

UPAYA MEMPERTAHANKAN UMUR SIMPAN PISANG KEPOK DENGAN KEMASAN AKTIF BERBAHAN ARANG AKTIF CANGKANG KELAPA SAWIT

EFFORTS TO MAINTAIN THE SHELF LIFE OF KEPOK BANANAS WITH ACTIVE PACKAGING MADE FROM PALM KERNEL SHELL ACTIVATED CHARCOAL

Markiah, Rini Hustiany*, dan Alia Rahmi

Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat
Jl. A. Yani Km. 36, Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70714
E-mail: rini.hustiany@ulm.ac.id

Makalah: Diterima 20 Desember 2020; Diperbaiki 13 Agustus 2020; Disetujui 30 Agustus 2020

ABSTRACT

Kepok bananas are a fruit with a very fast ripening process when stored at room temperature. In this study, kepok bananas were packed with active packaging made from palm kernel shell activated charcoal, which was activated by 20% phosphoric acid in sachets to slow down the ripening process. This study was aimed to analyse the tendency of changes in the physical and chemical properties of kepok banana with active packaging made from palm kernel shell activated charcoal stored at room temperature and to determine the best active packaging that can extend the shelf life of kepok bananas. The old and ready-to-harvest kepok bananas were weighed as much as 350 g and packed with LDPE in the middle as primary packaging and foam net as secondary packaging. The kepok bananas packaging was added with 5 or 10 g of activated charcoal in the sachets packed with LDPE or tea bags. Kepok bananas with active packages were stored at $28 \pm 2^\circ\text{C}$ for 16 days and observed every two days in the form of weight loss, edible parts, moisture content, total dissolved solids, reducing sugar content, and total dissolved acid. The data were analyzed by regression order 2, order 3 or order 4 adjusted to the R^2 value close to 1. The results showed that during storage the weight loss of kepok banana increased quadratically. The edible part changes followed the order 4 pattern, while the moisture content, total dissolved solids, reducing sugar content, and total dissolved acid followed the order 3 pattern. The best active packaging to extend the shelf life of kepok bananas was kepok bananas with 10 g of active charcoal in LDPE packaging.

Keyword: kepok banana, active packaging, activated charcoal, palm kernel shell, LDPE

ABSTRAK

Pisang kepok adalah buah dengan proses pematangan yang sangat cepat jika disimpan di suhu ruang. Pisang kepok dikemas dengan kemasan aktif berbahan arang aktif cangkang kelapa sawit yang diaktivasi asam fosfat 20% dalam bentuk *sachet* untuk memperlambat proses pematangannya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kecenderungan perubahan sifat fisik dan kimia pisang kepok dengan kemasan aktif berbahan arang aktif cangkang kelapa sawit yang disimpan pada suhu ruang dan menentukan kemasan aktif terbaik yang dapat memperpanjang umur simpan pisang kepok. Pisang kepok yang sudah tua dan siap panen ditimbang sebanyak 350 g dan dikemas dengan LDPE di bagian tengah sebagai kemasan primer dan jaring busa sebagai kemasan sekunder. Ke dalam kemasan pisang kepok ditambahkan arang aktif sebanyak 5 atau 10 g dalam bentuk *sachet* yang dikemas dengan LDPE atau kantong teh. Pisang kepok dengan kemasan aktif disimpan pada suhu $28 \pm 2^\circ\text{C}$ selama 16 hari dan diamati setiap dua hari berupa susut bobot, *edible part*, kadar air, total padatan terlarut, kadar gula reduksi, dan total asam terlarut. Data dianalisis dengan regresi ordo 2 atau ordo 3 atau ordo 4 yang disesuaikan dengan nilai R^2 mendekati 1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama penyimpanan susut bobot pisang kepok terjadi peningkatan secara kuadratik. Perubahan *edible part* mengikuti pola ordo 4, sedangkan kadar air, total padatan terlarut, kadar gula reduksi, dan total asam terlarut mengikuti pola ordo 3. Kemasan aktif terbaik untuk memperpanjang umur simpan pisang kepok adalah pisang kepok dengan kemasan aktif berbahan arang aktif sebanyak 10 g dengan kemasan LDPE.

