

**PENGARUH METODE EKSTRAKSI TERHADAP MUTU KIMIA DAN KOMPOSISI ASAM LEMAK  
MINYAK BUAH MERAH (*Pandanus conoideus*)**

**THE EFFECT OF EXTRACTION METHOD ON THE CHEMICAL QUALITY AND FATTY ACID  
COMPOSITION OF RED FRUIT (*Pandanus Conoideus*) OIL**

Zita Letviany Sarungallo<sup>1,2</sup>, Purwiyatno Hariyadi<sup>1,3</sup>\*, Nuri Andarwulan<sup>1,3</sup>, Eko Hari Purnomo<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor  
Kampus IPB Darmaga, PO Box 220. Bogor-16680  
Email korespondensi: phariyadi@ipb.ac.id

<sup>2</sup>Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian dan Teknologi Pertanian Universitas Negeri Papua (UNIPA),  
Jl. Gunung Salju Amban Manokwari-98314, Papua Barat.

<sup>3</sup>Southeast Asian Food and Agricultural Science and Technology (SEAFAST) Center, LPPM, IPB

**ABSTRACT**

*Red fruit (*Pandanus conoideus*) oil has traditionally been used by native people of Papua. The most common extraction methods involve cooking of red fruits at high temperature for very long time which may causing deterioration of oil quality. The objective of this research was to study the effect of different extraction methods on the chemical quality (moisture content, free fatty acids (FFA), iodine value, peroxide value, total carotenoid, and total tocopherol), and fatty acid composition of red fruit oil. Extraction methods studied were (i) wet (with water addition) and (ii) dry (additional water addition) extraction methods; Folch extraction method was used as a method of reference. The results showed dry extraction method produced significantly ( $P < 0.05$ ) better chemical quality of the resulted red fruit oil as compared to that of wet extraction method, especially with respect to the lower level of FFA, higher level of total carotenoids and total tocopherols, but the same quality with regards to its moisture content and peroxide value. The method of extraction of red fruit with a dry or wet method did not affect the chemical properties of the oil indicated by the fatty acid composition and iodine values were not significantly different ( $P < 0.05$ ) with the Folch method. The critical step for red fruit oil extraction was associated with heat treatment during extraction, at which the presence of water, temperature, and time of processing were identified as critical factors.*

*Keywords: red fruit (*Pandanus conoideus*), extraction, oil chemical quality, carotenoid and tocopherol*

**ABSTRAK**

Minyak buah merah (*Pandanus conoideus*) secara tradisional telah dikenal dan digunakan oleh masyarakat Papua. Teknik ekstraksi yang digunakan secara luas oleh masyarakat adalah ekstraksi basah dengan proses pemasakan buah merah sehingga menyebabkan kerusakan minyak. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh metode ekstraksi terhadap kualitas kimia dan komposisi asam lemak dari minyak buah merah yang dihasilkan. Metode ekstraksi yang dipelajari adalah (i) metode ekstraksi basah (dengan penambahan air) dan (ii) metode ekstraksi kering (tanpa penambahan air); serta metode Folch digunakan sebagai metode pembandingan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas kimia minyak buah merah yang dihasilkan dengan metode ekstraksi kering secara nyata ( $P < 0,05$ ) lebih baik dibandingkan dengan minyak yang dihasilkan dengan metode ekstraksi basah, terutama karena kadar asam lemak bebas (ALB) yang lebih rendah, serta kadar total karotenoid dan tokoferol yang lebih tinggi, tapi memiliki kualitas yang sama berkaitan dengan kadar air dan nilai peroksida. Tahapan dalam metode ekstraksi minyak buah merah baik dengan cara kering maupun basah dalam kajian ini tidak mempengaruhi sifat kimia minyak yang dinyatakan oleh komposisi asam lemak dan bilangan iod yang tidak berbeda nyata ( $P < 0,05$ ) dengan metode Folch. Faktor kritis untuk proses ekstraksi minyak buah merah terletak pada tahap pemanasan, dimana parameter yang perlu dikendalikan adalah keberadaan air, suhu dan lama proses.

Kata kunci: buah merah (*Pandanus conoideus*), ekstraksi, sifat kimia minyak, karotenoid dan tokoferol

**PENDAHULUAN**

Buah merah (*Pandanus conoideus*) secara tradisional digunakan sebagai sumber minyak oleh masyarakat Papua. Menurut Murtiningrum *et al.* (2012), kandungan lemak buah merah bervariasi, berkisar 11,2-30,7% (bk). Minyak buah merah mempunyai kandungan asam lemak tidak jenuh, terutama asam oleat, linoleat, linolenat dan palmitoleat, serta berbagai komponen minor aktif

yang meliputi  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten,  $\beta$ -kriptosantin,  $\alpha$ -tokoferol serta komponen fenol (Murtiningrum *et al.*, 2005; Suroño *et al.*, 2008; Rohman *et al.*, 2012; Rohman *et al.*, 2010). Minyak buah merah juga terbukti berkhasiat bagi kesehatan secara *in vivo*, yaitu menghambat tumor dan membunuh sel kanker (Mun'im *et al.*, 2006; Moeljopawiro *et al.*, 2007; Suroño *et al.*, 2008), antiinflamasi dan meningkatkan sel imun (Khiong *et al.*, 2009), menurunkan gula darah tikus (*Rattus norvegicus*)

diabetik (Winarto *et al.*, 2009) dan meningkatkan fertilitas (Rifki, 2009). Oleh karena itu minyak buah merah sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan atau *ingredient* pangan fungsional. Namun kandungan komponen aktif minyak buah merah tersebut sangat mudah mengalami perubahan selama proses ekstraksinya sehingga mempengaruhi kualitasnya (Andarwulan *et al.*, 2006). Disamping itu karakteristik fisik, kimia dan fungsional minyak sangat ditentukan oleh komposisi asam lemaknya (Scrimgeour, 2005). Dilaporkan pula bahwa metode ekstraksi minyak buah merah mempengaruhi komposisi asam lemaknya (Andarwulan *et al.*, 2006; Pohan dan Wardayani, 2006).

Secara umum, ekstraksi minyak dari bahan yang diduga mengandung minyak atau lemak, bisa dilakukan dengan menggunakan tiga metode utama, yaitu (i) *rendering* atau pemanasan; yaitu dengan cara pemasakan dengan penambahan air (*wet rendering*) dan pengukusan tanpa penambahan air (*dry rendering*), (ii) pengempaan; baik dengan menggunakan kempa hidrolik (*hydraulic press*) maupun kempa ulir (*screw press*), dan (iii) ekstraksi pelarut (*solvent extraction*) (Johnson, 2002).

