengingat keragaman kandungan vitamin E total di dalam varietas relatif lebih kecil dari varietas lainnya.

DxP PPKS 540 memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai klon karena memiliki kandungan vitamin E yang paling tinggi dibandingkan semua varietas diuji (Gambar 1). Meskipun demikian, diperlukan pengambilan sampel yang lebih besar baik dari segi persilangan, jumlah sampel maupun jumlah ulangan. Kushairi *et al.*, (2004), menyebutkan bahwa kandungan vitamin E pada kelapa sawit sangat tergantung pada sumber aksesori dan plasma nutfah. Selain faktor genetik tanaman, ekspresi gen vitamin E pada tanaman juga dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan pada saat sintesis vitamin E terbentuk serta perbedaan tingkat kematangan buah yang mungkin terjadi saat panen. Dalam penelitiannya Georgiadou *et al.*, (2015) menyebutkan bahwa kandungan tokoferol dan γ tokotrienol dalam mesokarp buah zaitun meningkat hingga mencapai puncaknya pada minggu ke-22 setelah berbunga kemudian secara bertahap mengalami penurunan seiring meningkatnya kematangan buah. Pada penelitian ini, buah dipanen pada fraksi 1, yaitu tingkat kematangan wajar yang disyaratkan untuk buah dapat diterima pabrik. Dengan demikian, variasi kandungan vitamin E akibat perbedaan fraksi panen dapat diabaikan. Pada penelitian Georgiadou *et al.*, (2016) selanjutnya, yang mengamati perbedaan kandungan vitamin E selama 3 tahun periode panen, terkonfirmasi bahwa penurunan kandungan vitamin secara keseluruhan (tokol) juga terjadi akibat cekaman terhadap kekeringan. Berbeda dengan Georgiadou *et al.*, (2015), Mozzon *et al.*, (2018) justru mendapatkan pola yang berkebalikan. Kelapa sawit hibrida *E. oleifera* x *E. guineensis*, justru menunjukkan kenaikan kandungan tokol (toferol dan tokotrienol) seiring bertambah matangnya buah. Rangkuti *et al.*, (2018) menyebutkan kandungan tokol tertinggi diperoleh pada buah kelapa sawit yang dipanen pada fraksi 4 (lewat matang). Pembentukan tokoferol berkaitan dengan klorofil (Siles *et al.*, 2018), sehingga konsentrasinya pada buah cenderung menurun seiring kerusakan klorofil pada saat pematangan buah. Di sisi lain, kandungan vitamin E pada CPO didominasi oleh tokotrienol, sehingga tidak banyak dipengaruhi oleh degradasi klorofil akibat pematangan buah.

KESIMPULAN

Vitamin E pada varietas yang diuji didominasi oleh tokotrienol. Varietas DxP Yangambi potensial dikembangkan sebagai varietas komersial dengan nilai tambah kandungan vitamin E tinggi, sedangkan Varietas DxP PPKS 540 merupakan kandidat sumber ortet untuk bahan tanaman klon komersial dengan kandungan vitamin E yang tinggi. Untuk melihat stabilitas kandungan Vitamin E pada varietas yang diamati diperlukan penelitian lebih lanjut dengan persilangan dan jumlah sampel yang lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu-Fayyad, A., Kamal, M. M., Carroll, J. L., Dragoi, A. M., Cody, R., Cardelli, J., & Nazzal, S. 2018. Development and in-vitro characterization of nanoemulsions loaded with paclitaxel/ Γ -tocotrienol lipid conjugates. *International Journal of Pharmaceutics*, 536(1), 146-157.
- Al-Waili, N., Al-Waili, H., Al-Waili, T., & Salom, K. 2017. Natural antioxidants in the treatment and prevention of diabetic nephropathy; a potential approach that warrants clinical trials. *Redox Report*, 22(3), 99-118.
- Ali, S. F., & Woodman, O. L. 2015. Tocotrienol rich palm oil extract is more effective than pure tocotrienols at improving endothelium-dependent relaxation in the presence of oxidative stress. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2015.
- Babura, S. R., Abdullah, S. N. A., & Khaza, H. 2017. Advances in genetic improvement for tocotrienol production: A review. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 63(4), 215-221.
- Fritsche, S., Wang, X., & Jung, C., 2017. Recent advances in our understanding of tocopherol biosynthesis in plants: an overview of key genes, functions, and breeding of vitamin E improved crops. *Antioxidants*. 6, 99. DOI:10.3390/antioxidants6040099
- Georgiadou, E. C., Ntourou, T., Goulas, V., Manganaris, G. A., Kalaitzis, P., & Fotopoulos, V. 2015. Temporal analysis reveals a key role