Kata Kunci: pisang kepok, kemasan aktif, arang aktif, cangkang kelapa sawit, LDPE

PENDAHULUAN

Pisang merupakan buah yang dapat dimakan langsung atau diolah terlebih dahulu serta banyak dibudidayakan di Indonesia karena permintaan konsumen yang tinggi. Berdasarkan data dari Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura (2018),

Tingkat produksi pisang selama 2012-2017 menunjukkan kisaran 696,689-883,394 kuintal/tahun. Salah satu jenis pisang yang cukup banyak dijumpai di pasaran adalah pisang kepok (*Musa paradisiaca formatypica*) (Satuhu dan Supriyadi, 2008).

Pisang kepok termasuk dalam jenis buah klimakterik yang artinya setelah dilakukan

*Penulis Korespondensi

pemanenan pisang akan mengalami proses pematangan yang lebih cepat. Hal ini dikarenakan meningkatnya etilen dan laju respirasi pada pisang kepok tersebut, sehingga mempengaruhi umur simpan buah. Namun pada dasarnya konsumen menginginkan membeli buah-buahan dalam keadaan yang segar dan dapat disimpan beberapa lama untuk dikonsumsi. Selain laju respirasi, etilen yang dihasilkan oleh pisang kepok juga akan mempengaruhi proses pematangan.

Etilen merupakan hormon tumbuhan yang diproduksi secara alami melalui metabolisme tumbuhan yang memiliki peran untuk proses pematangan buah. Selain itu, yang berperan dalam pematangan buah adalah oksigen dan karbondioksida. Menurut David (2018), aktivitas produksi etilen mempercepat terjadinya proses pematangan, penebaran, pelayuan, dan pembusukan. Semakin tinggi kadar gas etilen, maka semakin cepat pula kematangan pada buah pisang (Sholihati *et al.*, 2015). Berdasarkan hal ini, pisang kepok cepat sekali mengalami proses pematangan, sehingga pada saat pendistribusian jarak jauh pisang kepok harus ditangani dengan tepat agar pisang tidak busuk atau lewat matang, kualitas tetap terjaga sampai ditangan konsumen, dan dapat menjangkau daerah pemasaran yang lebih luas.

Proses pematangan buah dapat diperlambat dengan menambahkan bahan tambahan yang dapat menyerap etilen, O₂, CO₂ dan H₂O, seperti arang aktif yang dikemas dalam bentuk *sachet* dan dimasukkan ke kemasan pisang kepok. Usaha untuk menambahkan bahan tambahan ke dalam kemasan untuk mengendalikan komposisi udara di sekitar produk dikenal dengan istilah kemasan aktif (*active packaging*) (Day, 2002).

Arang aktif merupakan arang yang sudah diaktivasi dan terbuat dari semua padatan berkarbon sintetik atau alami yang dapat dikarbonasi, salah satunya adalah cangkang kelapa sawit. Menurut Gustama (2012), kadar karbon terikat pada cangkang kelapa sawit sebesar 16,35% (bk). Penggunaan cangkang kelapa sawit dalam pembuatan arang aktif juga merupakan salah satu upaya dalam memanfaatkan serta mengurangi limbah padat yang dihasilkan oleh perusahaan CPO (*Crude Palm Oil*).

Arang aktif dari cangkang kelapa sawit dapat diaktivasi menggunakan aktivator seperti asam fosfat (H₃PO₄). Menurut Marsh *et al.* (2006), asam fosfat dipilih sebagai aktivator karena mampu meningkatkan rendemen arang aktif dan mampu membuka pori-pori arang aktif tersebut. Keunggulan arang aktif dibandingkan bahan aktif lainnya, seperti silika gel, Ag-zeolit, dan kalium permanganat (Vermeiren *et al.*, 1999) untuk kemasan aktif adalah lebih aman untuk digunakan pada bahan makanan. Walaupun tingkat penyerapan arang aktif adalah rendah (Brodi *et al.*, 2001).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kecenderungan perubahan sifat fisik

dan kimia pisang kepok dengan kemasan aktif berbahan arang aktif cangkang kelapa sawit yang disimpan pada suhu ruang dan menentukan kemasan aktif terbaik yang dapat memperpanjang umur simpan pisang kepok.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Pisang kepok diperoleh dari Desa Pindahan Baru, Kecamatan Beruntung Baru, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan, cangkang kelapa sawit yang diperoleh dari PT. Tapian Nadenggan - Kotabaru, Kalimantan Selatan, H₃PO₄ (Merck), NaOH (Merck), indikator PP, Na₂S₂O₃ (Merck), pati (Merck), Pb aasetat (Merck), asam sitrat (Merck), CuSO₄ (Merck), dan H₂SO₄ (Merck).