Secara tradisional, metode ekstraksi minyak buah merah yang umum digunakan oleh masyarakat maupun produsen lokal di Papua adalah ekstraksi basah dengan proses pemasakan pipilan buah. Pemasakan biasanya dilakukan dengan penambahan air (rasio buah dan air 1:2-4) dalam waktu yang cukup lama, berkisar antara 5-30 jam (Limbongan dan Malik, 2009), sehingga bisa menyebabkan terjadinya kerusakan minyak oleh panas, air berlebih, udara dan cahaya, yang berakibat pada penurunan kualitas minyak buah merah yang dihasilkan. Metode ekstraksi yang beragam, dengan parameter proses yang juga beragam, telah menyebabkan berbagai peneliti melaporkan kualitas minyak buah merah yang berbeda-beda (Andarwulan *et al.*, 1996; Murtiningrum *et al.*, 2005; Pohan dan Wardayani, 2006; Lubis *et al.*, 2012) sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 terlihat bahwa ekstraksi basah dengan waktu proses pemanasan sekitar 2 jam, menghasilkan minyak buah merah dengan asam lemak bebas (ALB) yang tinggi yaitu 20,5% (Murtiningrum *et al.*, 2005). Pengurangan waktu pemanasan dalam pemasakan buah merah serta aplikasi pengukus bertekanan (otoklaf) dapat menurunkan ALB minyak buah merah yang dihasilkan (Andarwulan *et al.*, 2006; Pohan dan Wardayani, 2006). Selanjutnya, Pohan dan Wardayani (2006) melaporkan bahwa ekstraksi minyak buah merah dengan cara kering (meliputi

tahapan pengukusan yang diikuti dengan pengempaan/*jack pres*) dapat menurunkan ALB dan meningkatkan rendemen minyak buah merah dibandingkan dengan ekstraksi basah.

Ekstraksi minyak buah merah dengan metode basah lebih banyak digunakan oleh masyarakat karena mudah dan hanya memerlukan peralatan sederhana. Namun demikian, metode ekstraksi kering dikombinasikan dengan pengempaan perlu dikembangkan, terutama untuk aplikasi pada industri pengolahan minyak buah merah. Oleh karena itu perlu dilakukan optimalisasi tahapan ekstraksi buah merah baik dengan cara basah maupun cara kering agar menghasilkan minyak yang berkualitas baik sehingga dapat diaplikasikan dengan mudah oleh masyarakat.

Perbedaan utama dari ekstraksi minyak buah merah cara basah dan cara kering adalah pemasakan buah dengan penambahan air (ekstraksi basah) dan pengukusan buah tanpa air dengan pengukus bertekanan (otoklaf) diikuti dengan pengempaan (ekstraksi kering). Fauzi dan Sarmidi (2010) melaporkan bahwa sterilisasi selama 40 menit meningkatkan rendemen minyak sawit, namun meningkatkan pula jumlah kehilangan total  $\beta$ -karoten, dimana kehilangan total  $\beta$ -karoten terendah diperoleh pada proses sterilisasi selama 20 menit. Lubis *et al.* (2012) juga melaporkan (Tabel 1) bahwa peningkatan lama pengukusan pada suhu 120 °C dari 30 menit menjadi 60 menit akan meningkatkan rendemen minyak buah merah dari 32,5% ke 35,0%

Dalam kajian ini penentuan tahapan ekstraksi basah mengacu pada laporan Murtiningrum *et al.* (2005) dan Andarwulan *et al.* (2006), yaitu pemasakan pipilan buah merah dengan perbandingan buah:air 1:2 selama 20 menit, dilanjutkan pemisahan pasta (campuran daging buah dan air) dari biji, pemanasan pasta selama  $\pm 1$  jam sampai minyak terekstrak sempurna, dan pada tahap akhir dilakukan pemisahan minyak secara sentrifugasi. Pada tahapan ekstraksi kering dilakukan dengan mengacu Lubis *et al.* (2012), dimana buah merah dikukus dengan otoklaf pada suhu 120°C selama 20 menit. Setelah pengukusan, buah merah dikempa menggunakan kempa hidrolik dan hasil kempa dipisahkan melalui proses sentrifugasi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh metode ekstraksi basah dan kering terhadap sifat kimia minyak buah merah yang dihasilkan, menggunakan minyak buah merah hasil ekstraksi dengan pelarut sebagai pembanding. Selain itu, terhadap minyak buah merah yang dihasilkan juga dilakukan analisis komposisi asam lemak, total karotenoid, dan total tokoferol.

Tabel 1. Kajian metode ekstraksi buah merah yang telah dilakukan

Metode Ekstraksi	Tahapan Ekstraksi	Hasil	Peneliti
Basah (dengan penambahan air)	Pemasakan buah merah (dengan penambahan air, rasio air:buah 1:2) selama 1 jam, pemisahan pasta buah merah dan pemasakan pasta 1 jam.	Rendemen 15,9 % (bk) Asam lemak bebas (ALB) 20,5% Bilangan peroksida 4,4 mg O <sub>2</sub> /100g Bilangan iod 63,1	Murtiningrum <i>et al.</i> (2005)
	Pengukusan buah (dengan penambahan air, rasio buah:air 1:2) selama 30 menit, pemisahan pasta, pemasakan pasta 45 menit, kemudian disentrifugasi.	Rendemen 20% ALB 0,57% Bilangan peroksida 2,31 mg O <sub>2</sub> /100g Bilangan iod 55,4	Andarwulan <i>et al.</i> (2006)
	Pengukusan dalam otoklaf 100°C (dengan penambahan air, rasio buah:air 1:2) selama 15 menit, pemisahan biji dan pasta, pasta dikempa secara hidrolik dan disentrifugasi.	Rendemen 18% ALB 0,09% Bilangan peroksida 0,16 mg O <sub>2</sub> /100 g Bilangan iod 67,8	Andarwulan <i>et al.</i> (2006)
	Pemasakan buah merah (dengan penambahan air, rasio buah:air = 1:4) selama 30 menit dan pasta dikempa ( <i>jack pres</i> )	Rendemen 4,6% ALB 6,96%	Pohan dan Wardayani (2006)
Kering (tanpa penambahan air, dikombinasi dengan pengempaan hidrolik)	Ekstraksi kering: pengukusan buah (tanpa penambahan air) 30 menit, dilumatkan (menggunakan <i>blender</i> ) dan dikempa secara hidrolik	Rendemen 10,2% ALB 2,8%	Pohan dan Wardayani (2006)
	Pengukusan buah (tanpa penambahan air) dengan otoklaf (120°C) 30 menit, diikuti pengempaan dan sentrifugasi.	Rendemen 32,5 %	Lubis <i>et al.</i> (2012)
	Pengukusan buah (tanpa penambahan air) dengan otoklaf (120°C) 60 menit, diikuti pengempaan dan sentrifugasi.	Rendemen 35,0%	Lubis <i>et al.</i> (2012)

