

## KARAKTERISASI MINYAK SELAMA PEMATANGAN BUAH PADA TANAMAN KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq) VARIETAS DX P SIMALUNGUN

### CHARACTERIZATION OF OIL DURING FRUIT RIPENING OF OIL PALM (*Elaeis guineensis* Jacq) VARIETY D X P SIMALUNGUN

Sujadi, Hasrul A. Hasibuan, dan Meta Rivani

**Abstrak** Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji perubahan kadar minyak, kernel dan air pada buah, kadar minyak inti sawit pada kernel, dan kadar klorofil, karoten dan tokols (tokoferol & tokotrienol) pada minyak dari tanaman kelapa sawit D×P Simalungun selama pematangan buah 0 – 24 minggu setelah reseptik (MSR). Buah yang terbuahi pada 0 MSR mengandung air 81%, minyak 0,5% dan belum mengandung kernel. Kadar air terus menurun selama pematangan buah dan pada 20 – 24 MSR sebesar 27 – 36%. Kadar minyak terus meningkat selama pematangan buah dan meningkat cepat setelah 17 MSR, kadar minyak maksimum (51,6%) diperoleh pada 22 MSR, yang merupakan waktu optimum untuk pemanenan buah. Kernel belum terbentuk hingga 4 MSR dan mulai terbentuk pada 5 MSR (0,1%), peningkatan terjadi pada 14 – 24 MSR sebesar 4 – 5%. Perubahan asam lemak ditunjukkan dengan total asam lemak tidak jenuh (*polyunsaturated*) menurun, ketika total asam lemak jenuh meningkat. Perubahan asam lemak utama adalah asam palmitat (C16:0), linoleat (C18:2), oleat (C18:1), linolenat (C18:3) dan stearat (C18:0). Perubahan asam lemak juga menyebabkan bilangan iodin berubah. Karoten telah terbentuk pada 0 MSR

(73 ppm) kemudian terus meningkat hingga 12 MSR mencapai 1.301 ppm dan menurun selama pematangan buah 20 – 24 MSR (703 – 598 ppm). Kadar tokols terus meningkat dan peningkatan drastis terjadi pada 20 MSR (700,3 ppm dari 353 ppm pada 19 MSR). Kadar klorofil meningkat pada 0 – 16 MSR (1,7 – 20,9 ppm), kemudian menurun pada 22 – 24 MSR (1,1 – 2,1 ppm). Kadar minyak inti sawit pada kernel pada 7 MSR sebesar 56,2% dan meningkat hingga 15 MSR (56,2 – 68,7%) namun menurun pada 20 – 24 MSR (54,0-59,9%).

**Kata Kunci** : minyak sawit, kernel, komponen minor, buah sawit, kelapa sawit

**Abstract** This research was conducted to study the changing levels of oil, kernel and water on the palm fruits, palm kernel oil content on the kernel, and chlorophyll, carotene and tocals (tocopherols & tocotrienols) content on oil from oil palm plants D × P Simalungun during ripening fruits for 0 to 24 weeks after reseptic (WAR). Fruits fertilized at 0 WAR containing 81% water, 0.5% oil and not containing the kernel. Water levels declined during ripening of fruits and at 20 – 24 WAR by 27 – 36%. Levels of oil rised during ripening fruits and increased rapidly after 17 WAR, maximum oil content (51.6%) was obtained at 22 WAR, which was the optimum time for harvesting the fruits. Kernel had not formed until 4 WAR and formed in 5 WAR (0.1%), the increase occurred in the 14 – 24 WAR by 4 – 5%. Changes in fatty acid shown by the total unsaturated fatty acids (*polyunsaturated*) decreased, while total saturated fatty acids increased. Changes in

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

Sujadi (✉)  
Pusat Penelitian Kelapa Sawit  
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan, Indonesia  
email : su74di@gmail.com

the main fatty acids were palmitic (C16:0), linoleic (C18:2), oleic (C18:1), linolenic acid (C18:3) and stearic (C18:0). Changes in fatty acids also cause changed of iodine value. Carotene had been established at 0 WAR (73 ppm) and then continue rised to 12 MSR reach 1,301 ppm and decreased during fruit ripening at 20 – 24 WAR (703 – 598 ppm). Tocols levels continue rised and a drastic improvement occurred at 20 WAR (700.3 ppm from 353 ppm at 19 WAR). Chlorophyll content increased at 0 – 16 WAR (1.7 to 20.9 ppm), and then decreased at 22 – 24 WAR (1.1 to 2.1 ppm). Palm kernel oil content in the kernel at 7 WAR amounted to 56.2% and increased to 15 WAR (56.2 to 68.7%) but decreased at 20 – 24 WAR (54.0 to 59.9%).

**Keywords :** palm oil, kernel, minor components, palm fruits, oil palm

## PENDAHULUAN

Tanaman kelapa sawit jenis *Elaeis guineensis* Jacq. berasal dari Afrika Barat dan merupakan tanaman monokotil yang memiliki keunggulan genetik dengan produktivitas tinggi dan beradaptasi luas di Asia (Rey *et al.* dalam Prada *et al.*, 2011; Ngando-Ebongue *et al.*, 2011; Moretson *et al.* dan Zeb dan Mehmood dalam Faizah *et al.*, 2016). Persilangan antara Dura × Pisifera dikenal sebagai Tenera yang merupakan varietas unggul yang ditanam di perkebunan kelapa sawit di seluruh dunia karena menghasilkan buah relatif lebih banyak. Buah terdiri atas 3 bagian meliputi eksokarp atau kulit, mesokarp mengandung *crude palm oil*, dan endokarp atau cangkang yang mengandung kernel yang dapat menghasilkan *palm kernel oil* dengan karakteristik yang menyerupai minyak kelapa (Prada *et al.*, 2011; Montoya *et al.*, 2013).

Buah sawit terbentuk setelah bunga betina diserbuki oleh serbuk sari dari bunga jantan yang disebut sebagai polinasi. Buah sawit yang terbentuk akan berkembang dalam ukuran dan berat dari reseptik hingga 100 hari atau lebih setelah reseptik (Manhmad *et al.*, 2011). Kematangan buah sawit merupakan proses biologi yang kompleks dimulai terbentuknya buah, perbesaran buah (perkembangan daging buah/mesokarp dan pembentukan kernel) dan sintesis minyak pada kernel dan mesokarp (Razali *et al.*, 2012). Sintesis minyak pada mesokarp akan diikuti oleh terbentuknya klorofil, karoten dan tokoferol &

tokotrienol (Tranbarger *et al.*, 2011; Arifin 2010). Hazir *et al.*, (2012) juga menambahkan bahwa flavonoid dan antosianin juga terbentuk dan kadarnya menurun selama pematangan buah dari buah mentah, mengkal hingga matang. Kematangan buah diketahui dengan perubahan warna dari hitam menjadi *orange* kemerahan (*Nigrescens*) atau hijau menjadi kuning jingga (*Virescens*) (Keshvadi *et al.*, 2011; Razali *et al.*, 2012). Kematangan buah juga diindikasikan dengan terlepasnya buah dari tandan secara alamiah. Buah mulai terlepas dari tandan ketika minyak telah optimum tersintesis yaitu pada buah yang telah berumur 20 – 22 minggu setelah reseptik (Arifin, 2010; Razali *et al.*, 2012).