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 2 faktor, yaitu faktor I adalah berat arang aktif dan faktor II adalah bahan pembungkus arang aktif. Faktor pertama adalah berat arang aktif, yaitu : P1 : 5 g dan P2 : 10 g. Faktor kedua adalah bahan pengemas arang aktif, yaitu : K1 : LDPE dan K2 : kantong teh. Jumlah ulangan sebanyak 2 kali, sehingga didapat total satuan percobaan sebanyak 8 satuan percobaan.

Preparasi Buah

Pisang kepok berasal dari kebun di Desa Pindahan Baru, Kecamatan Beruntung Baru dipetik secara langsung. Tingkat kematangan pisang kepok adalah sama, yaitu tua, siap panen, berwarna hijau dan tekstur masih keras. Pisang kepok kemudian disortasi untuk memisahkan pisang kepok yang baik atau busuk.

Pembuatan Arang Aktif

Cangkang kelapa sawit dijemur sampai didapat berat konstan untuk menghilangkan sebagian air yang ada pada cangkang dengan kadar air ≤ 11%. Cangkang kelapa sawit diarangkan atau dikarbonasi dengan cara dipirolisis pada suhu 500°C selama 3 jam. Arang yang diperoleh ditumbuk dan diayak menggunakan ayakan 80 mesh. Arang selanjutnya direndam dalam asam fosfat 20% dengan perbandingan 1:4 selama 24 jam. Arang ditiriskan dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 6 jam. Kemudian arang ditanur pada suhu 500°C selama 30 menit. Arang yang telah diaktivasi dinetralkan dengan aquades dan dikeringkan kembali dengan oven pada suhu 110°C selama 6 jam.

Pengemasan dan Penambahan Arang Aktif

Pisang kepok yang siap panen ditimbang, pada bagian tengah pisang dibungkus dengan plastik LDPE (*Low Density Poly Ethylene*) sebagai kemasan primer dan jaring busa sebagai kemasan sekunder. Masing-masing kemasan berisi sebanyak 3 biji buah pisang

dengan berat total ± 350 g dan ditambahkan arang aktif sebanyak 5 g atau 10 g yang dikemas dengan plastik LDPE (tebal 0,02 mm) atau kantong teh (tebal 0,01 mm) dengan ukuran 6 cm × 7 cm. Setiap berat arang aktif yang ditambahkan pada kemasan aktif terdiri dari dua kemasan. Arang aktif yang sudah dibungkus plastik LDPE dan kantong teh kemudian diletakkan di atas dan di bawah permukaan buah pisang kepok selama proses penyimpanan. Kemudian buah pisang kepok disimpan selama 16 hari pada suhu 28±2°C dan dilakukan pengamatan setiap 2 hari sekali.

Pengamatan

Susut Bobot

Pengukuran susut bobot dilakukan terhadap buah pisang utuh (kulit dan daging buah) sebelum disimpan dan setelah disimpan. Susut bobot dihitung berdasarkan rumus :

$$\text{Susut bobot (\%)} = \frac{W_a - W_b}{W_a} \times 100\%$$

Keterangan:

W_a= berat awal sebelum disimpan (g)

W_b= berat akhir setelah disimpan (g)

Edible Part

Pengukuran *edible part* dilakukan terhadap bobot buah pisang kepok sebelum dikupas dan setelah dikupas (daging buah). Bagian buah yang dapat dimakan (*edible part*) dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ Edible part} = \frac{\text{Bobot daging buah}}{\text{Bobot buah}} \times 100\%$$

Pisang kepok juga dilakukan pengamatan berupa kadar air dengan metode oven (AOAC 950.46, 2012), total padatan terlarut menggunakan refraktometer dengan satuan % brix (SNI 01-3546-2004), kadar gula pereduksi metode Luff Schoorl (SNI 01-2891-1992), dan total asam terlarut (Ranggana, 1977; SNI 01-3546-2004).

