

OPTIMALISASI CARA PEMERAMAN BUAH CEMPEDAK (*Artocarpus champeden*)

Optimization of Ripening Technology in Cempedak Fruit (*Artocarpus champeden*)

Abdullah Bin Arif, Wahyu Diyono, Enrico Syaefullah, Suyanti dan Setyadjit

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Jl Tentara Pelajar 12 Bogor 16114
E-mail: ab_arif.pascapanen@yahoo.co.id

(Makalah diterima, 2 Desember 2013 – Disetujui, 20 Mei 2014)

ABSTRAK

Cempedak (*Artocarpus champeden*), merupakan salah satu jenis tanaman eksotis asli Indonesia. Rasa buahnya sangat manis dan legit, aromanya sangat wangi dan khas. Buah cempedak merupakan buah klimaterik yang tingkat ketuaannya tidak seragam. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan teknologi pemeraman buah cempedak yang menghasilkan kematangan buah cempedak lebih seragam dan lebih cepat tanpa harus merubah karakter fisik dan kimianya. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) 1 faktor yang terdiri dari sepuluh (10) perlakuan pemeraman dengan dua ulangan. Perlakuan tersebut meliputi kontrol (tanpa perlakuan), pelukaan, karbit pada beberapa dosis 1, 2, 3, dan 4 g/kg buah (C1, C2, C3 dan C4) dan *ethrel* pada beberapa dosis (1000, 1500, 2000 dan 2500) ppm. Analisis statistik yang dilakukan meliputi analisis *univariate* dan *multivariate*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pemeraman dengan karbit dan *ethrel* dapat mempercepat pematangan buah cempedak lebih cepat 3 hari dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan pelukaan. Semakin tinggi dosis karbit dan *ethrel* nilai TPT dan kadar air cenderung semakin rendah, sebaliknya nilai vitamin C semakin tinggi dengan semakin tingginya dosis pada hari keempat setelah pemeraman. Perlakuan pemeraman dengan dosis karbit 2 dan 3 g/kg mempunyai kemiripan dengan perlakuan pemeraman *ethrel* 1500 dan 2000 ppm pada karakter total asam, vitamin C, total padatan terlarut dan kadar air setelah 7 hari pemeraman. Analisis *univariate* (anova) efektif dalam hal memberikan informasi mengenai perlakuan yang terbaik, sedangkan analisis *multivariate* (manova dan PCA) efektif dalam mengurangi/mereduksi jumlah variabel dan menentukan kemiripan suatu variabel.

Kata kunci: Cempedak, Fisikokimia dan Pemeraman, Analisis Univariate, Analisis Multivariate

ABSTRACT

Cempedak (Artocarpus champeden), is one of the original Indonesian exotic plant species. The fruit tastes very sweet and sticky, very fragrant aroma and distinctive. Cempedak fruit is a fruit that has dissimilar maturity level. This study aimed to obtain cempedak fruit ripening technology that produces cempedak fruit's maturity to be relatively homogeneous and faster without having to change the physical and chemical characteristics. The experimental design used was a completely randomized design (CRD) 1 factor of ten (10) ripening treatment with two replications. The treatment includes a control (no treatment), wounding, carbide at a dose of 1, 2, 3, and 4 g / kg of fruit (C1, C2, C3 and C4) and Ethrel at several doses (1000, 1500, 2000 and 2500) ppm. Statistical analysis was conducted such as univariate and multivariate analyses. The results showed that treatments with calcium carbide and ethrel ripening may accelerate fruit ripening faster 3 days compared to the control treatment and wounding. The higher dose of calcium carbide and ethrel, TPT value and water content tend to be lower, whereas the higher value of vitamin C with the higher dose on the fourth day after ripening. Ripening treatment with doses of calcium carbide 2 and 3 g / kg were similar to ripening treatment ethrel 1500 and 2000 ppm total acid, vitamin C, total dissolved solids and water content after 7 days of ripening. Univariate analysis (anova) is effective in terms of providing information on the best treatment, while the multivariate analysis (manova and PCA) is effective in reducing the number of variables and determine the similarity of a variable.

Key words: Cempedak, Physicochemical, Ripening, Univariate Analysis, Multivariate Analysis

PENDAHULUAN

Cempedak (*Artocarpus champeden*), merupakan salah satu jenis tanaman asli Indonesia. Saat ini penyebarannya sudah merambah sampai ke Malaysia dan Papua Nugini. Di Indonesia tanaman cempedak tersebar di daerah Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku dan Jawa. Dibandingkan dengan nangka, cempedak kalah populer. Belum tersedia informasi jumlah produksi cempedak di Indonesia. Menurut BPS (2010) jumlah produksi cempedak dan nangka pada tahun 2009 sebanyak 653.444 ton.

Cempedak satu genus dengan nangka, namun kurang populer dibandingkan dengan nangka. Meskipun orang lebih mengenal nangka, cempedak mempunyai keistimewaan. Rasa buahnya sangat manis dan legit, aromanya sangat wangi dan khas yang merupakan campuran aroma durian, kemang dan nangka. Kelebihan cempedak dibanding nangka yaitu daging buahnya mudah dilepas dari daminya. Dengan menarik tangkai buahnya maka seluruh daging buah akan terlepas dari daminya. Hasil penelitian Leong dan Sui (2002) buah cempedak mengandung anti oksidan sebanyak $126 \pm 19,1$ mg/100 g dan tergolong buah-buahan dengan kandungan antioksidan medium (70-200 mg/100 g). Buah cempedak merupakan buah klimaterik, biasa dipanen masih mentah dan matang setelah penyimpanan. Buah cempedak yang matang mempunyai daya simpan yang singkat. Secara tradisional pematangan buah cempedak dilakukan dengan membiarkannya dalam ruangan. Tingkat ketuaan yang tidak seragam saat dipanen menghasilkan buah yang kematangannya tidak seragam, sehingga untuk memenuhi kebutuhan akan buah cempedak dalam jumlah besar diperlukan teknologi pemeraman yang dapat menyeragamkan kematangan buah.