- for VTE5 in vitamin E biosynthesis in olive fruit during on-tree development. *Frontiers in plant science*, 6, 871.
- Georgiadou, E. C., Goulas, V., Ntourou, T., Manganaris, G. A., Kalaitzis, P., & Fotopoulos, V. 2016. Regulation of on-tree vitamin E biosynthesis in olive fruit during successive growing years: the impact of fruit development and environmental cues. *Frontiers in plant science*, 7, 1656.
- Gramegna, G., Rosado, D., Carranza, A. S. P., Cruz, A. B., Simon-Moya, M., Llorente, B., Rodríguez-Concepción, M., Freschi, L., & Rossi, M. 2019. Phytochrome-Interacting Factor 3 mediates light-dependent induction of tocopherol biosynthesis during tomato fruit ripening. *Plant, Cell & Environment*, 42(4), 1328-1339.
- Goon, J. A., Nor-Azman N. H. E., Ghani A. S. M., Hamid A., & Ngah W. W. Z. 2017. Comparing palm oil tocotrienol rich fraction with α -tocopherol supplementation on oxidative stress in healthy older adults. *Clinical nutrition ESPEN* 25 04 - 4577. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clnesp.2017.07.004>
- Hasibuan, H.A., & E. Nuryanto. 2015. Pedoman penentuan potensi rendemen CPO dan kernel buah sawit di kebun dan PKS. *Buku Seri Populer 16. Penerbit Pusat Penelitian Kelapa Sawit*. Medan.
- Kong, S. L., Abdullah, S. N. A., Ho, C. L., & Amiruddin, M. D. 2016. Molecular cloning, gene expression profiling and in silico sequence analysis of vitamin E biosynthetic genes from the oil palm. *Plant gene*, 5, 100-108.
- Kumar, S., Sachdeva, S., Bhat, K. V., & Vats, S. (2018). Plant responses to drought stress: physiological, biochemical and molecular basis. *Biotic and abiotic stress tolerance in plants*, 1–25. DOI:10.1007/978-981-10-9029-5_1
- Irías-Mata, A., Stuetz, W., Sus, N., Hammann, S., Gralla, K., Cordero-Solano, A., Vetter, W., & Frank, J. 2017. Tocopherols, tocomonoenols, and tocotrienols in oils of Costa Rican palm fruits: a comparison between six varieties and chemical versus mechanical extraction. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(34), 7476-7482.
- Kushairi, A. Rajanaidu N., Sundram, K. & Maizura, I. 2004. High vitamin E breeding population. MPOB. TT. 222.
- Lamaisri, C., Punsuvon, V., Chanprame, S., Arunyanark, A., Srinives, P., & Liangsakul, P. (2015). Relationship between fatty acid composition and biodiesel quality for nine commercial palm oils. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 37(4).
- Luo, T., Xia, W., Gong, S., Mason, A. S., Li, Z., Liu, R., Dou, Y., Tang W., Fan., H., Zhang C., & Xiao, Y. 2019. Identifying vitamin E biosynthesis genes in *Elaeis guineensis* by Genome-wide association study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(2), 678-685.
- Maarasyid, C., Muhamad, I. I., & Supriyanto, E. 2014. Potential source and extraction of vitamin E from palm-based oils: A review. *Jurnal Teknologi*, 69(4)
- Mancini, A., Imperlini, E., Nigro, E., Montagnese, C., Daniele, A., Orrù, S., & Buono, P. 2015. Biological and nutritional properties of palm oil and palmitic acid: effects on health. *Molecules*, 20(9), 17339-17361.
- Mba, O. I., Dumont, M. J., & Ngadi, M. 2015. Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry—A review. *Food bioscience*, 10, 26-41.
- Mène-Saffrané, L. 2018. Vitamin E biosynthesis and its regulation in plants. *Antioxidants*, 7(1), 2.
- Mozzon, M., Foligni, R., & Tylewicz, U. 2018. Chemical characteristics and nutritional properties of hybrid palm oils. *Palm Oil*, 149.
- Mozzon, M., Foligni, R., & Mannozzi, C. 2020. Current Knowledge on Interspecific Hybrid Palm Oils as Food and Food Ingredient. *Foods*, 9(5), 631.
- Ng, M. H., Choo, Y. M., Ma, A. N., Chuah, C. H., & Hashim, M. A. (2004). Separation of vitamin E (tocopherol, tocotrienol, and tocomonoenol) in palm oil. *Lipids*, 39(10), 1031-1035.
- Ng, M. H., & Kushairi, A. (2017). The effect of pressure and solvent on the supercritical fluid chromatography separation of tocol analogs in