Analisis Data

Data karakteristik fisik dan kimia dianalisis menggunakan regresi polinomial dengan ordo 2 atau ordo 3 atau ordo 4 berdasarkan R² yang mendekati 1. Analisis regresi menggunakan *software Microsoft Excel* versi 2016.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Susut Bobot

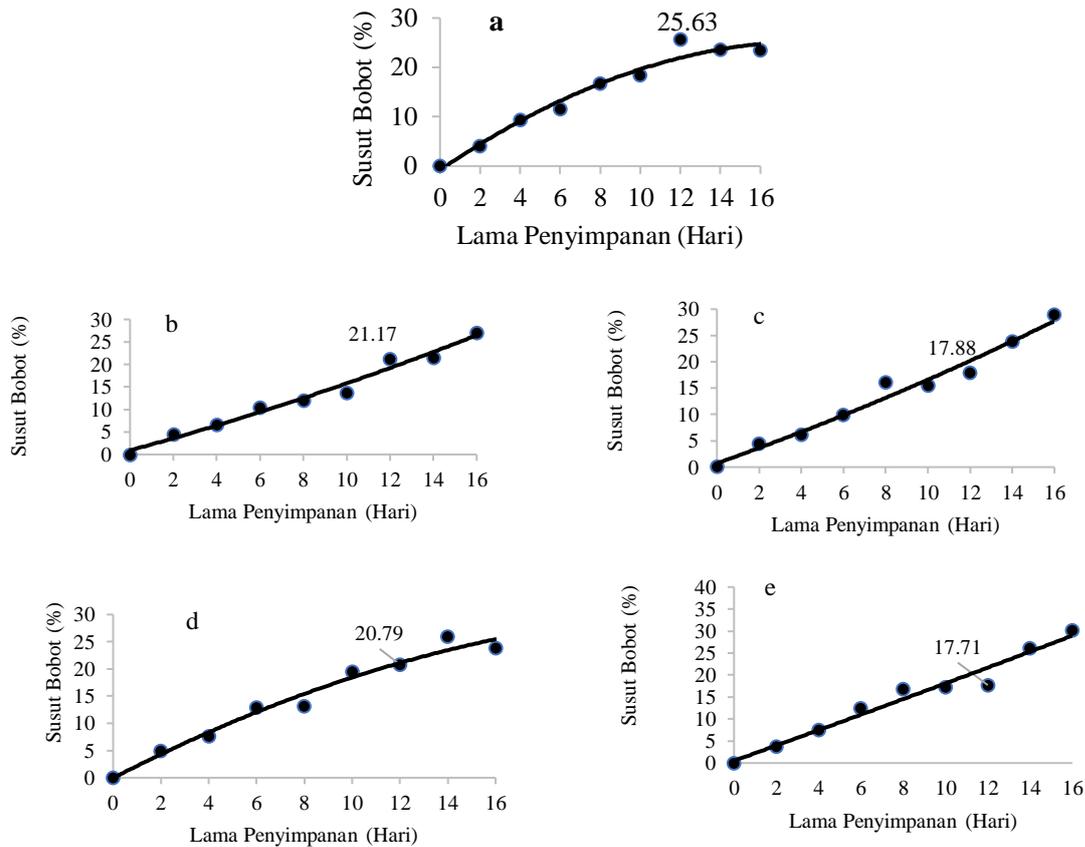
Susut bobot pisang kepok terjadi disebabkan karena hilangnya air dari daging buah yang karena adanya proses respirasi dan transpirasi berupa uap air, CO₂ dan komponen-komponen volatil lainnya. Menurut Holcroft (2015), air akan lebih mudah diuapkan ke lingkungan melalui proses transpirasi dibandingkan dengan proses respirasi. Karena respirasi memerlukan energi yang lebih besar agar

dapat mengeluarkan air dari sel buah dan tidak bisa langsung hilang ke lingkungan. Hal ini senada yang diungkapkan Sukasih dan Setyadji (2016) yang menyatakan susut bobot didominasi proses transpirasi dan sebagian lainnya melalui proses respirasi saat terjadi perombakan gula menjadi gas CO₂.

Susut bobot pisang kepok selama penyimpanan mengalami peningkatan (Gambar 1), yang artinya bobot buah mengalami penurunan selama penyimpanan. Hal ini senada dengan hasil penelitian Warsiki (2019) yang juga menyatakan bahwa susut bobot buah mangga dengan kemasan aktif selama penyimpanan terjadi peningkatan.