Lemak pada tanaman mengandung komponen utama berupa asam lemak-asam lemak yang tersintesis secara alami (Bhore and Shah, 2012). Sintesis minyak pada tanaman terjadi dimulai dengan karboksilasi asetil-KoA kemudian reaksi kondensasi dikatalisis oleh enzyme KAS (*beta-ketoacyl-ACP synthase*) tipe I, II dan III yang diikuti perpanjangan rantai karbon C4:0 (asam butirat) sampai C18:0 (asam stearat). Setelah itu, enzim desaturase menghasilkan ikatan karbon tidak jenuh yang membentuk asam lemak seperti C18:1 (asam oleat), C18:3 (asam linoleat) dan C18:3 (asam linolenat). Secara simultan terjadi pemanjangan yang dikatalisis oleh kompleks *fatty acid elongase* (FAE) dalam *endoplasmic reticulum* (ER) dan akhirnya asam lemak diinkorporasi menjadi molekul trigliserida melalui *Kennedy pathway* (Montoya *et al.*, 2013).

Beberapa peneliti telah melaporkan proses akumulasi lemak dalam mesokarp pada *E. guineensis* tipe Dura, Pisifera dan Tenera (Bafor and Osagie, 1986; George and Arumughan, 1991). Prada *et al.* (2011) melakukan karakterisasi komposisi kimia dari minyak pada tiga persilangan Tenera *E. guineensis* meliputi Deli × La Me, Deli × Ekona dan Deli × Avros yang tumbuh di Kolombia. Keshvadi *et al.* (2012) menentukan viskositas minyak yang dihasilkan dari buah sawit selama pematangan buah. Teh *et al.* (2013) menyatakan bahwa berbedanya varietas menunjukkan perbedaan komposisi kimia (kadar gula, lemak, dan air) pada buah sawit.

Laporan pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ada perubahan dan perbedaan kandungan asam lemak dan trigliserida serta

komponen minor berupa karotenoid dan tokols selama pembentukan minyak dalam mesokarp selama pematangan buah. Di sisi lain, kadar asam lemak dan trigliserida dalam mesokarp dapat berubah selama proses pematangan baik dalam kualitas dan kuantitas pada kondisi iklim seperti daerah tropis (Prada *et al.* 2011). Perbedaan musim juga dapat mempengaruhi komposisi asam lemak pada minyak yang dikandung

mesokarp selama proses pematangan buah (Manhmad *et al.*, 2011). Arifin (2010) dan Arifin *et al.* (2014) juga menambahkan bahwa sintesis minyak dalam buah mulai dari 0 – 16 minggu setelah reseptik tidak dipengaruhi oleh iklim meliputi curah hujan dan temperatur udara sementara setelah 17 minggu sangat dipengaruhi oleh iklim seperti yang disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Proses pembentukan minyak pada buah sawit (Sumber: Arifin (2010) dan Arifin(2014))

Adanya perubahan fisika dan kimia dalam pembentukan lemak meliputi komposisi asam lemak, trigliserida, karotenoid dan tokols maka dapat diatur waktu pemanenan yang optimum. Sebagai tambahan, data-data tersebut dapat digunakan untuk pengembangan bahan tanaman yang mengandung kadar minyak tertinggi dengan komposisi asam lemak termodifikasi dan konsentrasi tokols dan karotenoids tinggi (Gonzalez *et al.*, 2013). Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengkarakterisasi buah sawit selama pematangan buah meliputi kadar minyak, air dan kernel pada buah, kadar minyak pada mesokarp dan kernel, dan kadar klorofil, karoten dan tokoferol & tokotrienol (tokols) dalam minyak pada tanaman kelapa sawit D×P Simalungun, yang dapat berguna untuk optimalisasi waktu pemanenan.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan adalah buah dari tandan buah sawit mulai dari 0 sampai 24 minggu setelah reseptik dari tanaman D×P Simalungun berumur 6 tahun yang ditanam di Kebun Adolina, Perbaungan, Sumatera Utara, Indonesia. Bahan kimia yang digunakan adalah n-heksan, natrium hidroksida,

tifluorobromida, natrium klorida, metanol dan aseton pro analyst yang diperoleh dari supplier lokal E. Merck.

### Metode

#### Pengamatan fenologi buah setelah reseptik

Sebanyak 3 pohon kelapa sawit sebagai pohon sampel digunakan untuk uji penentuan umur buah yang telah terbuahi. Pohon sampel ini adalah pohon yang juga digunakan untuk pengamatan fenologi kemunculan bunga dan diamati perkembangannya setiap 10 hari sekali. Bunga betina dari setiap pohon diamati pada saat mulai terbuahi, dan apabila bunga betina telah terbuahi pada minggu tertentu dinyatakan/ditandai sebagai 0 minggu dan diberikan kode tanggal reseptik. Bunga yang muncul setelah buah yang telah jadi diamati hingga diperoleh sampel buah 0 hingga 24 minggu setelah reseptik.

#### Pengambilan dan karakterisasi sampel buah

Sampel tandan buah sawit mulai dari 0 hingga 24 minggu setelah reseptik masing-masing diperoleh dari 3 pohon (sebagai 3 kali ulangan). *Sub sampling* dilakukan dengan mengambil buah dari 10 spikelet (umur buah 0 – 8 minggu setelah reseptik) dan 3 spikelet (umur buah 9 –

24 minggu setelah reseptik) dari bagian tengah tandan. Buah dipisahkan dari spikelet kemudian mesokarp dan biji dipisahkan dengan cara diiris. Mesokarp dan biji dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105 °C selama 24 jam. Biji dipecah untuk memisahkan antara cangkang dan kernel. Mesokarp dan kernel dihaluskan dan minyaknya diekstraksi menggunakan alat soxhlet dengan pelarut heksan. Parameter komponen buah sawit ditentukan meliputi kadar minyak pada mesokarp kering dan inti kering, kadar air, minyak dan kernel pada buah menggunakan prosedur Hasibuan dan Nuryanto (2015).

Minyak dari mesokarp dikarakterisasi meliputi komposisi asam lemak, bilangan iodin, kadar klorofil, karoten dan tokols (tokoferol & tokotrienol). Komposisi asam lemak ditentukan menggunakan metode standar AOCS *Official Method Ce 1b-89* (AOCS, 1998), bilangan iodin menggunakan metode standar AOCS *Official Method Cd 1 – 25* (AOCS, 1998), kadar klorofil mengadopsi prosedur Otitoju and Onwurah (2010), karoten menggunakan metode standar MPOB *Test Method p.2.6. part 2* (MPOB, 2004) dan tokols (tokoferol & tokotrienol) menggunakan peralatan *high performance liquid chromatography* (HPLC) dengan mengadopsi prosedur Puah *et al.* (2007).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2 menunjukkan perkembangan buah sawit mulai dari 0 – 10 dan 14 – 20 minggu setelah reseptik (MSR). Perkembangan buah menyebabkan

perubahan ukuran dan warna bagian luar buah (eksokarp), pengembangan daging buah (mesokarp), perubahan warna mesokarp dan pembentukan cangkang dan kernel serta perbesaran cangkang dan kernel (endokarp). Perubahan warna pada kulit luar buah disebabkan oleh kadar antosianin dan flavonoid yang berubah dari minggu ke minggu setelah reseptik. Hazir *et al.* (2012) juga telah melaporkan bahwa kadar antosianin dan flavonoid pada buah mentah cenderung lebih tinggi dibandingkan buah matang dan lewat matang. Selain itu, selama pematangan buah terjadi sintesis minyak yang diikuti oleh terbentuknya karoten yang menyebabkan warna kulit buah berubah menjadi kemerahan. Sintesis minyak dan pembentukan karoten dalam buah pada Gambar 1 diilustrasikan seperti yang ditunjukkan oleh Arifin (2010) dan Arifin *et al.* (2014) pada Gambar 1.