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan baku utama dalam penelitian ini adalah buah merah dengan nama lokal Monsor yang diperoleh dari Kebun Percobaan Universitas Negeri Papua (UNIPA)-Manokwari. Buah merah yang digunakan adalah buah segar yang dipanen pada tingkat kematangan optimal yang ditandai dengan bulir buah telah berisi penuh (bernas), berwarna merah tua, daun seludang terbuka dan 50% telah mengering. Buah merah diperam pada suhu kamar selama 2 hari sebelum diekstrak, untuk melunakkan daging buah dan memudahkan proses pemipilan. Bahan kimia yang digunakan adalah berbagai bahan kimia dengan *analytical grade* untuk analisa kadar asam lemak bebas (ALB), bilangan iod, bilangan peroksida, komposisi asam lemak, total karotenoid dan total tokoferol.

Peralatan yang digunakan meliputi alat ekstraksi minyak buah merah yaitu timbangan, otoklaf, *hydrolic press*, *rotary evaporator*, sentrifus, kompor gas dan botol kaca (warna gelap/coklat). Peralatan untuk analisis minyak buah merah antara lain timbangan analitik, oven, *hot plate*, *water bath*, alat titrasi, spektrofotometer (Shimadzu UV-2450, Kyoto, Jepang), gas kromatografi (GC-2100 Series, Shimadzu Co., dengan kolom DB-23 (30 m x 0,25 mm) dan ketebalan 0,25 µm, detektor *Flame Ionization*, monitor *Hawlett Packard Panel* dan *microliter syringe* 10 µL), serta peralatan gelas lainnya.

### Ekstraksi Minyak Buah Merah

**Ekstraksi basah.** Pipilan buah merah (±500g) ditambahkan air dengan perbandingan buah dan air 1:2, dan dimasak menggunakan kompor gas, sampai mendidih dan kemudian dipertahankan selama 20 menit. Selanjutnya dilakukan pemisahan

biji dan daging buah dengan cara pengadukan dan penyaringan. Campuran daging buah dan air (pasta) dimasak sampai mendidih selama ± 60 menit sampai minyak terekstrak sempurna. Ekstrak dikumpulkan dan dilakukan pemisahan fase minyak dan air dengan sentrifugasi pada 3000 rpm selama 15 menit, minyak yang dihasilkan dikemas dalam botol gelap.

**Ekstraksi kering.** Pipilan buah merah (±300 g) dipanaskan menggunakan otoklaf sampai mencapai suhu 120°C (tekanan 14,9 Psi), dan kemudian dipertahankan selama 20 menit. Pemanasan dihentikan dengan membuka katup otoklaf dan mematikan sumber panasnya, dan kemudian pipilan buah merah dikeluarkan dari otoklaf. Pipilan buah merah yang telah dimasak kemudian dikempa dengan alat kempa hidrolis (*hydroulic press*). Minyak kasar yang terekstrak kemudian dipisahkan dengan sentrifugasi pada 2000 rpm selama 10 menit. Minyak yang diperoleh selanjutnya dikemas dalam botol gelap.

**Ekstraksi pelarut** (Folch *et al.*, 1957). Sekitar 12 g daging buah merah dimaserasi yaitu direndam dalam 80 mL pelarut campuran kloroform dan methanol (2:1) selama 1 jam dan diaduk dengan pengaduk magnet. Hasil maserasi kemudian disaring menggunakan kertas saring dengan bantuan pompa vakum. Kemudian, sebanyak 16 mL NaCl 0,88% ditambahkan ke dalam larutan hasil penyaringan, dan selanjutnya dilakukan pemisahan dengan labu pisah untuk mendapatkan fase minyak. Sisa-sisa pelarut pada fase minyak diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 40°C.

### Analisis Mutu Kimia

Parameter mutu kimia minyak buah merah yang dianalisis adalah kadar air menggunakan metode oven (AOAC, 2005), ALB ditentukan berdasarkan metode titrasi (AOCS, 2003) dan bilangan peroksida menggunakan metode asam asetat-kloroform (AOCS, 2003).

Pengukuran total karotenoid menggunakan metode Porim (2005) dan Knockaert *et al.* (2012) dengan sedikit modifikasi. Sebanyak 0,01 g minyak buah merah, ditambahkan 0,1% *butylated hydroxytoluene* (BHT) dan heksan dalam labu ukur 10 mL sampai tanda tera dan divortek. Selanjutnya absorbansi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 446 nm and 470 nm dengan menggunakan heksan yang ditambahkan 0,1% BHT sebagai blanko. Total karotenoid dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Konsentrasi karotenoid } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}}\right) = \frac{A \times \text{volume (mL} \times 10^4)}{E_{1\text{cm}}^{1\%} \times \text{berat sampel (g)}}$$

Keterangan:

- A = absorbansi pada λ maksimal
- volume = total volume larutan sampel
- $E_{1\text{cm}}^{1\%}$  = *extinction coefficient* yaitu 2560 untuk β-karoten dalam heksan (Hart dan Scott, 1995).