Peningkatan susut bobot pisang kepok dengan penambahan arang aktif lebih lambat dibandingkan dengan pisang kepok tanpa penambahan arang aktif. Hal yang senada dengan Warsiki (2019) yang menyatakan adanya penambahan karbon aktif atau komposit karbon aktif – KMnO₄ memperlambat susut bobot dari buah mangga. Berdasarkan Gambar 1 dan Tabel 1, maka pisang kepok dengan penambahan arang aktif mampu memperlambat peningkatan susut bobot. Pada hari ke-12 susut bobot pisang kepok tanpa arang aktif mencapai 25,63 %, sedangkan yang dengan arang aktif susut bobotnya hanya 17,71 %. Hal ini menunjukkan bahwa adanya arang aktif mampu menekan proses respirasi dengan cara menjerap O₂, CO₂, H₂O dan etilen yang dihasilkan oleh pisang kepok tersebut. Penjerapan oksigen dengan adanya arang aktif dapat memperlambat proses respirasi dan akhirnya memperlambat kematangan (Agustingrum *et al.*, 2014) pisang kepok.

Perlambatan susut bobot pisang kepok juga dipengaruhi oleh jenis kemasan arang aktif. Pada hari ke-12, pisang kepok dengan penambahan arang aktif 10 g dengan LDPE adalah 17,88%. Susut bobot ini lebih rendah dibandingkan dengan kemasan aktif yang lainnya, kecuali pisang kepok dengan penambahan arang aktif 10 g dengan kantong teh, yaitu 17,71%. Pada hari selanjutnya pisang kepok dengan arang aktif 10 g yang dikemas kantong teh mengalami peningkatan susut bobot yang lebih cepat dibandingkan arang aktif 10 g yang dikemas LDPE. Perbedaan peningkatan susut bobot pisang kepok pada kedua jenis kemasan arang aktif ini disebabkan karena perbedaan permeabilitas. Permeabilitas LDPE yang lebih rendah dibandingkan dengan kantong teh. Pori-pori kantong teh relatif besar, yaitu antara 17 sampai 40 μm dengan ketebalan 0,01 mm (Castaldo *et al.*, 2016). Adapun permeabilitas LDPE adalah relatif kecil, yaitu 3,2 × 10⁻¹⁷ kg.m.m⁻².s⁻¹.Pa⁻¹ terhadap oksigen dan 48,2 × 10⁻¹⁷ kg.m.m⁻².s⁻¹.Pa⁻¹ terhadap uap air (Hustiany dan Rahmi, 2019). Oleh karena itu, LDPE lebih mampu untuk mempertahankan kejenuhan arang aktif dari gas-gas yang ada di sekitarnya lebih lama dibandingkan dengan kantong teh. Akhirnya, pisang kepok dapat diperlambat susut bobotnya.



Gambar 1. Pola ordo 2 susut bobot pisang kepek selama penyimpanan 16 hari. a. Tanpa penambahan arang aktif; b. Arang aktif 5 g dengan LDPE; c. Arang aktif 10 g dengan LDPE; d. Arang aktif 5 g dengan kantong teh; dan e. Arang aktif 10 g dengan kantong teh.

Tabel 1. Nilai kemiringan x , x^2 , dan R^2 untuk pola ordo 2 susut bobot pisang kepek selama penyimpanan

Sistem Kemasan	Arang Aktif (g)	x	x^2	R^2
Tanpa penambahan arang aktif		2,7878	-0,0742	0,9687
LDPE	5	1,3045	0,0183	0,9793
	10	1,4209	0,0168	0,9742
Kantong teh	5	2,2728	-0,0424	0,9743
	10	1,7271	0,0031	0,9668

Berdasarkan Tabel 1, maka susut bobot pisang kepek selama penyimpanan mengikuti pola ordo 2 atau kuadrat. Artinya susut bobot pisang kepek diawal penyimpanan terjadi dengan cepat sampai hari ke-8. Setelah hari ke-8, susut bobot pisang kepek melambat dan bahkan kecepatan susut bobotnya turun. Peningkatan susut bobot yang paling cepat terjadi pada pisang kepek tanpa penambahan arang aktif dengan nilai x sebesar 2,7878 dan paling lambat terjadi pada pisang kepek dengan penambahan arang aktif 10 g yang dikemas LDPE dengan nilai x sebesar 1,4209 dan x^2 sebesar 0,0168.