Buah-buahan klimaterik dapat dipercepat kematangannya dengan cara pemeraman. Berbagai cara pemeraman buah buahan yang telah umum dilakukan adalah dengan cara pengemposan, menggunakan karbit atau dengan cara pelukaan. Untuk mempercepat kematangan buah petani melakukan pelukaan pada permukaan buah. Beberapa torehan dilakukan pada permukaan buah agar buah cepat matang. Luka pada permukaan buah dapat menyebabkan tampilan buah menjadi tidak menarik serta juga dapat menyebabkan mikroba perusak masuk kedalam jaringan daging buah sehingga buah menjadi cepat rusak. Bahan lain yang dapat digunakan untuk bahan pemeraman buah-buahan antara lain *ethrel*, gas *asetilen*, gas *etilen*, dan daun gamal (Park *et al.*, 2006; Singh dan Dwivendi, 2008; Korsak dan Park, 2010). Selain itu modifikasi atmosfer pengemasan juga digunakan sebagai teknologi untuk mempercepat pematangan buah dan kematangan yang lebih homogen (Tovar *et al.*, 2011).

Etilen dan gas asetilen tidak berwarna, agak berbau dan mudah terdeteksi pada konsentrasi rendah, tidak beracun untuk manusia dan hewan selama kepekatannya dibawah 1000 ppm (0,1%). Campuran udara dan gas etilen lebih dari 27.000 ppm (2,7%) dapat meledak. *Ethrel* atau *ethepon* adalah suatu larutan yang mengandung bahan aktif 2 *chloro ethyl phosponic acid* yang dapat menghasilkan etilen secara langsung pada jaringan tanaman. Dengan timbulnya etilen maka kematangan buah dapat dipercepat. Pada buah-buahan klimaterik penggunaan gas etilen telah banyak digunakan untuk mempercepat pematangan buah dan tingkat kematangan yang lebih seragam (Park *et al.*, 2006; Singh dan Dwivendi, 2008; Korsak dan Park, 2010). Etilen memainkan peran penting dalam mengatur pematangan buah dan penuaan dan secara langsung mempengaruhi kualitas apel segar, termasuk penampilan, warna, tekstur dan rasa (Yang *et al.*, 2013). Kesempurnaan hasil pemeraman dengan menggunakan etilen dipengaruhi oleh dosis bahan pemacu pematangan, suhu, kelembaban dan sirkulasi udara. Senyawa *etilen* inilah yang merupakan hormon yang aktif dalam proses pematangan buah (Prabawati *et al.*, 2008). Selain itu batu karbit atau kalsium karbida dapat juga digunakan untuk mempercepat pematangan buah hal ini karena batu karbit mudah diperoleh, murah dan praktis (Prabawati *et al.* 2008).

Proses pematangan menyebabkan terjadinya pemecahan klorofil, pati, pektin, dan tanin yang diikuti dengan pembentukan senyawa *etilen*, *pigmen*, *flavor*, energi dan *polipeptida* (Pantastico, 1975 dalam Prabawati *et al.*, 2008). Prabawati *et al.* (2008) menyatakan bahwa proses pematangan yang berjalan sempurna (suhu sejuk, kelembaban tinggi, ventilasi udara di tempat pemeraman baik, dosis bahan pemacu pematangan tepat) menghasilkan warna kulit buah pisang kuning merata, rasa buah manis, aroma kuat dan tidak mudah rontok.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan teknologi pemeraman buah cempedak yang menghasilkan kematangan buah cempedak lebih seragam dan lebih cepat tanpa harus merubah karakter fisik dan kimianya serta membandingkan dua cara mengolah data.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor pada bulan Februari-Maret 2012. Bahan baku yang digunakan adalah buah cempedak varietas lokal Bogor. Sedangkan bahan pemeraman yang digunakan adalah karbit dan *ethrel*. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) 1 faktor yang terdiri dari sepuluh (10) perlakuan pemeraman dengan dua ulangan. Perlakuan tersebut meliputi kontrol (tanpa

perlakuan), pelukaan, karbit pada beberapa dosis 1, 2, 3, dan 4 g/kg buah (C1, C2, C3 dan C4) dan *ethrel* pada beberapa dosis (1000, 1500, 2000 dan 2500 ppm).

Pematangan buah cempedak dengan pelukaan dilakukan dengan cara menggores dengan pisau pada permukaan buah cempedak. Pemeraman dengan karbit dilakukan dengan cara memberikan penambahan karbit sesuai perlakuan dosis kemudian dibungkus dengan koran. Setelah 24 jam, buah cempedak dikeluarkan dari koran pembungkus dan disimpan pada suhu ruang (28-30°C). Pemeraman dengan *ethrel* dilakukan dengan cara mencelupkan buah cempedak pada larutan *ethrel* dengan perlakuan dosis selama sekitar 1 menit, selanjutnya cempedak disimpan pada suhu ruang 28-30°C. Semua pemeraman dilakukan selama 7 hari dan setiap hari dilakukan pengamatan. Masing masing buah ditimbang sebelum dan sesudah pemeraman untuk mengetahui susut bobot selama dalam pemeraman.

Pengamatan sebelum perlakuan meliputi warna kulit buah dan warna daging buah yang dilakukan dengan alat *chromameter*. Berat buah total, berat daging buah, berat kulit buah, berat tangkai buah dan berat biji ditimbang. Jumlah biji dihitung dan daging buah diukur ketebalannya. Kadar air, kadar abu, kadar lemak dan kadar protein dianalisis menggunakan metode SNI 01.2891.1992. Karbohidrat dihitung dengan *by different*. Total Padatan Terlarut (TPT) diamati dengan menggunakan *refraktometer*. Total asam dan vitamin C diukur dengan titrimetri.

Pengamatan selama dan setelah pemeraman meliputi susut bobot yaitu dengan membandingkan bobot sebelum perlakuan dan setelah perlakuan, diamati setiap hari sampai hari ke enam. Tekstur buah, diamati dengan menggunakan *skoring* yaitu 1 = sangat keras, 2 = keras, 3 = cukup lunak, 4 = lunak dan 5 = sangat lunak. Pengamatan dilakukan setiap hari hingga 7 hari setelah perlakuan pemeraman.

Analisis data meliputi analisis parametrik dan nonparametrik. Analisis parametrik terdiri dari analisis ragam (anova *univariate*) dan analisis *multivariate* (Manova dan analisis *principal component*) analisis tersebut dilakukan untuk pengamatan susut bobot, TPT, total asam, vitamin C dan kadar air.