Pengukuran total tokoferol menggunakan metode Wong *et al.* (1988). Sebanyak 0,01 g contoh dimasukkan dalam labu takar 10 ml dan ditambahkan 5 mL toluen, 3,5 mL 2,2 bipiridin (0,07% w/v dalam etanol 95%), 0,5 mL FeCl<sub>3</sub>.6.H<sub>2</sub>O (0,2% w/v dalam etanol 95%). Larutan ditepatkan sampai 10 mL etanol 95%, lalu divorteks dan didiamkan selama 10 menit. Absorbansi larutan diukur pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 520 nm. Blanko dibuat dengan cara yang sama tanpa sampel. Konsentrasi total tokoferol dihitung berdasarkan kurva standar α-tokoferol dibuat dengan cara yang sama pada kisaran 100-1500 ppm dalam toluen, dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Total tokoferol } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}}\right) = \frac{A}{M \times W}$$

Keterangan:

- A = absorbansi sample
- M = gradient pada kurva standar
- W = berat sampel (g)

### Analisis Komposisi Asam Lemak

Analisa komposisi asam lemak minyak buah merah dilakukan dengan metoda esterifikasi trigliserida (*Fatty Acid Methyl Esters*) dan selanjutnya dianalisis menggunakan gas kromatografi (AOCS, 2003). Untuk mengkonfirmasi ketidakhajenuhan asam-asam lemak minyak buah merah juga dilakukan pengukuran bilangan iod berdasarkan metode Wijs (AOAC, 2005).

### Analisis Data

Data hasil analisa minyak buah merah ditabulasi dan dianalisis secara statistik dengan Analisis Ragam, dan jika berbeda nyata dilanjutkan dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) menggunakan Program *Statistical Analysis Software* (SAS) 9.1.3.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat kimia minyak buah merah hasil ekstraksi dengan 3 metode yang dipelajari pada penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

### Kadar air

Kadar air minyak buah merah hasil ekstraksi dari ke-3 metode tidak berbeda nyata (P<0,05) satu sama lain, berkisar antara 0,17-0,21%. Jika dibandingkan dengan kadar air maksimum pada CPO (maksimal 0,5%, SNI 2006), dan minyak goreng (maksimal 0,3%, SNI 2002) maka kadar air minyak buah merah ini masih lebih rendah.

Tabel 2. Mutu kimia minyak buah merah hasil ekstraksi basah, ekstraksi kering dan ekstraksi pelarut (kloroform-metanol).

Sifat kimia minyak	Metode ekstraksi minyak buah merah		
	Ekstraksi basah	Ekstraksi kering	Ekstraksi pelarut (kloroform-metanol)
Kadar air (%)	0,21±0,002 <sup>a</sup>	0,18±0,002 <sup>a</sup>	0,17±0,001 <sup>a</sup>
ALB (%)	8,50±0,62 <sup>a</sup>	7,24±0,41 <sup>b</sup>	7,99±0,24 <sup>ab</sup>
Peroksida (mg O <sub>2</sub> /100g)	0,38±0,001 <sup>a</sup>	0,37±0,01 <sup>a</sup>	0,37±0,01 <sup>a</sup>
Total Karotenoid (mg/kg)	12.695±1291 <sup>c</sup>	15.283±565 <sup>b</sup>	19.439±491 <sup>a</sup>
Total Tokoferol (mg/kg)	1.304±81 <sup>c</sup>	1.499±20 <sup>b</sup>	1.614±29 <sup>a</sup>

\*Huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05)

Rendahnya kadar air minyak buah merah ini diduga disebabkan karena adanya proses sentrifugasi dalam proses ekstraksi ini cukup efektif memisahkan air, daging buah dan minyak. Adanya air dalam minyak dapat menyebabkan reaksi hidrolisis yang memicu kerusakan minyak, yang ditandai dengan meningkatkan kadar asam lemak bebas (Ngando *et al.*, 2006), sehingga kadar air merupakan parameter penting dalam menentukan kualitas minyak.

#### Asam Lemak Bebas (ALB)

Data pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa metode ekstraksi berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap kadar ALB minyak buah merah. Kadar ALB tersebut berkisar 7,24-8,5% dengan nilai terendah yang diekstrak dengan cara kering. Kadar ALB mengindikasikan terjadinya reaksi hidrolisis minyak. Hidrolisis lemak dapat dipicu oleh adanya air dan aktivitas lipase pada buah (Ngando *et al.*, 2006), yang dapat terjadi selama pasca panen maupun selama proses ekstraksi minyak.

Kadar ALB minyak buah merah hasil ekstraksi cara kering secara nyata lebih rendah dibandingkan dengan kadar ALB minyak hasil ekstraksi basah, tetapi tidak berbeda nyata (P<0,05) dengan kadar ALB minyak yang diekstrak dengan pelarut. Prinsip metode ekstraksi basah minyak buah merah adalah pemanasan atau pemasakan buah dengan penambahan air (rasio buah dan air 1:2) pada suhu 100°C selama 20 menit, selama pemasakan akan terjadi denaturasi protein (yang merupakan pengemulsi minyak dan air), sehingga fase minyak akan terpisah dari fase air. Pada proses ekstraksi kering, buah dipanaskan melalui proses pengukusan dengan otoklaf (tanpa air) pada suhu 120°C selama 20 menit, sehingga terjadi inaktivasi enzim (lipase), pelunakan jaringan, denaturasi protein yang merusak dinding sel menyebabkan minyak keluar dari sel, peningkatan viskositas minyak. Dengan pengempaan secara hidrolik minyak akan terekstrak dari jaringan buah.

ALB pada dasarnya tidak terdapat dalam minyak atau lemak pada jaringan hidup, namun dapat terbentuk oleh enzim (lipase) setelah pemanenan buah melalui reaksi hidrolisis ikatan ester pada lemak (lipolisis), dan dengan adanya pemanasan dan air (Ngando *et al.*, 2006). Dalam

metode ekstraksi kering, tidak dilakukan penambahan air sehingga reaksi hidrolisis dapat diminimalisasi, dibandingkan dengan ekstraksi basah yang menggunakan air sebagai media pemanasan, sehingga memungkinkan terjadinya hidrolisis selama proses pengolahannya.

Kadar ALB minyak buah merah yang dilaporkan ini (7,24-8,5%) juga lebih rendah dibandingkan dengan kadar ALB minyak buah merah hasil ekstraksi secara tradisional (ekstraksi basah), yaitu 20,5% (Murtiningrum *et al.*, 2005) sampai 21,9% (Andarwulan *et al.*, 2006). Perbedaan ini disebabkan karena tahapan ekstraksi kering yang digunakan dalam kajian ini lebih efektif dan waktu proses ekstraksinya jauh lebih singkat sehingga reaksi hidrolisis menghasilkan ALB dapat direduksi. Dilaporkan bahwa pemasakan yang dilakukan oleh Murtiningrum *et al.* (2005) adalah selama ±2 jam, dan Andarwulan *et al.* (2006) selama lebih dari 24 jam. Lebih lanjut Andarwulan *et al.* (2006) juga melaporkan bahwa pengurangan waktu pemasakan akan mampu menurunkan ALB, walaupun rendemen minyak akan menurun. Dengan demikian ALB minyak buah merah sangat dipengaruhi oleh tahapan yang digunakan dalam metode ekstraksi, tahapan ekstraksi serta aplikasi suhu, waktu dan pengempaan.