Tabel 1 menunjukkan kadar air, minyak dan kernel pada buah selama 0 – 24 MSR. Kadar air pada buah cenderung menurun selama pematangan buah. Buah muda berumur 0 – 10 MSR mengandung air sebesar 70 – 89% kemudian menurun pada 11 – 16 MSR menjadi 57 – 75% dan 20 – 24 MSR sebesar 27 – 36%. Prada *et al.* (2011) melaporkan bahwa kadar air pada mesokarp pada Deli x Lame, Deli x Ekona dan Deli x Avros selama 12, 14, 16, 18, 20,22 dan 24 MSR masing-masing adalah (71,9 – 75,9)%, (72,5 – 76,5)%, (73,4 – 77,4)%, (59,6 – 63,6)%, (42,6 – 46,6)%, (25,7 – 29,7)%, (26,6 – 30,6)%, (75,1 – 79,1)%, (69,1 – 73,1)%, (75,2 – 79,2)%, (58,0 – 62,0)%, (41,7 – 45,7)%, (31,4 – 35,4)%, (23,3 – 27,3)% dan na (*no*



**Gambar 2.** Buah sawit dari 0 – 10MSR (A) dan 14 – 20 MSR (B) : penampakan ukuran dan warna buah (kiri), dan penampakan mesokarp dan kernel pada buah (kanan)



detection), (78,8 – 82,8)%, (71,7 – 75,7)%, (70,9 – 74,9)%, (55,1 – 59,1)%, (37,4 – 41,4)%, (32,3 – 36,3)%.

Kadar minyak pada buah cenderung meningkat selama pematangan buah. Buah berumur 0 – 10 MSR mengandung kadar minyak sebesar 0,5 – 7,5% kemudian meningkat menjadi 8,6 – 17,5% pada 11 – 17 MSR. Peningkatan yang signifikan terjadi setelah 18 MSR yaitu 29,2% dan terus meningkat hingga 51,6 – 52,1% pada 22 – 24 MSR. Dengan demikian, umur buah yang layak untuk dipanen adalah 22 MSR. Corley and Tinker (2003) telah melaporkan bahwa pada buah berumur 8 – 12 minggu dari polinasi, jumlah lemak

yang terbentuk sangat rendah kemudian terbentuk cepat hingga 20 – 24 minggu. Bafor and Osagie (1986) melaporkan bahwa minyak yang maksimum dikandung buah saat berumur 22 MSR. Akumulasi lemak terjadi dari minggu 18 – 22 setelah reseptik. Sebagai tambahan, Prada *et al.* (2011) melaporkan bahwa pada umur 12, 14, 16, 18, 20, 22 dan 24 MSR kadar lemak pada mesokarp Deli x Lama, Deli x Ekona dan Deli x Avros masing-masing adalah (6,0 – 6,4)%, (7,2 – 7,6)%, (5,7 – 6,1)%, (18,3 – 22,3)%, (34,3 – 38,3)%, (52,7 – 56,7)%, (47,3 – 51,3)%; (5,1 – 5,5)%, (8,9 – 9,3)%, (4,1 – 4,5)%, (15,6 – 19,6)%, (35,0 – 39,0)%, (47,5 – 51,5)%, (45,1 – 49,1)% dan na (*no detection*), (1,0 – 1,4)%, (1,0 – 1,4)%, (9,6 – 10)%,

**Tabel 1.** Komponen buah selama 0 – 24 MSR

**Table 1.** Fruit component during 0 – 24 WAR

Minggu	Kadar Air pada buah (%)	Kadar minyak pada buah (%)	Kadar kernel pada buah (%)
0	79,2 – 83,2	0,3 – 0,7	0
1	87,3 – 91,3	0,5 – 0,9	0
2	79,9 – 83,9	0,7 – 1,1	0
3	81,8 – 85,8	1,0 – 1,4	0
4	74,3 – 78,3	1,5 – 1,9	0
5	69,5 – 73,5	2,0 – 2,4	0,1 – 0,4
6	77,6 – 81,6	2,3 – 2,7	1,0 – 1,4
7	79,3 – 83,3	2,6 – 3,0	2,0 – 2,4
8	62,9 – 66,9	4,0 – 4,4	2,1 – 2,5
9	70,0 – 74,0	7,0 – 7,4	2,2 – 2,6
10	68,3 – 72,3	7,3 – 7,7	2,5 ± 0,5
11	73,4 – 77,4	8,4 – 8,8	3,5 – 3,9
12	66,4 – 70,4	9,8 – 10,2	3,1 – 3,5
13	71,4 – 75,4	11,9 – 12,3	3,6 – 4,0
14	65,3 – 69,3	14,0 – 14,4	4,4 – 4,8
15	61,1 – 65,1	13,7 – 14,1	4,5 – 4,9
16	55,2 – 59,2	15,4 – 15,8	4,9 – 5,3
17	43,6 – 47,6	17,3 – 17,7	4,4 – 4,8
18	40,1 – 44,1	29,0 – 29,4	3,8 – 4,2
19	36,4 – 40,4	38,5 – 38,9	4,1 – 4,5
20	34,1 – 38,1	48,7 – 49,1	3,9 – 4,3
21	32,2 – 36,2	50,0 – 50,4	4,2 – 4,6
22	31,5 – 35,5	51,2 – 51,6	4,1 – 4,5
23	26,9 – 30,9	51,5 – 51,9	4,2 – 4,6
24	25,3 – 29,3	51,9 – 52,3	4,1 – 4,5

(24,2 – 28,2)%, (40,8 – 44,8)%, (46,4 – 50,4)%. Cadena *et al.* (2012) juga melaporkan bahwa kadar minyak pada buah matang dari Deli x LaMe, Deli x Avros, Deli x Nigeria, Deli x Ghana, Deli x Yangambi, Deli x Avros Dumpy yang layak panen masing-masing adalah (51,8 – 55,8)%, (53,5 – 58,5)%, (51,2 – 55,2)%, (52,8 – 56,8)%, dan (56,3 – 60,3)%. Dari penelitian ini dan sebelumnya diperoleh bahwa setiap varietas D x P mengandung kadar minyak pada buah bervariasi. Teh

*et al.* (2013) juga melaporkan bahwa buah sawit dari populasi yang berbeda produktivitasnya memiliki kadar lemak pada mesokarp yang berbeda. Populasi yang berproduktivitas tinggi memiliki kadar lemak lebih tinggi 55% (52 – 61%) dibandingkan produktivitas rendah sebaliknya 46% (37 – 55%) untuk kadar air.