- palm oil. *Molecules*, 22(9), 1424.
- Ng M. H., Choo Y.M, Chuah, C. H., & Hashim M.A. 2018. Tocotrienols concentration using packed column supercritical fluid. *J Food Process Technol*. 9:2 DOI: 10.4172/2157-7110.1000718
- Ng, M. H., & Ahmad Kushairi, D. 2018. Comprehensive normal phase chromatographic determination of palm vitamin E (tocopherol, tocotrienols and tocomonoenol). *Vitamins Miner*, 7, 178.
- Park, C., Dwiyaniti, M. S., Nagano, A. J., Liu, B., Yamada, T., & Abe, J. 2019. Identification of quantitative trait loci for increased α -tocopherol biosynthesis in wild soybean using a high-density genetic map. *BMC Plant Biology*, 19(1), 1-15.
- Phan Tai, H., & Brunner, G. 2019. Extraction of oil and minor compounds from oil palm fruit with supercritical carbon dioxide. *Processes*, 7(2), 107.
- Puah, C.W., C.Y. May, A.N. Ma & C.H. Chuah. 2007. The effect of physical refining on palm vitamin E (tocopherols, tocotrienol and tocomonoenol). *American Journal of Applied Sciences*. 4(6): 274 – 277.
- Raederstorff, D., Wyss, A., Calder, P. C., Weber, P., & Eggersdorfer, M. 2015. Vitamin E function and requirements in relation to PUFA. *British Journal of Nutrition*, 114(8), 1113-1122.
- Rangkuti, I. U. P., Julianti, E., & Elisabeth, J. 2018. The tocol content of crude palm oil based on the level ripeness and their relationship to the quality and their stability. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 122, No. 1, p. 012081). IOP Publishing.
- Saini, R. K., & Keum, Y. S. 2016. Tocopherols and tocotrienols in plants and their products: A review on methods of extraction, chromatographic separation, and detection. *Food Research International*, 82, 59-70.
- Shahidi, F., & de Camargo, A. 2016. Tocopherols and tocotrienols in common and emerging dietary sources: Occurrence, applications, and health benefits. *International journal of molecular sciences*, 17(10), 1745
- Serbinova, E., Kagan, V., Han, D., & Packer, L. 1991. Free radical recycling and intramembrane mobility in the antioxidant properties of α -tocopherol and α -tocotrienol. *Free Radical Biology and Medicine*, 10(5), 263-275.
- Siles, L., Alegre, L., González-Solís, A., Cahoon, E. B., & Munné-Bosch, S. 2018. Transcriptional regulation of vitamin E biosynthesis during germination of dwarf fan palm seeds. *Plant and Cell Physiology*, 59(12), 2490-2501.
- Srinivasan, A., Vijayakumar, S., Raman, K., & Srivastava, S. 2019. Rational metabolic engineering for enhanced α -tocopherol production in *Helianthus annuus* cell culture. *Biochemical Engineering Journal*, 151, 107256.
- Zainal, Z., Abdul Rahim, A., Khaza'ai, H., & Chang, S. K. 2019. Effects of palm oil tocotrienol-rich fraction (TRF) and carotenes in ovalbumin (ova)-challenged asthmatic Brown Norway rats. *International journal of molecular sciences*, 20(7), 1764.