Jika dibandingkan dengan kadar ALB maksimal pada CPO (0,5%; SNI, 2006) maka kadar ALB minyak buah merah yang dihasilkan dari penelitian ini masih sangat tinggi. Mengacu pada batas maksimum kadar ALB pada minyak goreng (SNI, 2002), maka minyak buah merah ini masih memerlukan proses pemurnian, sehingga paling tidak akan mencapai kadar ALB maksimum 0,3%.

Pemurnian minyak kasar dapat dilakukan baik secara kimia maupun fisik tergantung tujuan atau produk akhir, namun umumnya melalui 4 tahapan yaitu *degumming*, netralisasi, *bleaching*, dan deodorisasi (Lin dan Koseoglu, 2005; Basiron, 2005). Murtiningrum (2004) melaporkan bahwa pemurnian minyak buah merah (ekstraksi basah) secara konvensional dengan tahapan *degumming* (0,2% H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), netralisasi (NaOH 16°Be), pengkelatan (asam sitrat 0,005%), dan pemucatan (arang aktif 4%) dapat menurunkan kadar ALB dari 20,5% menjadi 0,28% dan bilangan peroksida dari 4,4 mg O<sub>2</sub>/100 g menjadi 0,0 mg O<sub>2</sub>/100 g tetapi

menurunkan kadar  $\beta$ -karoten dari 123 ppm menjadi 0,66 ppm. Oleh karena itu kajian selanjutnya akan difokuskan pada optimasi tahapan pemurnian minyak dengan meminimalisasi kehilangan komponen aktifnya.

#### Bilangan Peroksida (BP)

Minyak buah merah hasil ke-3 metode ekstraksi yang dipelajari pada penelitian ini mempunyai bilangan peroksida (BP) berkisar 0,37-0,38 mg O<sub>2</sub>/100g, dan tidak berbeda nyata (P<0,05) satu sama lain (Tabel 2); nilai ini lebih rendah dari BP maksimum yang dipersyaratkan untuk minyak goreng (2 mg O<sub>2</sub>/100 g; SNI 2002). BP minyak buah merah dalam kajian ini juga lebih rendah dibandingkan dengan laporan Murtiningrum *et al.* (2005), yang mengekstraksi minyak secara basah (4,4 mg O<sub>2</sub>/100g), dan Sarungallo *et al.* (2009) yang melaporkan minyak buah merah yang diekstrak secara tradisional dari Distrik Merdey (17,6 mg O<sub>2</sub>/100g). Perbedaan BP ini disebabkan terutama karena perbedaan lama proses pemasakan. Sebagaimana kadar ALB, rendahnya bilangan peroksida ini juga disebabkan karena waktu ekstraksi yang lebih pendek, dimana Murtiningrum *et al.* (2005) melakukan pemasakan selama lama  $\pm$  2 jam. Sementara itu, ekstraksi secara tradisional dari Merdey selain proses pemasakan buah merah selama 30-40 menit, kemudian dilakukan proses pelumatan dan pengempaan, yang memerlukan waktu sampai sekitar  $\pm$ 6 jam, kemudian dilanjutkan dengan pengendapan selama 24 jam (Sarungallo *et al.*, 2009). Total waktu proses ekstraksi yang mencapai lebih dari 30 jam inilah yang menyebabkan minyak buah yang dihasilkan mempunyai BP sangat tinggi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan mempersingkat waktu ekstraksi, baik untuk cara kering maupun ekstraksi basah, mampu menurunkan tingkat kerusakan oksidatif, yang dinyatakan dengan menurunnya bilangan peroksida. Hal yang sama telah dilaporkan oleh Andarwulan *et al.* (2006) bahwa pengurangan waktu pemasakan buah dari 30 menit menjadi 15 menit dapat menurunkan BP minyak buah merah dari 2,31 mg O<sub>2</sub>/100 g menjadi 0,16 mg O<sub>2</sub>/100 g.

#### Kandungan Karotenoid dan Tokoferol

Minyak buah merah dikenal mempunyai kandungan karotenoid dan tokoferol yang sangat tinggi (Suroño *et al.*, 2008; Roreng dan Nishigaki, 2013). Tabel 2 memperlihatkan total karotenoid dan tokoferol minyak buah merah yang dihasilkan pada penelitian ini. Terlihat bahwa ke-3 metode ekstraksi yang dipelajari, menghasilkan minyak buah merah dengan kandungan total karotenoid dan tokoferol yang berbeda nyata (P<0,05) satu sama lain. Menurut Wilska-Jeszka (2002), karotenoid dan tokoferol sangat sensitif terhadap oksigen, cahaya,

suhu dan keasaman karena memiliki struktur dengan sistem ikatan rangkap terkonyugasi sehingga mengandung banyak elektron reaktif dan mudah teroksidasi.

Minyak buah merah yang diekstrak dengan pelarut menghasilkan dengan kandungan karotenoid tertinggi yaitu sebesar 19.439 $\pm$ 491 mg/kg, yang mengalami penurunan pada ekstraksi kering menjadi 15.283 $\pm$ 565 mg/kg dan pada ekstraksi basah menjadi 12.695 $\pm$ 1291 mg/kg. Tingginya total karotenoid pada minyak buah merah hasil ekstrak pelarut karena proses ekstraksinya dilakukan pada suhu kamar, sehingga kerusakan karotenoid dapat diminimalisasi. Sementara itu, pada minyak hasil ekstraksi kering mengalami penurunan kadar karotenoid sekitar 21% dari karotenoid ekstrak pelarut, lebih rendah dibandingkan dengan penurunan total karotenoid pada minyak hasil ekstraksi basah sebesar 35%. Fenomena yang sama terjadi untuk tokoferol (Tabel 2), dimana ekstraksi kering dan ekstraksi basah menyebabkan penurunan kadar total tokoferol, masing-masing, sebesar sekitar 7% dan 19% dari total tokoferol ekstrak pelarut sebesar 1614 mg/kg. Pohan dan Wardayani (2006) juga melaporkan bahwa ekstraksi kering buah merah menghasilkan minyak dengan kadar total karotenoid (10450 mg/kg) dan tokoferol (13650 mg/kg) lebih tinggi daripada minyak hasil ekstraksi basah yaitu berturut-turut 8960 mg/kg dan 11440 mg/kg.