Tabel 1 juga menunjukkan bahwa buah pada 0 – 3 MSR belum mengandung biji hal ini juga tampak pada Gambar 2, namun dengan meningkatnya umur dan

**Tabel 2.** Komposisi asam lemak pada minyak dari mesokarp selama 0 – 24 MSR

**Table 2.** Fatty acid composition on oil from mesocarp before 0 – 24 WAR

Minggu	Komposisi Asam Lemak (%)									
	C12:0	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:1
0	0,9 – 1,3	0,7 – 1,1	30,4 – 34,4	0,3 – 0,7	3,6 – 4,0	12,9 – 16,9	36,9 – 40,9	6,2 – 6,6	0,5 – 0,9	0,2 – 0,6
1	1,0 – 1,4	1,1 – 1,5	34,2 – 38,2	0,2 – 0,6	3,8 – 4,2	18,8 – 22,8	28,2 – 32,2	4,8 – 5,2	0,3 – 0,7	0,1 – 0,5
2	1,4 – 1,8	1,3 – 1,7	31,0 – 35,0	0,3 – 0,7	4,3 – 4,7	23,6 – 27,6	26,9 – 30,9	3,4 – 3,8	0,3 – 0,7	0,0 – 0,4
3	0,5 – 0,9	1,0 – 1,4	30,9 – 34,9	0,2 – 0,6	4,0 – 4,4	19,0 – 23,0	30,9 – 34,9	6,3 – 6,7	0,3 – 0,7	0,0 – 0,4
4	0,6 – 1,0	1,0 – 1,4	33,2 – 37,2	0,1 – 0,5	3,6 – 4,0	17,7 – 21,7	30,5 – 34,5	5,6 – 6,0	0,2 – 0,6	0,0 – 0,4
5	0,3 – 0,7	0,4 – 0,8	33,9 – 37,9	0,1 – 0,5	4,7 – 5,1	17,9 – 21,9	30,6 – 34,6	4,9 – 5,3	0,2 – 0,6	0,0 – 0,4
6	0,6 – 1,0	1,2 – 1,6	34,9 – 38,9	0,3 – 0,7	5,0 – 5,4	23,6 – 27,6	20,6 – 24,6	5,2 – 5,6	0,4 – 0,8	0,2 – 0,6
7	1,7 – 2,1	1,5 – 1,9	29,2 – 33,3	0,3 – 0,7	4,3 – 4,7	19,2 – 23,2	28,0 – 32,0	8,7 – 9,1	0,4 – 0,8	0,2 – 0,6
8	0,5 – 0,9	0,9 – 1,4	34,5 – 38,5	0,7 – 1,1	3,5 – 3,9	21,3 – 25,3	23,1 – 27,1	6,0 – 6,4	0,5 – 0,9	1,0 – 1,4
9	1,1 – 1,5	1,5 – 1,9	28,9 – 32,9	0,3 – 0,7	5,6 – 6,0	26,7 – 30,7	18,5 – 22,5	8,1 – 8,5	0,5 – 0,9	0,7 – 1,1
10	1,1 – 1,5	1,3 – 1,7	24,2 – 28,2	0,3 – 0,7	4,8 – 5,2	21,8 – 25,8	28,1 – 32,1	11,6 – 12,0	0,6 – 1,0	0,0 – 0,4
11	0,3 – 0,7	0,9 – 1,3	30,3 – 34,3	0,4 – 0,8	4,4 – 4,8	22,7 – 25,7	22,5 – 26,5	7,8 – 8,2	0,3 – 0,7	0,1 – 0,5
12	0,4 – 0,8	0,8 – 1,2	34,2 – 38,2	0,4 – 0,8	3,8 – 4,2	21,6 – 25,6	21,2 – 25,2	8,2 – 8,6	0,2 – 0,6	0,2 – 0,6
13	0,3 – 0,7	0,8 – 1,2	30,6 – 34,6	0,6 – 1,0	3,8 – 4,2	28,7 – 32,7	23,6 – 27,6	6,3 – 6,7	0,5 – 0,9	0,0 – 0,4
14	0,2 – 0,6	0,4 – 0,8	37,3 – 41,3	0,1 – 0,5	4,1 – 4,5	30,5 – 34,5	15,6 – 19,6	3,2 – 3,6	0,3 – 0,7	0,4 – 0,8
15	0,0 – 0,4	0,2 – 0,6	37,2 – 41,2	0,9 – 1,3	10,6 – 11,0	31,0 – 35,0	11,1 – 15,1	0,9 – 1,3	0,2 – 0,6	0,4 – 0,8
16	0,1 – 0,5	0,5 – 0,9	43,2 – 47,2	0,0 – 0,4	4,1 – 4,5	32,3 – 36,3	11,5 – 15,5	0,7 – 1,1	0,2 – 0,6	0,0 – 0,4
17	0,0 – 0,4	0,7 – 1,1	40,9 – 44,9	0,0 – 0,4	4,2 – 4,6	36,1 – 40,1	10,6 – 14,6	0,3 – 0,7	0,1 – 0,5	0,0 – 0,4
18	0,0 – 0,4	0,6 – 1,0	41,4 – 45,4	0,0 – 0,4	4,1 – 4,5	34,7 – 38,7	11,7 – 15,7	0,3 – 0,7	0,2 – 0,6	0,0 – 0,4
19	0,0 – 0,4	0,7 – 1,1	39,9 – 43,9	0,0 – 0,4	4,1 – 4,5	36,3 – 40,3	11,3 – 15,3	0,2 – 0,6	0,3 – 0,7	0,0 – 0,4
20	0,0 – 0,4	0,9 – 1,3	39,1 – 43,1	0,0 – 0,4	6,0 – 6,4	35,9 – 39,9	10,8 – 14,8	0,2 – 0,6	0,3 – 0,7	0,0 – 0,4
21	0,0 – 0,4	0,8 – 1,2	40,3 – 44,3	0,0 – 0,4	5,5 – 5,9	36,2 – 40,2	10,4 – 14,4	0,1 – 0,5	0,3 – 0,7	0,0 – 0,4
22	0,0 – 0,4	1,0 – 1,4	41,2 – 45,2	0,0 – 0,4	5,3 – 5,7	36,0 – 40,0	9,3 – 13,3	0,2 – 0,6	0,3 – 0,7	0,0 – 0,4
23	0,0 – 0,4	1,1 – 1,5	42,9 – 46,9	0,0 – 0,4	5,2 – 5,6	35,7 – 39,7	7,7 – 11,7	0,1 – 0,5	0,3 – 0,7	0,0 – 0,4
24	0,4 – 0,8	1,3 – 1,7	39,5 – 43,5	0,2 – 0,6	5,2 – 5,6	36,4 – 40,4	8,7 – 12,7	0,4 – 0,8	0,3 – 0,7	0,0 – 0,4

pengembangan buah, biji mulai terbentuk setelah 4 MSR namun kernelnya masih mengandung air. Setelah 5 MSR, kernel mulai terbentuk dengan kadar sebesar 0,1%. Peningkatan kadar kernel terus terjadi dari 6 – 14 MSR sebesar 1,2 menjadi 4,6% dan setelah 15 – 24 MSR cenderung tidak mengalami peningkatan yaitu berkisar antara 4,0 – 5,1%.