Model matematika untuk analisis ragam sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan:

Y_{ijk} = nilai pengamatan pengaruh faktor perlakuan pemeraman ke-i dan ulangan ke-j

μ = rata-rata umum

α_i = nilai tambah pengaruh faktor perlakuan pemeraman ke-i

ε_{ij} = galat percobaan

Jika hasil analisis ragam yang diperoleh terdapat perbedaan yang nyata, maka dilakukan uji lanjut *duncan*

multiple range test (DMRT) dan uji lanjut kontras ortogonal-polinomial diantara perlakuan pada taraf 5% untuk mengetahui beda nilai tengah. Rumus nilai kritikal untuk uji DMRT sebagai berikut:

$$R_p = q_{\alpha; p, db} (KT \text{ galat}/r)^{1/2}$$

Keterangan:

R_p = Nilai kritikal untuk p-nilai tengah yang dibandingkan

q_{α} = tabel Duncan

p = banyaknya nilai tengah untuk dua peringkat nilai tengah yang dibandingkan

db = derajat bebas galat

KT = kuadrat tengah

r = banyaknya ulangan

Sedangkan rumus matematika jumlah kuadrat (JK) kontras sebagai berikut:

$$JK \text{ Kontras} = \frac{(\sum c_i T_i)^2}{r \sum c_i^2}$$

keterangan:

T_i = jumlah perlakuan ke-i

r = banyaknya ulangan

Analisis nonparametrik yang dilakukan yaitu analisis *kruskal-wallis* untuk karakter tekstur/kelunakan buah. Rumus matematika uji *Kruskal-Wallis* (H) sebagai berikut:

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \left[\sum_{j=1}^c \frac{R_j^2}{n_j} \right] - 3(n+1)$$

Keterangan:

c = banyaknya kelompok

n = banyaknya contoh/sample/items

R = jumlah peringkat dalam contoh ke j

T_j = total peringkat pada satu kelompok j

n_j = banyaknya contoh/sample/items pada satu kelompok j

Analisis yang lain yang digunakan yaitu analisis *multivariate*, analisis ini bertujuan untuk : menemukan dan menafsirkan struktur atau ciri-ciri yang mendasari data (Iriawan dan Astuti, 2006). Analisis *multivariate* yang dilakukan meliputi:

a. Analisis Manova dijabarkan sebagai $A = E^{-1} H$ meliputi:

1. Bartlett-Pillai's Criterion dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{trace} [H(H + E)^{-1}] = \left[\sum_{i=1}^q \frac{\lambda_i}{1 + \lambda_i} \right]$$

2. *Hotelling-Lawley Criterion* dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{trace (A)} = \text{trace (HE}^{-1}) = \left[\sum_{i=1}^q \lambda_i \right]$$

3. *Wilk's Lambda Criterion* dengan rumus sebagai berikut:

$$A = \frac{|E|}{|H + E|} = \prod_{i=1}^q \frac{1}{1 + \lambda_i}$$

4. *Roy Criterion* dengan rumus sebagai berikut:

$$F = \frac{(N - b - 1)\lambda_i}{b}$$

b. Analisis *principal component* (komponen utama/PCA)

Komponen utama merupakan kombinasi linier terboboti dari parameter-parameter asal yang mampu menerangkan keragaman data secara maksimum (Adiningsih *et al.*, 2004). Komponen utama ke-j dari sejumlah p parameter (peubah) dapat dinyatakan sebagai:

$$y_j = a_{1j} x_1 + a_{2j} x_2 + \dots + a_{pj} x_p = a'x$$

dan keragaman komponen utama ke-j adalah:

$$\text{Var} (y_j) = \lambda_j; j=1,2,\dots,p$$

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ adalah akar ciri yang diperoleh dari persamaan :

$$|\Sigma - \lambda_j I| = 0$$

dengan $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$.

Vektor ciri *a* sebagai pembobot dari transformasi linier peubah asal diperoleh dari persamaan:

$$|\Sigma - \lambda_j I| a_j = 0$$

Total keragaman komponen utama adalah:

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p = \text{trace} (\Sigma)$$

dan persentase total keragaman data yang mampu dijelaskan oleh komponen utama ke-j adalah:

$$(\lambda_j / \text{trace} (\Sigma)) \times 100\%$$

Perhitungan analisis tersebut dilakukan secara otomatis menggunakan program (*software*) Minitab 14 dan SAS seri 9.3 *portable*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Buah Cempedak Lokal di Bogor

Warna daging buah cempedak bervariasi, mulai dari putih, putih kekuningan sampai kuning oranye. Warna daging buah cempedak lokal di Bogor pada umumnya berwarna kuning. Gambar 1 dan Tabel 1 menunjukkan bahwa buah cempedak lokal Bogor mempunyai tingkat kecerahan dan tingkat kekuningan lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat kemerahan (Gambar 1).

Perubahan warna dan aroma serta kelunakan daging buah merupakan faktor terpenting untuk menentukan kematangan buah (Sari *et al.*, 2004). Warna pada buah-buahan disebabkan oleh adanya pigmen yang pada umumnya terdiri dari klorofil, antosianin, *flavonoid* dan *karotenoid*. Warna hijau pada buah mentah disebabkan oleh pigmen klorofil. Ketika matang klorofil menjadi hilang sehingga pigmen yang dominan adalah *karotenoid* dan *anthosianin*. *Karotenoid* terdiri atas karoten, *xanthofil* dan *likopen*. Pigmen anthosianin memberikan warna-warna merah, biru dan ungu dalam buah-buahan.

Karakteristik buah cempedak lokal di Bogor disajikan pada Tabel 1. Berat biji cempedak dapat mencapai sekitar 25% dari total berat buahnya, hal ini terlihat dari Tabel 1 yang menunjukkan berat biji 342,40 g dengan berat buah



Gambar 1. Warna Kulit dan Daging Buah Cempedak Lokal di Bogor

Tabel 1. Karakteristik Buah Cempedak Lokal di Bogor

Parameter	Rata-rata ± Simpangan baku
Warna Kulit Buah	
L	48,67 ± 6,49
a	20,45 ± 11,89
b	49,28 ± 2,65
Warna Daging Buah	
L	69,62 ± 4,38
a	5,83 ± 4,35
b	61,39 ± 12,12
Berat Buah total (g)	1611,42 ± 591,24
Berat Daging Buah (g)	443,00 ± 209,48
Berat Kulit Buah (g)	757,15 ± 214,85
Berat Tangkai Buah (g)	68,84 ± 29,59
Berat Biji (g)	342,40 ± 194,60
Jumlah Biji	60,00 ± 17,69
Tebal Daging Buah (mm)	3,74 ± 0,47
Kadar Air (%)	62,90 ± 4,61
Kadar Abu (%)	1,04 ± 0,07
Kadar Lemak (%)	0,36 ± 0,23
Kadar Protein (%)	1,86 ± 0,11
Kadar Karbohidrat (%)	33,81 ± 4,58
TPT (°Brik)	33,73 ± 3,26
Total Asam (%)	0,22 ± 0,06
Vitamin C (mg/100 g)	90,33 ± 28,01