Edible Part

Selama penyimpanan, bobot *edible part* pisang kepek mengalami peningkatan (Gambar 1). Peningkatan bobot *edible part* pada pisang kepek disebabkan adanya respirasi yang menghasilkan air dan terjadinya proses degradasi dari karbohidrat

menjadi gula-gula sederhana (Holcroft, 2015; Marriott *et al.*, 1981). Air dan molekul-molekul sederhana dari hasil degradasi makromolekul meningkatkan bobot pada bagian *edible part* pisang kepek. Selain itu, menurut Marriott *et al.* (1981) selama proses pematangan buah, maka terjadi keseimbangan osmotik antara kulit dan *pulp*. Keseimbangan osmotik ini menurut *overview Mohapatra et al.* (2010) adalah terjadinya migrasi air pada bagian kulit buah ke bagian *pulp* pisang kepek. Sistem migrasi air dari kulit ke *pulp* bisa terjadi, karena pada saat bersamaan kadar air kulit buah pisang lebih tinggi (83,5%) dibandingkan pada bagian *pulp* nya yang hanya berkisar 68,5 – 73,8 %.

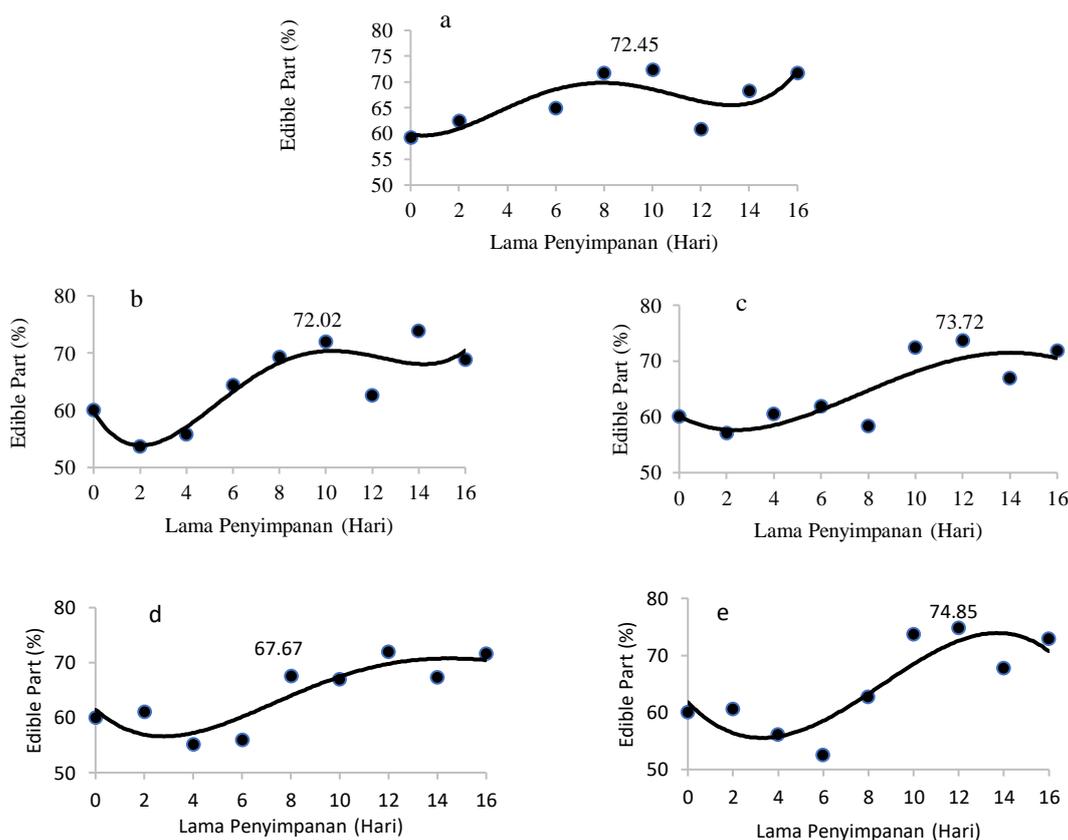
Perubahan bobot *edible part* pisang kepek selama penyimpanan pada suhu ruang mengikuti pola ordo 4 (Tabel 2). Bobot *edible part* pisang kepek mengalami penurunan sampai hari ke-2 penyimpanan. Respirasi pisang kepek masih lambat,

sehingga air yang terbentuk dan degradasi makromolekul, seperti karbohidrat menjadi gula-gula sederhana juga masih lambat. Akan tetapi proses transpirasi terhadap uap air sudah terjadi, sehingga terjadi penurunan bobot *edible part*.