Tabel 2 menunjukkan komposisi asam lemak pada minyak yang dikandung buah sawit selama pematangan buah 0 – 24 MSR. Pada buah muda, asam lemak utama yang dikandung minyak dari mesokarp buah sawit adalah asam palmitat (C16:0), linoleat (C18:2), oleat (C18:1), linolenat (C18:3) dan stearat (C18:0) sementara pada buah yang mulai matang asam linolenat mulai menurun. Semakin meningkatnya waktu reseptik kadar asam palmitat dan oleat semakin meningkat sedangkan asam laurat, linoleat dan linolenat semakin menurun. Penurunan asam linoleat dan asam linolenat atau *polyunsaturated fatty acid* menyebabkan peningkatan asam oleat dan palmitat. Sementara itu, asam lemak lainnya yaitu miristat, palmitooleat, arakidat dan arakidonat relatif tidak berubah. Menurut Bafor and Osagie (1986) bahwa asam palmitat dan linoleat ada pada semua tahapan akumulasi minyak dari mesokarp mentah dari buah sawit.

Sebagai pembandingan, Bafor and Osagie (1986) melaporkan bahwa komposisi asam lemak pada lemak

dari mesokarp buah Dura yang berumur 6, 8, 10, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 MSR masing-masing adalah 1,3, 1,8, 0,9, 2,6, 0,8, 0,8, 0,6, nd (*no detection*), nd, nd, nd, nd, nd, nd (C10:0); 3,0, 6,3, 1,5, 4,9, 1,4, 1,4, 1,8, nd, nd, nd, nd, nd, nd, nd (C12:0); 4,4, 8,0, 2,0, 6,3, 2,3, 2,7, 1,8, 0,6, 0,6, 0,7, 0,7, 0,9, 1,0, 0,8 (C14:0); 21,3, 19,6, 27,0, 22,5, 31,1, 27,8, 38,2, 42,9, 44,1, 42,9, 44,4, 43,8, 40,3, 45,9 (C16:0); 5,4, 4,7, 2,1, 4,7, 5,0, *trace*, nd, nd, nd, nd, nd, nd, nd, nd (C16:1); 7,3, 9,8, 4,8, 6,9, 5,6, 6,0, 3,9, 4,0, 4,2, 4,3, 4,3, 4,4, 4,2, 4,0 (C18:0); 27,0, 21,0, 22,4, 18,4, 18,7, 20,0, 30,0, 35,1, 36,5, 36,3, 36,7, 35,8, 37,6, 33,5 (C18:1); 17,8, 16,1, 25,1, 18,1, 22,2, 22,9, 19,8, 17,4, 14,5, 15,7, 13,9, 15,0, 16,9, 16,0 (C18:2) dan 12,5, 12,5, 14,2, 15,5, 12,8, 18,3, 3,8%, nd, nd, nd, nd, nd, nd, nd (C18:3). Sebagai tambahan, Prada *et al.* (2011) juga melaporkan komposisi asam lemak pada buah Deli x Avros selama 14, 16, 18, 20, 22 dan 24 MSR masing-masing adalah 0,6, 0,4, 0,4, 0,6, 0,9, 1,1 (C14:0); 29,9, 31,6, 38,3, 40,7, 44,2, 44,9 (C16:0); 4,5, 2,8, 1,5, 1,2, 1,3, 1,3 (C16:1); 3,3, 3,2, 4,4, 4,7, 5,0, 4,8 (16:1), 19,1, 29,9, 37,4, 39,4, 37,3, 36,8 (C18:1); 33,3, 28,1, 18,3, 13,7, 11,6, 11,3 (C18:2); dan 10,2, 4,6, 0,8, 0,4, 0,3, 0,3% (C18:3). Selain itu, Montoya *et al.* (2014) melaporkan komposisi asam lemak pada buah matang dari persilangan intraspesifik LM2T x DA 10 D masing-masing adalah 0,3 – 1,0 (C14:0), 32,5 – 50,0 (C16:0), 0,1 – 0,2 (C16:1), 3,7 – 8,4 (C18:0), 35,3 – 50,0 (C18:1), 5,0 – 12,2 (C18:2), 0,1 – 0,4 (C18:3), 0,2 – 0,5

**Tabel 3.** Bilangan iodin minyak dari mesokarp selama 0 – 24 MSR

**Table 3.** Iodine value of oil from mesocarp before 0 – 24 WAR

Minggu	Bilangan iodin (Wijs)	Minggu	Bilangan iodin (Wijs)
0	97,6 – 101,6	13	88,4 – 92,4
1	83,4 – 87,4	14	75,1 – 79,1
2	81,6 – 85,6	15	62,4 – 66,4
3	92,3 – 96,3	16	54,6 – 58,6
4	88,6 – 92,6	17	55,1 – 59,1
5	87,0 – 91,0	18	55,8 – 59,8
6	84,3 – 88,3	19	56,5 – 60,5
7	94,0 – 98,0	20	40,7 – 44,7
8	90,6 – 94,6	21	49,3 – 53,3
9	82,8 – 86,8	22	50,5 – 54,5
10	104,2 – 108,2	23	49,1 – 53,1
11	85,1 – 89,1	24	52,4 – 56,4
12	82,6 – 86,6		

(C20:0), dan 0,1 – 0,3 % (C20:1). Sujadi *et al.* (2016) juga melaporkan komposisi asam lemak pada D×P La Me, D×P Yangambi, D×P Siimalungun, D×P Marihat, D×P PPKS 239, D×P PPKS 718, Dy×P Dumpy dan D×P Langkat masing-masing adalah 40,1, 45,7, 47,8, 47,2, 47,2, 45,3, 43,4, 47,6 (C16:0); 5,1, 5,4, 4,3, 4,4, 4,1, 4,5, 4,8, 4,1, 4,1 (C18:0); 44,3, 36,3, 36,2, 36,9, 36,1, 42,8, 36,9, 40,4, 35,8 (C18:1) dan 9,0, 10,5, 9,9, 9,6, 10,5, 10,2, 10,5, 10,0, 10,4 (C18:2).

Data komposisi asam lemak pada lemak dari mesokarp buah sawit varietas D×P menunjukkan adanya perbedaan dan kesamaan dengan hasil penelitian sebelumnya pada varietas lainnya. Hal ini dapat disebabkan oleh asam-asam lemak yang

dikandung minyak juga dipengaruhi oleh curah hujan, kelembaban dan radiasi matahari. Mahnmad *et al.* (2011) melaporkan bahwa asam palmitat lebih tinggi pada musim basah sedangkan asam oleat lebih tinggi pada musim kering. Sebagai tambahan, Sukkasem *et al.* (2013) juga melaporkan bahwa asam oleat pada biji bunga matahari cenderung lebih tinggi pada musim kering dibandingkan pada musim basah.