total 1611,42 g. Dari hal tersebut dapat dinyatakan bahwa biji buah cempedak dapat dijadikan sebagai bahan pangan alternatif khususnya pangan berbasis karbohidrat. Hasil penelitian Zabidi dan Aziz (2009) menunjukkan bahwa tepung dari biji buah cempedak memiliki nilai indeks glikemik yang rendah. Bahan pangan yang memiliki nilai indeks glikemik yang rendah sangat baik dikonsumsi oleh penderita diabetes mellitus (DM) (Rimbawan dan Siagian, 2004). Kandungan vitamin C buah cempedak sebesar 90,33 mg/100 g. Kadar protein dan kadar karbohidrat cempedak lebih tinggi dibandingkan dengan nangka, kadar protein buah nangka adalah 1,2 % dan kadar karbohidrat 27,6 % (Anonim, 2012; Setyawati *et al.*, 2012).

Tekstur/Kelunakan Buah Cempedak Selama Pemeraman

Semakin tinggi dosis karbit dan *ethrel*, maka semakin tinggi tingkat nilai tekstur/kelunakan buah cempedak (Tabel 2). Pada hari ke dua hingga hari ke empat setelah pemeraman, perlakuan karbit dan *ethrel* menunjukkan tingkat kelunakan yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan kontrol dan pelukaan (Tabel 2). Perubahan fisiologi yang terjadi dalam proses pematangan adalah

terjadinya proses respirasi klimaterik, salah satu proses pematangan oleh etilen mempengaruhi respirasi klimaterik yaitu: *etilen* mempengaruhi permeabilitas membran, sehingga permeabilitas sel menjadi besar, hal tersebut mengakibatkan proses pelunakan dinding sel yang merupakan komponen struktural yang mengelilingi setiap sel tanaman sehingga metabolisme respirasi lebih cepat (Herkovitz *et al.*, 2010; Zaharah *et al.*, 2013). *Etilen* memainkan peranan penting dalam pematangan dan penuaan buah apel, dimana penambahan *etilen* dapat meningkatkan suatu kelompok protein tertentu yang tidak terdapat selama pematangan buah secara normal dan berkurangnya protein yang terlibat langsung dalam metabolisme primer sehingga menyebabkan pelunakan buah apel (Zheng *et al.*, 2013).

Proses pematangan buah dengan menggunakan karbit yaitu karbit yang terkena uap air akan menghasilkan gas asetilen yang memiliki struktur kimia mirip dengan etilen alami, zat yang membuat proses pematangan di kulit buah. Secara alami karbohidrat dalam kandungan daging buah berubah menjadi glukosa, yang membuat rasa manis dan melunaknya daging buah.

Proses pembentukan *etilen* dari karbit adalah $\text{CaC}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca(OH)}_2$. Dengan penambahan karbit pada pematangan buah menyebabkan konsentrasi

Tabel 2. Nilai Tekstur/Kelunakan Buah Cempedak pada Beberapa Perlakuan Selama Pemeraman

Perlakuan	Tekstur/kelunakan Buah						
	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7
Kontrol	1,00	1,00	1,00	2,50	3,00	3,50	4,00
Pelukaan	1,00	1,00	1,50	3,00	3,00	3,00	4,00
C1	1,00	1,50	2,00	4,00	4,00	4,00	4,00
C2	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	5,00	5,00
C3	1,00	1,50	3,50	4,50	3,50	4,00	4,00
C4	1,00	3,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
E-1000	1,00	2,00	2,00	4,00	4,00	4,00	5,00
E-1500	1,00	2,00	2,00	4,00	4,00	4,00	5,00
E-2000	1,00	2,50	3,00	4,00	4,00	4,00	5,00
E-2500	1,00	3,00	3,50	4,00	4,00	4,00	5,00
Nilai H	5,83	17,36	18,94	20,71	9,96	8,75	11,23
Nilai P	0,756	0,043	0,026	0,014	0,354	0,460	0,260

Keterangan: H = Nilai *kruskal-Wallis*, P = Peluang kesalahan

etilen menjadi meningkat. Hal tersebut menyebabkan kecepatanpematangan buah pun bertambah. Hal ini berdasarkan Tabel 2 yang menunjukkan dengan meningkatnya kandungan *etilen*, maka semakin cepat pelunakan/kematangan buah. Selain itu, semakin besar konsentrasi gas *etilen* semakin cepat pula proses stimulasi respirasi pada buah. Hal ini disebabkan karena etilen dapat meningkatkan kegiatan-kegiatan enzim karatalase, peroksidase, dan amilase dalam buah. Hasil penelitian Zhang *et al.* (2012) menunjukkan bahwa penggunaan bahan pemeraman (*ethepon*) dapat mempengaruhi tingkat kekerasan buah kiwi mulai hari ke dua setelah pemeraman, hasil penelitian Hayama *et al.* (2006) dan Murayama *et al.* (2009) juga menunjukkan bahwa etilen sangat berperan penting dalam pelunakan dan pembentukan tekstur mencair pada buah persik. Rupinder *et al.* (2007) menyatakan bahwa penggunaan *ethrel* menyebabkan pelunakan buah dan mempercepat terjadinya pematangan beberapa buah-buahan.

Susut Bobot Buah Cempedak Selama Pemeraman

Setelah proses pemeraman hingga hari VI (7 hari setelah perlakuan pemeraman) dengan perlakuan pelukaan, pemeraman dengan karbit dan *ethrel*, buah cempedak mengalami penurunan bobot (susut bobot) yang bervariasi. Susut bobot rata-rata buah cempedak selama pemeraman berkisar antara 2,710-5,190%. Berdasarkan Tabel 3, hanya pada 1 hari setelah pemeraman saja yang

menunjukkan perbedaan persentase susut bobot, namun setelah 1 hari pemeraman susut bobot tidak dipengaruhi perlakuan pemeraman. Hal tersebut menunjukkan bahwa secara umum perlakuan pemeraman tidak memberikan efek *negatif* terhadap perubahan bobot buah cempedak jika dibandingkan dengan tanpa perlakuan pemeraman. Hal ini senada dengan hasil penelitian Ban *et al.* (2007) yang menunjukkan bahwa penggunaan bahan pemeraman (*ethepon*) pada proses percepatan pematangan buah *blueberry* tidak mempengaruhi terhadap perubahan bobot buah.