Hasil ini menunjukkan bahwa ekstraksi kering (menggunakan otoklaf dilanjutkan dengan pengempaan) dapat lebih meminimalisasi hilangnya komponen aktif buah merah, baik karotenoid maupun tokoferol, dibandingkan dengan ekstraksi basah (perebusan). Adanya air berlebih pada proses ekstraksi diduga akan memicu terjadinya reaksi hidrolisis dan oksidasi minyak sehingga meningkatkan laju kerusakan komponen karotenoid dan tokoferolnya. Dilaporkan pula bahwa proses pengolahan dengan menggunakan proses pemanasan, homogenisasi dan tekanan tinggi, dapat menyebabkan isomerisasi dan degradasi karotenoid beberapa produk pangan (Knockaert *et al.*, 2012; Zeb, 2012).

#### Komposisi dan Ketidak-Jenuhan Asam Lemak Minyak Buah Merah

Komposisi asam lemak minyak buah merah hasil ekstraksi dari ke-3 metode diperlihatkan pada Tabel 3. Umumnya komposisi asam lemak minyak hasil ekstraksi secara basah maupun kering tidak berbeda nyata (P<0,05) dengan ekstrak pelarut, kecuali beberapa asam lemak minor, yaitu asam lemak jenuh (C10 dan C18) dan asam lemak tidak jenuh (C18:3) dan komponen yang tidak diketahui.

Tabel 3. Komposisi asam lemak dan bilangan iod minyak buah merah hasil dari ekstraksi basah, ekstraksi kering dan ekstraksi pelarut (kloroform-metanol).

Komposisi asam lemak		Kadar asam lemak (g/100g minyak) minyak buah merah hasil tiga metode ekstraksi			
		Ekstraksi basah	Ekstraksi kering	Ekstraksi pelarut (kloroform:metanol)	
Asam lemak jenuh	C8	0,02±0,001 <sup>a</sup>	0,03±0,003 <sup>a</sup>	0,03±0,001 <sup>a</sup>	
	C10	0,0025±0,0009 <sup>b</sup>	0,0024±0,0001 <sup>b</sup>	0,005±0,0001 <sup>a</sup>	
	C12	0,08±0,001 <sup>a</sup>	0,10±0,011 <sup>a</sup>	0,18±0,004 <sup>a</sup>	
	C14	0,08±0,006 <sup>a</sup>	0,08±0,003 <sup>a</sup>	0,12±0,005 <sup>a</sup>	
	C16	17,07±1,488 <sup>a</sup>	16,82±1,28 <sup>a</sup>	17,12±0,77 <sup>a</sup>	
	C18	0,75±0,095 <sup>b</sup>	0,84±0,038 <sup>b</sup>	1,18±0,12 <sup>a</sup>	
	C20	0,15±0,015 <sup>a</sup>	0,12±0,005 <sup>a</sup>	0,14±0,015 <sup>a</sup>	
	Total	18,13±1,40 <sup>a</sup>	18,00±1,32 <sup>a</sup>	18,78±0,87 <sup>a</sup>	
Asam lemak tidak jenuh	MUFA*	C16:1	0,83±0,047 <sup>a</sup>	0,80±0,004 <sup>a</sup>	0,88±0,13 <sup>a</sup>
		C18:1	59,35±0,766 <sup>a</sup>	60,55±0,64 <sup>a</sup>	60,04±3,86 <sup>a</sup>
		C20:1	0,22±0,015 <sup>a</sup>	0,28±0,002 <sup>a</sup>	0,21±0,030 <sup>a</sup>
	PUFA**	C18:2	4,27±0,051 <sup>a</sup>	5,27±0,79 <sup>a</sup>	5,96±0,86 <sup>a</sup>
		C18:3	0,87±0,001 <sup>b</sup>	1,14±0,01 <sup>a</sup>	1,11±0,09 <sup>a</sup>
		Total	5,14±0,050 <sup>a</sup>	6,40±0,80 <sup>a</sup>	7,08±1,03 <sup>a</sup>
Total	65,54±0,78 <sup>a</sup>	68,04±1,44 <sup>a</sup>	68,30±3,19 <sup>a</sup>		
	Unknown	1,59±0,081 <sup>a</sup>	0,22±0,019 <sup>b</sup>	0,34±0,045 <sup>b</sup>	
	Total asam lemak	85,26±0,54 <sup>a</sup>	86,26±2,78 <sup>a</sup>	87,42±2,36 <sup>a</sup>	
	Bilangan Iod	80,37±1,33 <sup>a</sup>	80,95±0,99 <sup>a</sup>	80,09±0,15 <sup>a</sup>	

Ket: \*MUFA : *monounsaturated fatty acid*\*\*PUFA : *polyunsaturated fatty acid*

\*\*\*Huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata (P&lt;0,05)

Secara umum, Tabel 3 menunjukkan bahwa minyak buah merah tersusun atas asam lemak jenuh (ALJ) berkisar 18,00-18,78 g/100g dan asam lemak tidak jenuh (ALTJ) sekitar 65,57-68,3 g/100g. Komponen utama ALJ minyak buah merah adalah palmitat (C16:0) 16,82-17,12 g/100g, sedangkan komponen utama ALTJ yaitu asam oleat (C18:1) berkisar 59,35-60,55 g/100 g, linoleat (C18:2) 4,27-5,96 g/100 g, sedangkan linolenat (C18:3) 0,87-1,14 g/100g. Komposisi asam lemak buah merah (Tabel 3) ini mirip dengan hasil peneliti terdahulu yang melaporkan bahwa komposisi asam lemak minyak buah merah asal Jayapura (Papua) terdiri atas asam oleat, linoleat, palmitoleat dan palmitat, masing-masing sebesar 60,8 g/100 g, 7,5 g/100 g, 0,13 g/100 g, dan 17,7 g/100g (Rohman *et al.*, 2012).