Berbedanya komposisi asam lemak dari minyak pada setiap umur buah menyebabkan perbedaan bilangan iodin. Tabel 3 menyajikan bahwa buah pada setiap MSR memiliki bilangan iodin yang berbeda. Pada 0 – 15 MSR, bilangan iodin cenderung tinggi dan pada 10 MSR, bilangan iodin minyak sebesar 106,2

**Tabel 4.** Komponen minor pada minyak dari mesokarp selama 0 – 24 MSR

**Table 4.** Minor component on oil from mesocarp before 0 – 24 WAR

Minggu	Karoten (ppm)	Tokols/Tokoferol & Tokotrienol (ppm)	Klorofil (ppm)
0	71,0 – 75,0	8,0 – 12,0	1,5 – 1,9
1	133,0 – 138,0	8,8 – 12,8	2,0 – 2,4
2	182,0 – 186,0	7,0 – 11,0	9,0 – 9,4
3	296,6 – 300,6	16,4 – 20,4	11,2 – 11,6
4	426,0 – 430,0	36,7 – 40,7	15,2 – 15,6
5	472,0 – 476,0	20,4 – 24,4	15,6 – 16,0
6	330,7 – 334,7	25,3 – 29,3	12,3 – 12,7
7	1.073,0 – 1.078,0	30,0 – 34,0	12,7 – 13,1
8	503,5 – 508,5	40,7 – 44,7	17,7 – 18,1
9	1.451,0 – 1.455,0	40,5 – 44,5	19,2 – 19,6
10	1.133,0 – 1.138,0	59,5 – 63,5	13,2 – 13,6
11	548,0 – 553,0	60,3 – 64,3	12,2 – 12,6
12	1.299,0 – 1.303,0	71,8 – 75,8	14,1 – 14,5
13	958,0 – 962,0	78,8 – 82,8	14,6 – 15,0
14	571,7 – 575,7	140,8 – 144,8	17,7 – 18,1
15	534,3 – 536,3	166,6 – 170,6	13,5 – 13,9
16	478,0 – 582,0	186,0 – 190,0	20,7 – 21,1
17	402,0 – 406,0	211,0 – 215,0	19,0 – 19,4
18	433,0 – 437,0	223,0 – 227,0	9,3 – 9,7
19	477,5 – 481,5	351,0 – 355,0	15,7 – 16,1
20	701,0 – 705,0	698,3 – 702,3	16,0 – 16,4
21	685,0 – 489,0	732,0 – 736,0	1,9 – 2,3
22	643,0 – 647,0	796,0 – 800,0	1,4 – 1,8
23	663,0 – 667,0	766,3 – 770,3	1,1 – 1,5
24	596,0 – 600,0	791,0 – 795,0	0,9 – 1,3



Wijs. Hal ini disebabkan oleh minyak mengandung asam oleat, linoleat dan linolenat yang lebih tinggi dibandingkan pada minggu setelahnya (Tabel 2). Pada 22-24 MSR minyak memiliki bilangan iodin berkisar antara 51-54 Wijs (dikategorikan buah matang). Sebagai pembandingan, Cadena *et al.* (2012) melaporkan bilangan iodin pada minyak dari buah matang Deli x LaMe, Deli x Avros, Deli x Nigeria, Deli x Ghana, Deli x Yangambi, Deli x Avros Dumpy masing-masing adalah (53,7 ± 2,4), (52,8 ± 1,9), (50,7 ± 1,4), (52,6 ± 2,2), (51,3 ± 2,8), (50,9 ± 2,1) Wijs. Sujadi *et al.* (2016) melaporkan bilangan iodin pada minyak dari D×P La Me, D×P Yangambi, D×P Simalungun, D×P Marihat, D×P PPKS 239, D×P PPKS 718, Dy×P Dumpy dan D×P Langkat masing-masing adalah 55,6, 51,2, 50,1, 50,2, 51,1, 56,5, 51,8, 54,1 dan 50,8. Montoya *et al.* (2014) melaporkan bilangan iodin pada minyak dari buah matang pada persilangan intraspesifik LM2T × DA 10 D adalah (49,4 – 61,2) Wijs.

Komponen minor selama pembentukan minyak dalam buah sawit disajikan pada Tabel 4. Pada 0 MSR, karoten telah terbentuk dengan nilai 73 ppm yang kemudian terus meningkat hingga 12 MSR mencapai 1301 ppm. Meningkatnya waktu reseptik menurunkan karoten hingga pada 19 MSR yaitu sebesar 479,5 ppm. Peningkatan karoten terjadi kembali pada 20 MSR dan kemudian menurun selama proses pematangan pada 24 MSR sebesar 598 ppm. Sebagai pembandingan, Prada *et al.* (2011) melaporkan bahwa kadar karoten pada buah selama 12, 14, 16, 18, 20, 22 dan 24 MSR masing-masing adalah 7135, 1335, 3549, 1775, 536, 424, 586 ppm (Deli × La Me) dan 756, 831, 514, 573, 905, 808, 1531 ppm (Deli × Ekona).

Dari data ini menunjukkan bahwa, buah sawit yang dipanen berumur 22 MSR mengandung kadar karoten berkisar 570 – 900 mg/kg yang merupakan nilai dalam *crude palm oil*. Hasibuan (2012) melaporkan bahwa kadar karoten pada CPO yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit di Indonesia sebesar 420 ppm (138 – 611 ppm). Siahaan *et al.* (2009) juga melaporkan kadar karoten pada CPO sebesar 553 ppm (271 – 790 ppm). Noh *et al.* (2002) melaporkan kadar karoten pada CPO dari plasma nutfah asal Angola berkisar 409 – 1.280 ppm. Choo *et al.* (1989) menambahkan bahwa kadar karoten pada CPO yang berasal dari tanaman Dura (997 ppm) lebih tinggi dibandingkan Tenera (673 ppm) dan Pisifera (428 ppm).

Kadar tokols (tokoferol & tokotrienol) terus meningkat dari minggu ke minggu setelah reseptik. Peningkatan yang drastis terjadi pada 20 MSR sebesar 700,3 ppm dari 353 ppm pada 19 MSR. Pada proses pematangan buah, kadar tokols meningkat pelan dari umur 20 hingga ke 24 MSR (700,3 – 798 ppm). Berbeda dengan penelitian ini, Prada *et al.* (2011) melaporkan bahwa kandungan tokols dari Deli × Avros pada umur 14 MSR relatif lebih tinggi (6.600 mg/kg) dibandingkan 16 dan 18 MSR yang cenderung menurun sekitar 500 mg/kg pada 18 MSR dan relatif tidak mengalami perubahan sampai 24 MSR. Tidak terjadinya lagi peningkatan kadar tokols ini dikarenakan oleh meningkatnya jumlah lemak pada saat sintesis lemak yang secara bersamaan (Prada *et al.*, 2011).

Buah sawit juga mengandung klorofil yang ditandai dengan warna hijau pada lapisan luar mesokarp buah sawit (Gambar 2). Pada 0 – 16 MSR, kadar klorofil meningkat (1,7 – 20,9 ppm). Setelah 16 MSR, kadar klorofil cenderung menurun hingga 20 MSR (16,5 ppm) dan menurun drastis selama pematangan buah 22 – 24 MSR (1,1 – 2,1 ppm). Tranbarger *et al.*, 2011; Arifin, 2010; Razali *et al.*, 2012 juga melaporkan bahwa setelah 14 – 15 MSR, klorofil terdegradasi dan karoten terbentuk hingga buah matang secara keseluruhan. Penurunan kadar klorofil ini disebabkan oleh meningkatnya kadar tokols dan karoten yang ditandai dengan perubahan warna buah menjadi kemerahan.