Pola susut bobot buah cempedak dengan perlakuan pelukaan hampir sama dengan kontrol selama pemeraman (Tabel 3). Pada hari kedua susut bobot meningkat, kemudian menurun pada hari ketiga dan mengalami kenaikan lagi pada hari keempat dan ke lima. Pada hari keenam mengalami penurunan susut bobot. Kenaikan susut bobot yang paling besar terdapat pada hari kelima. Perlakuan penambahan karbit pada konsentrasi 1, 3, dan 4 g/kg, menunjukkan pola susut bobot yang sama, susut bobot meningkat pada hari kedua, kemudian menurun pada hari ketiga dan mengalami kenaikan pada hari keempat dan kelima kemudian turun tajam pada hari keenam. tetapi pada penambahan karbit dengan konsentrasi 2 g/kg mengalami kenaikan susut bobot yang tajam pada hari ketiga (Tabel 3). Pada penambahan *ethrel* 1000, 1500, 2000 dan 1500 ppm pada hari kelima mengalami kenaikan dibandingkan hari sebelumnya (Tabel 3).

Buah cempedak yang termasuk dalam buah klimaterik yang secara alami buah dapat memproduksi *etilen* lebih banyak dibandingkan buah non klimaterik yang memicu meningkatnya respirasi dan transpirasi, hal tersebut diduga menyebabkan terjadinya susut bobot selama pemeraman. Hal ini senada dengan hasil penelitian Julianti (2011) dan Gupta dan Jawandha (2010) yang memperoleh adanya susut bobot buah selama penyimpanan.

Tidak terdapat perbedaan antara perlakuan pelukaan & kontrol dengan perlakuan karbit dan ethrel pada

pengamatan susut bobot hari I berdasarkan uji lanjut kontras ortogonal (Tabel 4). Terdapat perbedaan susut bobot antara perlakuan karbit dan ethrel, dimana susut bobot karbit cenderung lebih kecil dibandingkan perlakuan dengan *ethrel* (Tabel 3). Susut bobot hari I pada perlakuan *ethrel* mengikuti pola linier dengan persamaan $Y = 5,806 - 0,000827 X$, dimana Y adalah susut bobot dan X adalah dosis ethrel (Tabel 4 dan Gambar 2).

Tabel 3. Nilai Susut Bobot Buah Cempedak pada Berbagai Perlakuan Pemeraman

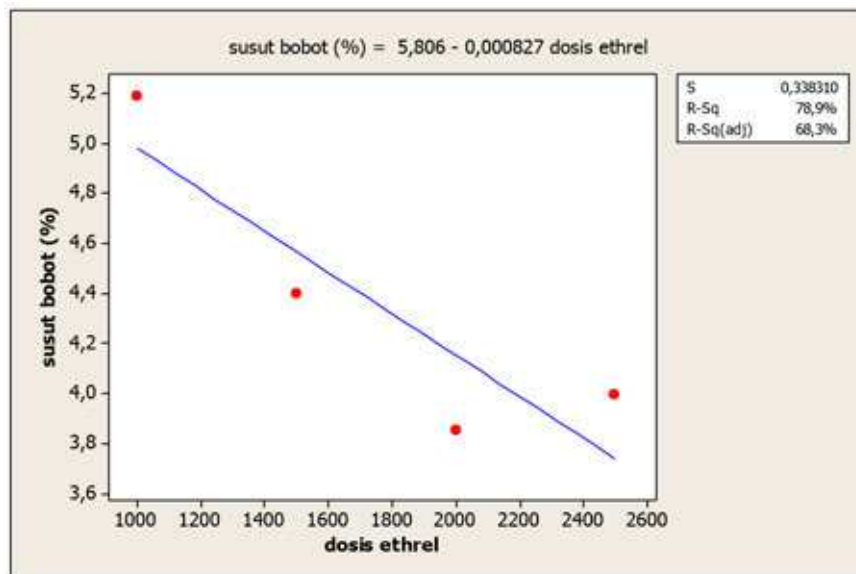
Perlakuan	Susut Bobot (%)					
	Hari I	Hari II	Hari III	Hari IV	Hari V	Hari VI
Kontrol	3,140 ^c	3,750	3,425	3,915	4,060	2,835
Pelukaan	3,340 ^{bc}	3,785	3,725	3,890	4,460	3,075
C1	3,885 ^{bc}	4,370	3,930	3,800	4,505	2,970
C2	3,675 ^{bc}	3,890	5,305	3,225	3,540	2,520
C3	3,870 ^{bc}	3,970	3,730	3,630	4,715	2,480
C4	3,855 ^{bc}	4,120	3,685	3,855	4,410	3,025
E-1000	5,190 ^a	3,940	3,610	3,375	4,260	2,905
E-1500	4,400 ^{ab}	2,885	3,180	3,405	3,825	2,710
E-2000	3,850 ^{bc}	3,765	3,635	3,225	3,840	2,900
E-2500	3,995 ^{bc}	4,080	3,710	3,590	4,410	2,990

Keterangan: angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT pada taraf nyata 5%

Tabel 4. Uji Lanjut Kontras Ortogonal-Polinomial pada Susut Bobot Hari I

Pembandingan kontras	F-hitung	Pr > F
Pelukaan & kontrol vs karbit & ethrel	0,51	0,4993
Pelukaan vs kontrol	0,23	0,6436
Karbit vs ethrel	11,53 ^{**}	0,0068
Karbit	Linear	2,93
	Kuadratik	0,01
	Kubik	2,18
Ethrel	Linear	6,23 [*]
	Kuadratik	1,55
	Kubik	4,41

Keterangan: * = berbeda nyata pada taraf 5%, ** = berbeda nyata pada taraf 1%



Gambar 2. Grafik hubungan pengaruh dosis *ethrel* terhadap susut bobot buah cempedak pada hari I pemeraman

Analisis Univariate (Anova) pada Total Asam, Vitamin C, Total Padatan Terlarut dan Kadar Air Pada Daging Buah Cempedak

Pada hari keempat setelah perlakuan pemeraman, buah cempedak yang diberikan perlakuan pemeraman karbit dan *ethrel* sudah matang. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Montalvo *et al.* (2007) yang menunjukkan bahwa penggunaan *etilen* 100 µL/L selama 12 jam dapat mematangkan buah mangga 4 hari setelah perlakuan.