Tingkat ketidak-jenuhan asam lemak bisa juga dinyatakan dengan bilangan Iod (BI). Pengamatan terhadap perubahan BI dapat digunakan untuk mengikuti adanya kerusakan oksidatif, dimana proses oksidasi akan menyebabkan asam lemak tidak jenuh minyak sangat terdegradasi, yang ditunjukkan dengan menurunnya BI (Scrimgeour, 2005; Basiron, 2005). Penelitian ini menunjukkan bahwa minyak buah merah hasil ekstraksi basah (pemasakan) maupun kering (pengukusan dan pengempaan) tidak menunjukkan BI yang berbeda nyata (P<0,05) dengan minyak hasil ekstraksi dengan pelarut (Tabel 3). Tingginya nilai BI minyak buah merah ini

(sekitar 80 mg/100 g) sesuai dengan hasil analisis komposisi asam lemaknya (Tabel 3) yang didominasi oleh asam lemak tidak jenuh dan tidak menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05) antar perlakuan, dan menunjukkan bahwa ketidak-jenuhan minyak buah merah yang dihasilkan masih tinggi.

Andawulan *et al.* (2006) melaporkan bahwa ekstraksi minyak buah merah secara tradisional (pemasakan pasta 3 jam dan pengendapan minyak 24 jam) akan memiliki BI 42,6 g/100 g, dimana nilai BI ini dapat ditingkatkan menjadi 67,8 g/100 g dengan pemanasan menggunakan otoklaf (100°C, 15 menit) dan dilanjutkan dengan pengempaan. Nilai BI minyak buah merah pada penelitian ini lebih tinggi daripada nilai BI yang dilaporkan Andawulan *et al.* (2006) sebesar 67,8 g/ 100 g, maupun Murtiningrum *et al.* (2005) sebesar 63,12 g/100 g. Perbedaan ini dapat disebabkan karena perbedaan klon buah merah serta tahapan proses dan waktu yang digunakan selama ekstraksi.

Lebih lanjut, Tabel 3 memperlihatkan pula bahwa minyak hasil ekstraksi basah mempunyai kadar komponen yang tidak diketahui paling tinggi. Hal ini menimbulkan dugaan bahwa penggunaan panas dalam ekstraksi basah dapat menyebabkan asam lemak tidak jenuh lebih mudah terdegradasi sehingga menghasilkan komponen yang tidak teridentifikasi, seperti aldehid, keton, alkohol dan asam organik rantai pendek (Atinafu dan Bedemo

2011). Dugaan ini juga diperkuat dengan laporan dari Andarwulan *et al.* (2006) yang menyatakan bahwa persentasi ALTJ minyak buah merah hasil ekstraksi basah menurun dengan semakin lamanya waktu pemanasan. Fenomena yang sama juga dilaporkan oleh Caponio *et al.* (2006), yang mengamati bahwa pemanasan beberapa minyak nabati (minyak zaitun *virgin*, minyak bunga matahari dan minyak kacang) dengan oven biasa maupun oven *microwave* pada suhu 70-230°C selama 15-45 menit, menyebabkan kadar ALTJ menurun. Tingginya kandungan ALTJ (yang juga dinyatakan dengan tingginya BI) pada minyak buah merah juga dapat mengindikasikan bahwa tahapan dalam ekstraksi yang dilakukan (baik ekstraksi kering maupun ekstraksi basah) sudah dapat meminimalisasi terjadinya oksidasi ALTJ.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Kualitas kimia minyak buah merah yang dihasilkan dengan metode ekstraksi kering secara nyata ( $P < 0,05$ ) lebih baik dibandingkan dengan minyak yang dihasilkan dengan metode ekstraksi basah, yang ditunjukkan oleh kadar asam lemak bebas (ALB) yang lebih rendah, serta kadar total karotenoid dan tokoferol yang lebih tinggi, namun memiliki kualitas yang sama pada kadar air dan nilai peroksida. Tahapan yang diaplikasikan dalam metode ekstraksi minyak buah merah baik dengan cara kering maupun basah ini dengan waktu ekstraksi yang relatif pendek (20 menit) tidak mempengaruhi sifat kimia minyak yang dinyatakan oleh komposisi asam lemak dan bilangan iod yang tidak berbeda nyata ( $P < 0,05$ ) dengan ekstrak metode Folch. Faktor kritis untuk proses ekstraksi minyak buah merah terletak pada tahap pemanasan, dimana parameter yang perlu dikendalikan adalah keberadaan air, suhu dan lama proses.

### Saran

Kajian selanjutnya difokuskan pada upaya penurunan kadar asam lemak bebas minyak melalui optimasi tahapan proses pemurnian minyak mentah buah merah yang diekstraksi secara kering, dengan meminimalisasi kehilangan komponen aktifnya.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi atas bantuan dana penelitian melalui Beasiswa Pendidikan Pasca Sarjana (BPPS) tahun 2009-2013.

## DAFTAR PUSTAKA

Andarwulan N, Palupi NS, dan Susanti. 2006. Pengembangan Metode Ekstraksi dan Karakterisasi Minyak Buah Merah

(*Pandanus conoideus* L.). *Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Ahli Pangan Indonesia (PATPI)*, Yogyakarta, Indonesia. 2-3 Agustus 2006.

- [AOCS] American Oil Chemists' Society. 2003. *Official Methods and Recommended Practices of the AOCS*. 5<sup>th</sup> ed. Champaign, Illinois: AOCS.
- [AOAC] Association of Analytical Chemist. 2005. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. Wahington DC:AOAC.
- Atinafu DG dan Bedemo B. 2011. Estimation of total free fatty acid and cholesterol content in some commercial edible oils in ethiopia, bahir DAR. *J Cereal Oil Seeds*. 2 (6): 71-76.
- Basiron Y. 2005. Palm Oil. Di dalam Shahidi F (ed.), *Edible Oil and Fat Products: Edible Oils*. Volume 2. Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Sixth Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, Ltd.
- Caponio F, Pasqualone A, dan Gomes T. 2003. Changes in the fatty acid composition of vegetable oils in model doughs submitted to conventional or microwave heating. *Int J Food Sci Technol*. 38: 481-486.
- Johnson LA. 2002. Recovery, Refining, Converting, and Stabilizing Edible Fats and Oils. Di dalam Akoh CC dan Min DB (ed.), *Food Lipids-Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Fauzi NAM dan Sarmidi MR. 2010. Extraction of heat treated palm oil and their stability on  $\beta$ -carotene during storage. *J Sci Technol*. 2 (1): 45-54.
- Folch J, Lees M, dan Sloane-Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Bio Chem*. 226: 497-509.
- Hart DJ dan Scott KJ. 1995. Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. *Food Chem*. 54: 101-111.
- Karabulut I. 2010. Effects of  $\alpha$ -tocopherol,  $\beta$ -carotene and ascorbyl palmitate on oxidative stability of butter oil triacylglycerols. *Food Chem*. 123: 622-627.
- Khiong K, Adhika OA, dan Chakravitha M. 2009. Inhibition of NF- $\kappa$ B Pathway as the therapeutic potential of red fruit (*Pandanus conoideus* Lam.) in the treatment of inflammatory bowel disease. *J Kedot Maranatha*. 9 (1): 69-75.
- Knockaert G, Lemmens L, Van-Buggenhout S, Hendrickx M, Van-Loey A. 2012. Changes in  $\beta$ -carotene bioaccessibility and