Tabel 5 menunjukkan kadar minyak inti sawit pada kernel. Kernel baru mengandung minyak pada 7 MSR yaitu sebesar 56,2%. Meningkatnya waktu hingga 15 MSR, kadar minyak inti sawit cenderung meningkat (56,2 – 68,7%), kemudian menurun hingga 54,0 – 59,9%. Penurunan ini diduga disebabkan selulosa dan protein meningkat. Ditinjau dari Tabel 1 dan Tabel 5, perolehan kadar minyak inti sawit yang tinggi dapat diperoleh pada umur buah 10 – 15 minggu (67,1 – 68,7%) Nilai ini merupakan kadar minyak inti sawit tertinggi yang dihasilkan dari kernel. Li *et al.* (2012) melaporkan kadar minyak pada kernel dari *Elaeis guineensis* jenis Dura di Cina sebesar (49,36±2,61)%. Tang and Teoh (1985) dalam Ibrahim (2013) melaporkan kadar minyak pada kernel di Malaysia sebesar 49%. Atasie and Akinhanmi (2009) melaporkan kadar minyak pada kernel asal Nigeria sebesar 42%. Noh *et al.*, 2009 melaporkan kadar PKO pada kernel yang berasal dari Angola, Guinea,

**Tabel 5.** Kadar minyak inti sawit pada kernel kering selama 0 – 24 MSR

**Table 5.** Kernel oil content on dry kernel before 0 – 24 WAR

Minggu	Kadar minyak inti sawit (%)	Minggu	Kadar minyak inti sawit (%)
1	0	13	63,8 – 67,8
2	0	14	51,7 – 55,7
3	0	15	66,7 – 70,7
4	0	16	51,4 – 55,4
5	0	17	52,4 – 56,4
6	0	18	56,8 – 60,8
7	54,2 – 58,2	19	57,8 – 61,8
8	57,5 – 61,5	20	57,5 – 61,5
9	55,6 – 59,6	21	57,9 – 61,9
10	65,1 – 69,1	22	55,4 – 59,4
11	63,4 – 67,4	23	54,7 – 58,7
12	65,5 – 69,5	24	52,0 – 56,0

Senegal, Sierra Leone, dan Tanzania sebesar 46,11 – 49,77% dan varietas DxP asal Malaysia yang memiliki kadar minyak tertinggi sebesar 45,75 – 54,59%. Sujadi *et al.* (2016) melaporkan kadar minyak pada kernel pada DxP La Me, DxP Yangambi, DxP Siimalungun, DxP Marihat, DxP PPKS 239, DxP PPKS 718, DyxP Dumpy dan DxP Langkat masing-masing adalah (51,2 – 55,2)%, (49,7 – 53,7)%, (50,5 – 54,5)%, (49,2 – 53,2)%, (49,3 – 53,3)%, (50,7 – 54,7)%, (52,1 – 56,1)%, (45,1 – 49,1)%, (46,0 – 50,0)%.

## KESIMPULAN

Buah yang terbuahi pada minggu awal setelah reseptik mengandung air tinggi, minyak dalam jumlah kecil dan belum mengandung kernel. Kadar air terus menurun selama pematangan buah. Kadar minyak terus meningkat selama pematangan buah dan meningkat selama pematangan buah. Kernel mulai terbentuk pada 5 minggu setelah reseptik (MSR) dan meningkat selama pematangan buah. Perubahan asam lemak terjadi selama pematangan buah dengan total asam lemak tidak jenuh rangkap ganda/ *polyunsaturated* (linoleat dan linolenat) menurun, ketika total asam lemak jenuh (palmitat) dan asam lemak tidak jenuh rangkap satu/ *monounsaturated* (oleat) meningkat. Perubahan asam lemak pada minyak menyebabkan bilangan iodin juga berubah. Selama sintesis minyak, komponen minor lain seperti

karoten, tokols ( tokoferol & tokotrienol), klorofil juga terbentuk. Karoten meningkat hingga 12 MSR namun menurun kembali selama pematangan buah 20 – 24 MSR sedangkan tokols terus meningkat hingga 20 – 24 MSR sedangkan klorofil meningkat hingga 16 MSR kemudian menurun pada 22 – 24 MSR. Minyak inti sawit mulai terbentuk 7 MSR dan meningkat hingga 15 MSR namun menurun pada 20 – 24 MSR. Dari uraian di atas menunjukkan bahwa waktu optimum untuk pemanenan buah adalah 22 MSR.

## DAFTAR PUSTAKA

- AOCS. 1998. Official methods and recommended practices of the American oil Chemists' Society", 4th ed. American Oil Chemists' Society. Champaign. IL.
- Arifin, A.A. 2010. Ripeness Standards and Palm Fruit Maturity Affecting Oil Extraction Rates (OER). Oral Presentation in International Conference Exhibition of Palm Oil (ICEPO). Jakarta Convention Center. Juni 2010.
- Arifin, A.A., G. Foster, and E. Low. 2014. Maximising Hydrolysis of Sugar (Gum/Hemicellulose) that Binds Fruits to Stalk and Cell to Cell; Ensure Greater Detachment of Fruits From Stalk and Very Low Viscosity Pressed Crude that Enhances Separation of Oil During