Setelah hari ke-2 sampai hari ke-10 terjadi peningkatan bobot *edible part* pisang kepok dengan sangat cepat. Peningkatan *edible part* pisang kepok dengan arang aktif 10 g yang dikemas LDPE adalah yang paling lambat dengan nilai x^2 sebesar 0,5843. Setelah hari ke-10, *edible part* pisang kepok ada yang menurun yang menandakan bahwa sudah terjadi penurunan proses respirasi dan pisang kepok memasuki fase kebusukan. Walaupun ada peningkatan bobot *edible part* setelah hari ke-10, akan tetapi peningkatannya lebih rendah

dibandingkan 10 hari sebelumnya. Sebagaimana yang terjadi pada pisang kepok yang dikemas dengan penambahan arang aktif 10 g.

Peningkatan bobot *edible part* pisang kepok yang paling lambat terjadi pada penambahan arang aktif 10 g dengan LDPE dibandingkan dengan pisang kepok tanpa penambahan arang aktif ataupun dengan penambahan arang aktif yang lainnya. Artinya pisang kepok dengan arang 10 g yang dikemas LDPE mengalami proses pematangan lebih lambat dibandingkan pisang kepok dengan kemasan aktif lainnya. Hal ini disebabkan laju respirasi pada pisang kepok dapat ditekan dengan adanya arang aktif tersebut.



Gambar 2. Pola ordo 4 *edible part* pisang kepok selama penyimpanan 16 hari. a. Tanpa penambahan arang aktif; b. Arang aktif 5 g dengan LDPE; c. Arang aktif 10 g dengan LDPE; d. Arang aktif 5 g dengan kantong teh; dan e. Arang aktif 10 g dengan kantong teh.

Tabel 2. Nilai kemiringan x , x^2 , x^3 , x^4 , dan R^2 untuk pola ordo 4 *edible part* buah pisang kepok selama penyimpanan

Sistem Kemasan	Arang Aktif (g)	X	x^2	x^3	x^4	R^2
Tanpa penambahan arang aktif		- 0,9934	0,9913	- 0,1229	0,0042	0,6446
LDPE	5	-6,4959	2,1455	-0,1938	0,0055	0,7785
	10	-2,2525	0,5843	-0,0325	0,0005	0,7171
Kantong teh	5	-3,9231	0,9415	-0,0616	0,0013	0,7753
	10	-4,0725	0,7501	-0,0255	-0,0002	0,7493