- concentration during processing of carrot puree. *Food Chem.* 133: 60-67.
- Limbongan J dan Malik A. 2009. Peluang pengembangan buah merah (*Pandanus conoideus* Lamk) di Provinsi Papua. *J Litbang Pert.* 28 (4): 134-141.
- Lin L dan Koseoglu SS. 2005. Membrane Processing of Fats and Oils. Di dalam Shahidi F (ed.), *Edible Oil and Fat Products: Processing Technologies*. Volume 5. Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Sixth Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, Ltd.
- Lubis EH, Wijaya H, dan Lestari N. 2012. Mempelajari ekstraksi dan stabilitas total karotenoid, dan  $\alpha$ - dan  $\beta$ -cryptoxanthin dalam ekstrak buah merah (*Pandanus conoideus* Lamk). *J Riset Tek Ind.* 6 (12): 126-140.
- Moeljopawiro S, Anggelia MR, Ayuningtya D, Widaryanti B, Sari Y, Budi IM. 2007. Pengaruh sari buah merah (*Pandanus conoideus* Lamk) terhadap pertumbuhan sel kanker payudara dan sel kanker usus besar. *Berkala Ilmiah Biol.* 6 (2): 121-130.
- Mun'im A, Andrajati R, dan Susilowati H. 2006. Uji hambatan tumorigenesis sari buah merah (*Pandanus conoideus* Lam.) terhadap tikus putih betina yang diinduksi 7,12 dimetilbenz (A) antrasen (Dmba). *Majalah Ilmu Kefarmasian* 3 (3): 153-161.
- Murtiningrum. 2004. Ekstraksi minyak dengan metode wet rendering dari buah merah (*Pandanus conoideus* L.) dan pemurnian dengan filtrasi membran. [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Murtiningrum, Ketaren S, Suprihatin, Kaseno. 2005. Ekstraksi minyak dengan metode wet rendering dari buah merah (*Pandanus conoideus* L.). *J Tek Ind Pert.* 15: 28-33.
- Murtiningrum, Sarungallo ZL, dan Mawikere NL. 2012. The exploration and diversity of red fruit (*Pandanus conoideus* L.) from Papua based on its physical characteristics and chemical composition. *J Bio Diversity.* 13 (3): 124-129.
- Ngando EGF, Dhouib R, Carriere F, Zollo PHA, Arondel V. 2006. Assaying lipase activity from oil palm fruit (*Elaeis guineensis* Jacq.) mesocarp. *Plant Physiol Biochem.* 44: 611-617.
- Pohan HG dan Wardayani NIA. 2006. Mempelajari proses ekstraksi dan karakterisasi minyak buah merah (*Pandanus conoideus* L.). *Warta Indus Hasil Pert.* 23 (2): 26-41.
- PORIM. 2005. PORIM Test Methods. Malaysia: Palm Oil Research Institute of Malaysia; Ministry of Primary Industries.
- Rifki. 2009. Pengaruh Pemberian Ekstrak Buah Merah (*Pandanus Conoideus*) terhadap Jumlah dan Motilitas Spermatozoa Mencit (*Mus Musculus*). [Skripsi]. Semarang: Universitas Islam Sultan Agung.
- Rohman A, Riyanto S, Yuniarti N, Saputra WR, Utami R, Mulatsih W. 2010. Antioxidant activity, total phenolic, total flavanoid of extracts and fractions of red fruit (*Pandanus conoideus* Lam). *IFRJ.* 17: 97-106.
- Rohman A, Sugeng R, dan Che Man YB. 2012. Characterization of red fruit (*Pandanus conoideus* Lam) oil. *IFRJ.* 19 (2): 563-567.
- Roreng MK dan Nishigaki T. 2013. Buah merah dan penduduk Papua. *Warta Indus Hasil Pert.* 30 (1): 1-8.
- Sarungallo ZL, Murtiningrum, dan Paiki SNP. 2009. Sifat fisikokimia minyak kasar dan hasil degumming dari buah merah (*Pandanus conoideus* L.) yang diekstrak secara Tradisional Merdey. *J Agrotek* 1(6): 9-15.
- Scrimgeour C. 2005. *Chemistry of Fatty Acids. Di dalam Shahidi F (ed.), Edible Oil and Fat Products: Chemistry, Properties, and Health Effects. Volume 1. Bailey's Industrial Oil and Fat Products.* Sixth Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, Ltd.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia 01-2901-2006. 2006. Minyak kelapa sawit. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia 01-3741-2002. 2002. Minyak goreng. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Surono I, Endaryanto TA, dan Nishigaki T. 2008. Indonesian Biodiversities, from Microbes to Herbal Plants as Potential Functional Foods. *J Fac Agric Shinshu Univ.* 44 (1.2): 23-27.
- Wilska-Jeszka J. 2002. Food Colorants. Di dalam Sikorski ZE, (ed.). *Chemical and Functional Properties of Food Components*, Second Edition. New York: CRC Press. P212-215.
- Winarto, Maduyan M, dan Anisah N. 2009. The effect of *Pandanus conoideus* Lam. oil on pancreatic  $\beta$ -cells dan glibenclamide hypoglycemic effect of diabetic wistar rats. *Berkala Ilmu Kedokteran.* 41: 11-19.
- Wong ML, Timms RE, dan Goh EM. 1988. Colorimetric determination of total tocopherols in palm olein and stearin. *JAOCs.* 65: 258-261.
- Zeb A. 2012. Oxidation and formation of oxidation products of  $\beta$ -carotene at boiling temperature. *Chem Phys Lipids.* 165: 277-281.