Pemberian perlakuan pemeraman tidak memberikan pengaruh terhadap kandungan total asam dan vitamin C (Tabel 5). Hal ini sesuai

dengan hasil penelitian Mayuoni *et al.* (2011) yang memperoleh bahwa kadar *etilen* tidak mempengaruhi terhadap total asam buah. Pada perlakuan karbit dan *ethrel* nilai total asam pada hari ke tujuh cenderung mengalami penurunan dibandingkan dengan hari keempat (Tabel 5). Hal ini disebabkan karena adanya proses pematangan dimana senyawa asam akan menjadi tidak asam karena adanya enzim kinase. Total asam pada buah mencapai maksimum pada saat perkembangan dan akan menurun selama proses pemasakan. Sedangkan kandungan vitamin C pada hari keempat dan hari ketujuh relatif stabil selama pemeraman.

Tabel 5. Nilai total asam dan vitamin C daging buah cempedak pada 4 dan 7 hari pemeraman

Perlakuan	Total Asam (%) Setelah Pemeraman		Vitamin C (mg/100g) Setelah Pemeraman	
	4 hari	7 hari	4 hari	7 hari
Kontrol	-	0,31	-	119,51
Pelukaan	-	0,20	-	108,79
C1	0,33	0,25	91,54	102,13
C2	0,35	0,26	91,95	84,89
C3	0,31	0,24	97,07	90,01
C4	0,37	0,31	102,86	104,25
E-1000	0,31	0,27	89,80	97,92
E-1500	0,27	0,22	90,34	94,58
E-2000	0,33	0,25	102,05	98,99
E-2500	0,28	0,27	102,45	103,16

Keterangan : (-) Pada hari ke 4 kontrol dan pelukaan belum matang sehingga tidak dianalisis

Pemberian perlakuan pemeraman tidak memberikan pengaruh terhadap kandungan total padatan terlarut (TPT) dan kadar air (Tabel 6). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Mayuoni *et al.* (2011) yang memperoleh bahwa *etilen* tidak mempengaruhi terhadap total padatan terlarut buah. Total padatan terlarut pada hari ke 4 lebih tinggi dibandingkan dengan hari ke 7, sedangkan dari perlakuan karbit dan *ethrel* kadar TPT-nya relatif sama (Tabel 6). Kadar air meningkat seiring dengan proses pematangan buah. Pada hari ke empat kadar air lebih kecil dibandingkan dengan hari ke 7 (Tabel 6).

Analisis *Multivariate* pada Total Asam, Vitamin C, Total Padatan Terlarut dan Kadar Air Tujuh Hari Setelah Pemeraman pada Daging Buah Cempedak

Nilai P pada semua kriteria (Wilk's, Lawley-Hotelling, Pillai's dan Roy's) uji manova (*multivariate anova*) untuk parameter total asam, vitamin C, total padatan terlarut dan kadar air setelah 7 hari pemeraman menunjukkan nilai yang lebih dari 0,05 ($P > 0,05$) (Tabel 7), artinya perlakuan pemeraman tidak berpengaruh terhadap parameter-parameter tersebut. Hal ini sesuai dengan hasil analisis

menggunakan analisis ragam (anova) *univariate*, dimana anova masing-masing parameter tidak berpengaruh nyata (Tabel 5 dan 6).

Nilai *eigen* adalah variasi dari masing-masing komponen utama (Soedibjo, 2008). Jumlah dari *eigen* sama dengan jumlah variabel atau jumlah komponen utama. Berdasarkan data *correlation matrix* (analisis *principal component*), dapat diketahui bahwa nilai *eigen* tertinggi berada pada PC 1, artinya variabel yang paling berpengaruh terhadap pengelompokan adalah pada PC 1. Rakhmi *et al.* (2013) menyatakan bahwa variabel yang paling berpengaruh terhadap pengelompokan adalah variabel yang mempunyai nilai proporsi atau *eigen* yang tertinggi berdasarkan hasil analisis *principal component*. Nilai *eigen* untuk komponen utama pertama (PC1) dan kedua (PC2) adalah 1,753 dan 1,426 (Tabel 8). Nilai *eigen* kedua komponen utama mewakili 43,8 % dan 35,7 % dari seluruh variabilitas. Bila diakumulasikan, kedua komponen utama menyatakan 86,4 % dari total variabilitas. Ini berarti apabila keempat variabel (total asam, vitamin C, total padatan terlarut dan kadar air) direduksi menjadi 2 variabel, maka kedua variabel baru dapat menjelaskan 79,5 % dari total variabilitas keempat variabel.

Tabel 6. Nilai TPT dan Kadar Air Daging Buah Cempedak pada 4 dan 7 Hari Pemeraman

Perlakuan	TPT (%brik) setelah pemeraman		Kadar Air (%) setelah pemeraman	
	4 hari	7 hari	4 hari	7 hari
Kontrol	-	25,60	-	70,86
Pelukaan	-	29,10	-	67,91
C1	27,80	29,30	66,19	66,51
C2	28,90	25,00	57,79	67,83
C3	30,60	24,80	64,76	74,41
C4	29,10	25,80	65,15	74,82
E-1000	31,30	30,30	64,22	66,20
E-1500	30,20	24,50	67,02	68,03
E-2000	28,60	25,50	66,33	69,48
E-2500	29,80	30,50	64,41	66,39

Keterangan:(-) Pada hari ke 4 kontrol dan pelukaan belum matang sehingga tidak dianalisis

Tabel 7. Analisis Manova Pada Parameter Total Asam, Vitamin C, Total Padatan Terlarut dan Kadar Air pada Daging Buah Cempedak Setelah 7 Hari Pemeraman

Kriteria	Nilai Uji statistik	F-hitung	Probability (P)
Wilks'	0,046	0,991	0,517
Lawley-Hotelling	5,759	0,880	0,642
Pillai's	1,945	1,051	0,437
Roy's	3,569		

Tabel 8. Hasil Perhitungan Variasi dari Komponen Utama pada Parameter Total Asam, Vitamin C, Total Padatan Terlarut dan Kadar Air Pada Daging Buah Cempedak setelah 7 Hari Pemeraman