- Clarification. Proceeding of International Oil Palm Conference 2014. Bali Nusa Dua Convention Center. Juni 2014.
- Atasie, V.N. and T.F. Akinhanmi. 2009. Extraction, Compositional Studies and Physico-Chemical Characteristics of Palm Kernel Oil. Pakistan Journal of Nutrition. 8(6): 800 – 803.
- Bafor, M.E. and A.U. Osagie. 1986. Changes in lipid class and fatty acid composition during maturation of mesocarp of oil palm (*Elaeis guineensis*) variety Dura. Journal Science Food Agriculture. 37:825 – 832.
- Bhore, S.J., and F.H. Shah. 2012. Genetic Transformation of the American Oil Palm (*Elaeis oleifera*) Immature Zygotic Embryos with Antisense Palmitoyl-Acyl Carrier Protein Thioesterase (PATE) Gene. World Applied Sciences Journal. 16(3): 360 – 369.
- Cadena, T., F. Prada, A. Perea and H.M. Romero. 2012. Lipase activity, mesocarp oil content, and iodine value in oil palm fruits of *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera*, and the interspecific hybrid O x G (*E. oleifera* x *E. guineensis*). Journal Science Food Agriculture. DOI 10.1002/jsfa.5940.
- Choo, Y.M., S.C. Yap, A.S.H. Ong, C.K. Ooi, and S.H. Goh. 1989. Palm Oil Carotenoids. Proc. of The 1989 PORIM International Palm Oil Congress-Chemistry and Technology. PORIM. Bangi. 42 – 47p.
- Corley, R.H.V. and P.B. Tinker. 2003. Growth, Flowering and Yield. The Oil Palm. Fourth Edition. Blackwell science Ltd. 89 – 131.
- Faizah, R., S. Wening, H.Y. Rahmadi, dan A.R. Purba. 2016. Keragaman Genetik Populasi *E. Oleifera* dan Populasi *E. guineensis* x *E. oleifera* pada Koleksi Plasma Nutfah PPKS. Jurnal Penelitian Kelapa Sawit. 24(1): 13 – 22.
- George, S. and C. Arumughan. 1991. Distribution of lipids in the exxocarp and mesocarp of three varieties of oil palm fruit (*Elaeis guineensis*). Journal Science Food Agriculture. 56: 219-222.
- Gonzalez. G., A. Diego, S. Cayon, Gerarde, M. Lopez, E. Jesus, Alarcon, and H. Wilmar. 2013. Development and maturation of fruits of two indupalma OxG hybrids (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). Agronomia Colombiana. 3: 343-351.
- Hasibuan, H.A. 2012. Kajian Mutu dan Karakteristik Minyak Sawit Indonesia serta Produk Fraksinasinya. Jurnal Standardisasi. 14: 13 – 21.
- Hasibuan, H.A., dan 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.
- Hazir, M.H.M., A.R.M. Shariff, and M.D. Airuddin. 2012. Determination of Oil palm Fresh Fruit Bunch Ripness-Based on Flavonoids and Anthocyanin Content. Industrial Crops and products. 36: 466 – 475.
- Ibrahim, N.A. 2013. Characteristics of malaysian Palm Kernel and Its Products. Journal of Oil Palm Research. 525: 245 – 252.
- Keshvadi, A., J.B. Endan, H. Harun, D. Ahmad, and F. Saleena. 2011. The Relationship Between Palm Oil quality Index development and Physical properties of Fresh Fruit bunches in the Ripneing Process. Andvance Journal of Food Science and technology. 3(1): 50 – 68.
- Keshvadi, A., J.B. Endan, H. Harun, D. Ahmad, and F. Saleena. 2012. The effect of high temperature on viscosity of palm oil during the ripening process of fresh fruit bunches. International Journal Latest Trends Agricultural Food Sciences. 2(1): 14 – 20.
- Li, R., Q. Xia, M. Tang, S. Zhao, W. Chen, X. Lei, and X. Bai. 2012. Chemical composition of Chinese palm fruit and chemical properties of the oil extracts. African Journal of Biotechnology. 11: 9377 – 9382.
- Mahnmad, S., P. Leewanich, V. Punsuvon, S. Chanprame, and P. Srinives. 2011. Seasonal Effects on Bunch Components and Fatty Acid Composition in Dura Oil Palm (*Elaeis guineensis*). African Journal of Agricultural Research. 6: 1835 – 1843.
- Montoya, C., R. Lopes, A. Flori, D. Cros, T. Cuellar, M. Summo, S. Espeout, E. Rivallan, A. Risterucci, D. Bitteneourt, J.R. Zambrano, W.H. Alarun, P. Villeneuve, M. Pina, B. Nouy, P. Amblard, E. Ritter, T. Leroy, and N. Billotte. 2013. Quantitative trait loci (QTLs) analysis of palm oil fatty acid composition in an interspecific



- pseudo-backcross from *Elaeis oleifera* (H.B.K.) Cortes and oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Tree Genetics and Genomes*. 9: 1207 – 1225. DOI 10.1007/s11295-0629-5.
- Montoya, C., B. Cochard, A. Flori, D. Cros, R. Lopes, T. Cuellar, S. Espeout, I. Syaputra, P. Villeneuve, M. Pina, E. Ritter, T. Leroy and N. Billotte. 2014. Genetic architecture of palm oil fatty acid composition in cultivated oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) compared to its wild relative *E. oleifera* (H.B.K.) Cortes. *Journal of Plos One*. 9 ( 5 ) : 1 – 13 . D O I : 10.1371/journal.pone.0095412t001.
- MPOB. 2004. MPOB Test Method: A Compendium of Test on Palm Oil Products, Palm Kernel Products, fatty Acids, Food Related Products and Others.
- Ngando-Ebongue, G.F., W.N. Ajambang, P. Kona, B.L. Firman, and V. Arondel. 2011. Oil palm: technological innovations in major world oil crops. Volume 1. Pp: 165 – 200. Springer.
- Noh, A., N. Rajanaidu, A. Kushairi, Y.M. Rafii, A.M. Din, Z.A.M. Isa, and G. Saleh. 2002. Variability in fatty acid composition, iod value and carotene content in the MPOB Oil palm Germplasm collection from Angola. *Journal of Oil palm Research*. 14: 18 – 23.
- Noh, A., A. Kushairi, A.M. Din, M. Marhalil, Y. Zulkifly, M.S. Farah, and N. Rajanaidu. 2009. Genetic variation from palm kernel oil palm germplasm. Poster papers: Genetic resources and Breeding. Proceedings of the 8<sup>th</sup> Malaysia Congress on genetics. 4 – 6 Augustus 2009, Genting Highlands, Malaysia.
- Otitoju, O. and I.N.E. Onwurah. 2010. Chlorophyll contents of oil palm (*Elaeis guineensis*) leaves harvested from crude oil polluted soil: a shift in productivity dynamic. *Annals of Biological Research*. 1(4): 20 – 27. Prada, F., I.M.A. Diaz, W. Delgado, R.R. Romero and H.M. Romero. 2011. Effect of fruit ripening on content and chemical composition of oil from three oil palm cultivars (*Elaeis guineensis* Jacq.) grown in Colombia. *J. Agric. Food Chem*. 59: 10136 – 101442.
- Puah, C.W., C.Y. May, A.N. Ma and C.H. Chuah. 2007. The effect of physical refining on palm vitamin E (tocopherols, tocotrienol and tocotrienol). *American Journal of Applied Sciences*. 4(6): 274 – 277.
- Razali, M.H. A. Somad, M.A Halim, and S. Roslan. 2012. A Review on Crop Plant Production and Ripness Forecasting. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. IJACS/2012/4-2/54-63.
- Siahaan, D., H.A. Hasibuan, E. Nuryanto, M. Rivani, dan F.R. Panjaitan. 2009. Karakteristik CPO Indonesia. Prosiding Pertemuan Teknis Kelapa Sawit 2009. Jakarta Convention Centre 28 – 30 Mei 2009. Hal 273 – 280.
- Sujadi, H.A. Hasibuan, H.Y. Rahmadi, dan A.R. Purba. 2016. Komposisi asam lemak dan bilangan iod minyak dari sembilan varietas kelapa sawit DxP Komersial di PPKS. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 24(1): 1 – 12.
- Sukkasem, C., P.Laosuwan, S. Wonprasaid, and T. Machikowa. 2013. Effects if environmental conditions on oleic acid of sunflower seeds. *International Journal of Chemical, Environmental and Biological Sciences*. 1: 2320 – 4087.
- Teh, H.F., B.K. Neoh, M.P.L. Hong, J.Y.S. Low, T.L.M. Ng, N. Ithin, Y.M. Thang, M. Mohamed, F.T. Chew, H.M. Yusof, H. Kulaveerasingam, and D.R. Appleton. 2013. *Journal Plose One*. 8(4):1 – 10. DOI: 10.1371/journal.pone.0061344t001.
- Tranbarger, T.L., S. Dussert, T. Joet, X. Argout, M. Summo, A. Champion, D. Cros, A. Omore, B. Nouy, and F. Morcillo. 2011. Regulatory Mechanisms Underlying Oil Palm Fruit Mesocarp Maturation, Ripening, and Functional Specialization in Lipid and Carotenoid Metabolism. *Plant Physiology*. 156: 564 – 584.