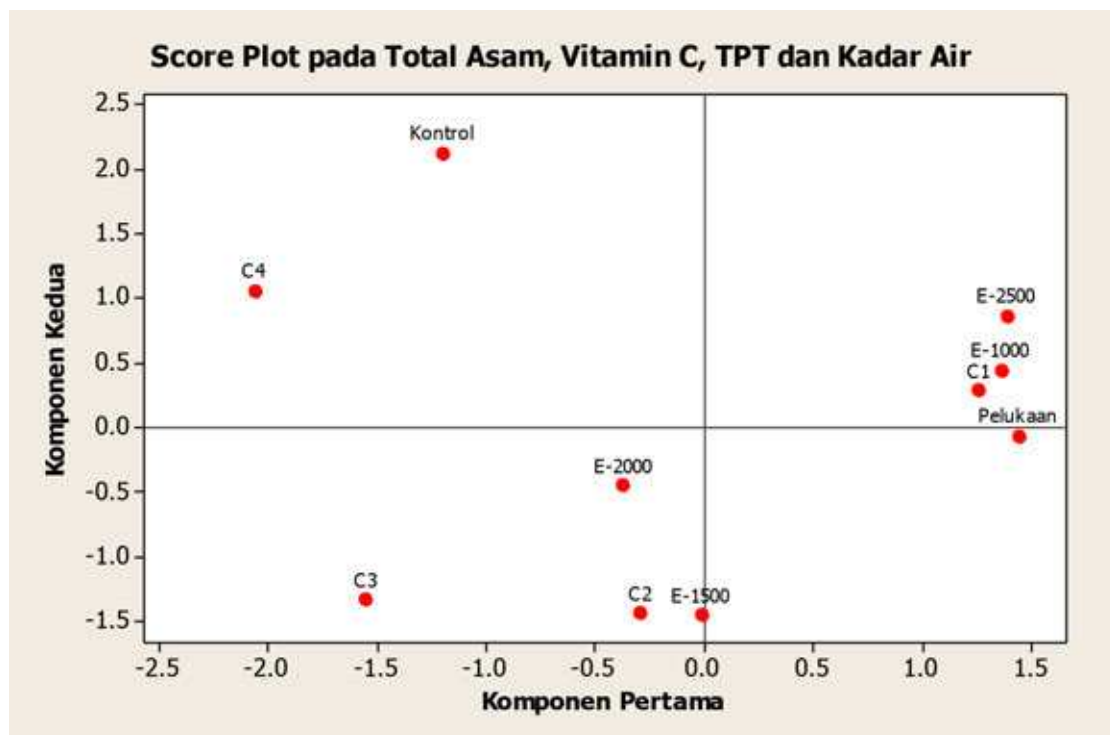
Parameter	Komponen Utama			
	PC1	PC2	PC3	PC4
Eigen	1,753	1,426	0,541	0,280
Proporsi variasi	0,438	0,357	0,135	0,070
Proporsi variasi kumulatif	0,438	0,795	0,930	1,000

Selanjutnya dihitung nilai *eigen vector* yaitu koefisien-koefisien yang membentuk kombinasi linier dari komponen utama. Nilai koefisien dari masing-masing komponen utama disajikan pada Tabel 9. Pada komponen utama pertama (PC1) dihasilkan suatu persamaan $PC1 = -0,363 \text{ total asam} + 0,034 \text{ vitamin C} + 0,624 \text{ TPT} - 0,691 \text{ kadar air}$, sedangkan persamaan untuk PC2 = $0,587 \text{ total asam} + 0,730 \text{ vitamin C} + 0,347 \text{ TPT} + 0,041 \text{ kadar air}$ (Tabel 9). dari persamaan tersebut dihitung nilai *scor* masing-masing variabel yang digunakan untuk

penyusunan grafik komponen utama. Grafik komponen utama untuk parameter total asam, vitamin C, total padatan terlarut dan kadar air setelah 7 hari pemeraman disajikan pada Gambar 3. Penyusunan grafik tersebut bertujuan untuk melihat kemiripan daring masing-masing variabel. Perlakuan pemeraman dengan dosis karbit 2 dan 3 g/kg mempunyai kemiripan dengan perlakuan pemeraman ethrel 1500 dan 2000 ppm pada karakter total asam, vitamin C, total padatan terlarut dan kadar air setelah 7 hari pemeraman (Gambar 3).

Tabel 9. Koefisien Komponen Utama pada Parameter Total Asam, Vitamin C, Total Padatan Terlarut dan Kadar Air pada Daging Buah Cempedak setelah 7 Hari Pemeraman

Parameter/Variabel	Komponen Utama	
	PC1	PC2
Total asam	-0,363	0,587
Vitamin C	0,034	0,730
TPT	0,624	0,347
Kadar air	-0,691	0,041



Gambar 3. Grafik dari dua komponen utama pada total asam, vitamin C, TPT dan kadar air tujuh hari setelah pemeraman

KESIMPULAN

1. Berdasarkan tekstur/kelunakan buah, perlakuan pemeraman dengan karbit dan *ethrel* dapat mempercepat pematangan buah cempedak lebih cepat 3 hari dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan pelukaan.
2. Perlakuan pemeraman dengan karbit 4 g/kg dan *ethrel* 2500 ppm dinilai paling efektif dalam mempercepat kematangan buah tanpa mengubah karakteristik fisikokimia buah cempedak.
3. Perlakuan pemeraman dengan dosis karbit 2 dan 3 g/kg mempunyai kemiripan dengan perlakuan pemeraman *ethrel* 1500 dan 2000 ppm pada karakter total asam, vitamin C, total padatan terlarut dan kadar air setelah 7 hari pemeraman.
4. Analisis *univariate* (anova) efektif dalam hal memberikan informasi mengenai perlakuan yang terbaik, sedangkan analisis *multivariate* (manova dan PCA) efektif dalam mengurangi/mereduksi jumlah variabel dan menentukan kemiripan suatu variabel.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, E.S., Mahmud dan I. Effendi. 2004. Aplikasi Analisis Komponen Utama dalam Pemodelan Penduga Lugas Tanah dengan Data Satelit Multispectral. *Jurnal Matematika dan Sains* 9 (1): 215-222.
- Anonim, 2012. Isi Kandungan Gizi Buah Cempedak - Komposisi Nutrisi Bahan Makanan. (<http://www.organisasi.org/1970/01/isi-kandungan-gizi-buah-cempedak-komposisi-nutrisi-bahan-makanan.html>). Diakses pada tanggal 25 November 2013.
- BPS. 2010. Produksi Buah Hortikultura. <http://www.bps.go.id>. Diakses pada tanggal 6 Januari 2012.
- Ban, T., M. Kugishima, T. Ogata, S. Shozaki, S. Horiuchi and H. Ueda. 2007. Effect of Ethepon (2-chloroethylphosponic acid) on The Fruit ripening Characters of Rabbiteye Blueberry. *Scientia Horticultura* 112: 278-281.
- Efendi, D. 2005. Rekayasa Genetika untuk Mengatasi Masalah-Masalah Pascapanen. *Buletin Agronomi* 33(2): 49-56.
- Gupta, N, and S.K. Jawandha. 2010. Influence of Maturity Stage on Fruit Quality During Storage of "Earli Grande" Peaches. *Not. Sci. Biol.* 2 (3) : 96-99.
- Hayama, H., M. Tatsuki, A. Ito and Y. Kashimura. 2006. Ethylene and Fruit Softening in the Stony Hard Mutation in Peach. *Postharvest Biology and Technology* 41 (1): 16-21.
- Herkovitz, V., H. Friedman, E.E. Goldshmidt and E. Pesis. 2010. Ethylene Regulation of Avocado Ripening Differs Between Seeded and Seedless Fruit. *Postharvest Biology and Technology* 56 (2): 138-146.
- Iriawan, N., dan S.P. Astuti. 2006. Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14. Andi Yogyakarta. Yogyakarta 469 hlm.
- Julianti, E. 2011. Pengaruh Tingkat Kematangan dan Suhu Penyimpanan Terhadap Mutu Buah Terong Belanda. *Jurnal Hortikultura Indonesia* 2(1): 14-20.
- Leong L. P dan G. Shui. 2002. An Investigation of Antioxidant Capacity of Fruit in Singapore Markets. *Food Chemistry* 76: 69-75.
- Korsak, T and Y.S Park. 2010. Ethylene Metabolism and Bioactive Compounds in Ethylene-Treated 'Hayward' Kiwifruit During Ripening. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 51: 89-94.
- Mayuoni, L., Z. Tietel, B.S. Patil, and R. Porat. 2011. Does Ethylene Degreening Affect Internal Quality of Citrus Fruit. *Postharvest Biology and Technology* 62 (1): 50-58.
- Montalvo, E., H. S. Garcia, B. Tovar, and M. Mata. 2007. Application of Exogenous ethylene on Postharvest Ripening of Refrigerated 'Ataulfo' Mangoes. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie* 40: 1466-1472.
- Murayama, H., M. Arikawa, Y. Sasaki, V.D. Cin, W. Mitshusashi and T. Toyomasu. 2009. Effect of Ethylene Treatment on Expression of Polyuronide-Modifying Genes and Solubilization of Polyuronides During Ripening in Two Peach Cultivars Having Different Softening Characteristics. *Postharvest Biology and Technology* 52 (2): 196-201.
- Park, Y.-S., S.-T. Jung, S.-G. Kang, J. Drzewiecki, J. Namiesnik, R. Haruenkit, D. Barasch, S. Trakhtenberg, and S. Gorinstein. 2006. In vitro studies of polyphenols, antioxidants and other dietary indices in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Int. J. Food Sci.Nutr.* 57: 107-122.
- Pastastico, B.ER. 1975. Postharvest Handling and Utilization of Tropical Fruit and Vegetables. Westport Connecticut the AVI Publication Company Inc.
- Prabawati, S., Suyanti dan D.A. Setyabudi. 2008. Teknologi Pascapanen dan Teknik Pengolahan Pisang. Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian, Bogor. 64 Hlm.
- Rimbawan dan A. Siagian. 2004. Indeks Glikemik Pangan. Penebar Swadaya, Jakarta. 124 hlm.
- Rupinder, S., S. Poorinima, N. Pathak, V. K Singh, and U. N Dwivedi. 2007. Modulation of Mango Ripening by Chemicals: Physiological and Biochemical Aspects. *Plant Growth Regulation* 53: 137-145.

- Rakhmi, A.T., S.D. Indrasari dan D.D. Handoko. 2013. Karakterisasi Aroma dan Rasa Beberapa Varietas Beras Lokal Melalui Quantitative Descriptive Analysis Method. *Jurnal Informatika Pertanian* 22 (1): 37-44.
- Sari, F.E., S. Trisnowati dan S. Mitrowiharjo. 2004. Pengaruh Kadar CaCl₂ dan Lama Perendaman Terhadap Umur Simpan dan Pematangan Buah Mangga Arumanis. *Jurnal Ilmu Pertanian* 11(1):42-50.
- Setyawati, H., A.B.P. Purba dan D.A. Anggorowati. 2012. Peningkatan Kandungan Protein Abon Nangka Muda. *Jurnal Teknik Kimia* 7(1):17-25.
- Singh, R and Dwivedi, U.N. 2008. Effect of Ethrel and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on Antioxidants in Mango (*Mangifera indica* var. *Dashehari*) during fruit ripening. *Food Chem.* 111: 951–956.
- Tovar, B., E. Montalvo, B.M. Damian, H.S. Garcia and M. Mata. 2011. Application of Vacuum and Exogenous Ethylene on Ataulfo Mango Ripening. *Food Science and Technology* 44: 2040-2046.
- Yang, X., J. Song, L. Campbell-Palmer, S. Fillmore and Z. Zhang. 2013. Effect of Ethylene and 1-mcp On Expression Genes Involved in Ethylene Biosynthesis and Perception During Ripening of Apple Fruit. *Postharvest Biology and Technology* 78: 55-66.
- Zabidi, M.A and N.A.A. Aziz. 2009. In Vitro Starch Hydrolysis and Estimated Glycaemic Index of Bread Substituted With Different Percentage of Chempedak (*Artocarpus integer*) Seed Flour. *Food Chemistry* 117: 64-68.
- Zaharah, S.S., Z. Singh. G.M. Symons and J.B. Reid. 2013. Mode of Action of Abscisic Acid in Triggering Ethylene Biosynthesis and Softening During Ripening in Mango Fruit. *Postharvest Biology and Technology* 75: 37-44.
- Zhang, I., S. Li, X. Liu, C. Song and X. Liu. 2012. Effects of Ethephon on Physicochemical and Quality Properties of Kiwifruit During Ripening. *Postharvest Biology and Technology* 65: 69-75.
- Zheng, Q., J. Song, L. Campbell-Palmer, K. Thompson, L. Li, B. Walker, Y. Cui and X. Li. 2013. A Proteomic Investigation of Apple Fruit During Ripening and in Response to Ethylene Treatment. *Journal of Proteomics* 93: 276-294.