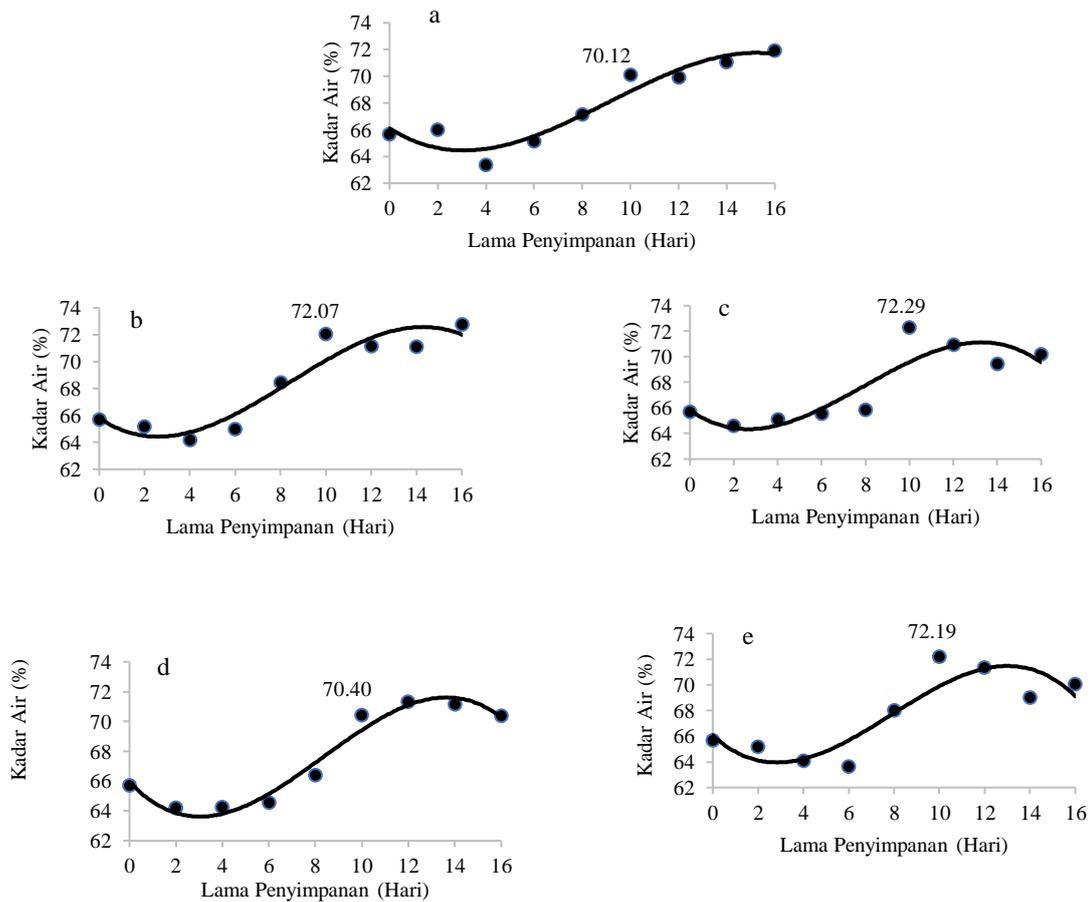
Semakin banyak arang aktif yang digunakan, maka semakin banyak pula pori-pori arang aktif yang mampu menyerap O₂, CO₂, H₂O dan etilen, sehingga mampu memperlambat proses pematangan pada pisang kepek. Semakin banyak O₂, CO₂, H₂O dan etilen yang dijerap, maka semakin lambat proses respirasi yang terjadi, sehingga semakin lambat pula proses peningkatan bobot *edible part* pisang kepek.

Selain itu, kemasan arang aktif berupa LDPE mempunyai permeabilitas lebih rendah dari kantong teh, sehingga penyerapan arang aktif yang dikemas LDPE terhadap etilen, O₂, CO₂ dan H₂O lebih lambat dibandingkan kantong teh. Dengan semakin kecil permeabilitas suatu kemasan, maka kejenuhan arang

aktif juga lebih lambat apabila dikemas dengan LDPE dari pada kantong teh.

Kadar Air

Kadar air pisang kepek selama penyimpanan terjadi peningkatan (Gambar 3 dan Tabel 3). Hal ini diduga karena penambahan kadar air pisang kepek berasal dari karbohidrat yang digunakan selama proses respirasi. Menurut Irawan (2016), perubahan kadar air pada buah terjadi karena adanya proses respirasi yang menyebabkan perombakan pati menjadi molekul sederhana, uap air dan karbondioksida.



Gambar 3. Pola ordo 3 kadar air pisang kepek selama penyimpanan 16 hari. a. Tanpa penambahan arang aktif; b. Arang aktif 5 g dengan LDPE; c. Arang aktif 10 g dengan LDPE; d. Arang aktif 5 g dengan kantong teh; dan e. Arang aktif 10 g dengan kantong teh.

Tabel 3. Nilai kemiringan x, x², x³, dan R² untuk pola ordo 3 kadar air pisang kepek selama penyimpanan

Sistem Kemasan	Arang Aktif (g)	x	x ²	x ³	R ²
Tanpa penambahan arang aktif		-1,1532	0,225	-0,0082	0,9201
LDPE	5	-1,1291	0,2575	-0,0102	0,9018
	10	-1,1922	0,2705	-0,0113	0,7942
Kantong teh	5	-1,657	0,3339	-0,0133	0,9663
	10	-1,5886	0,3406	-0,0143	0,7928

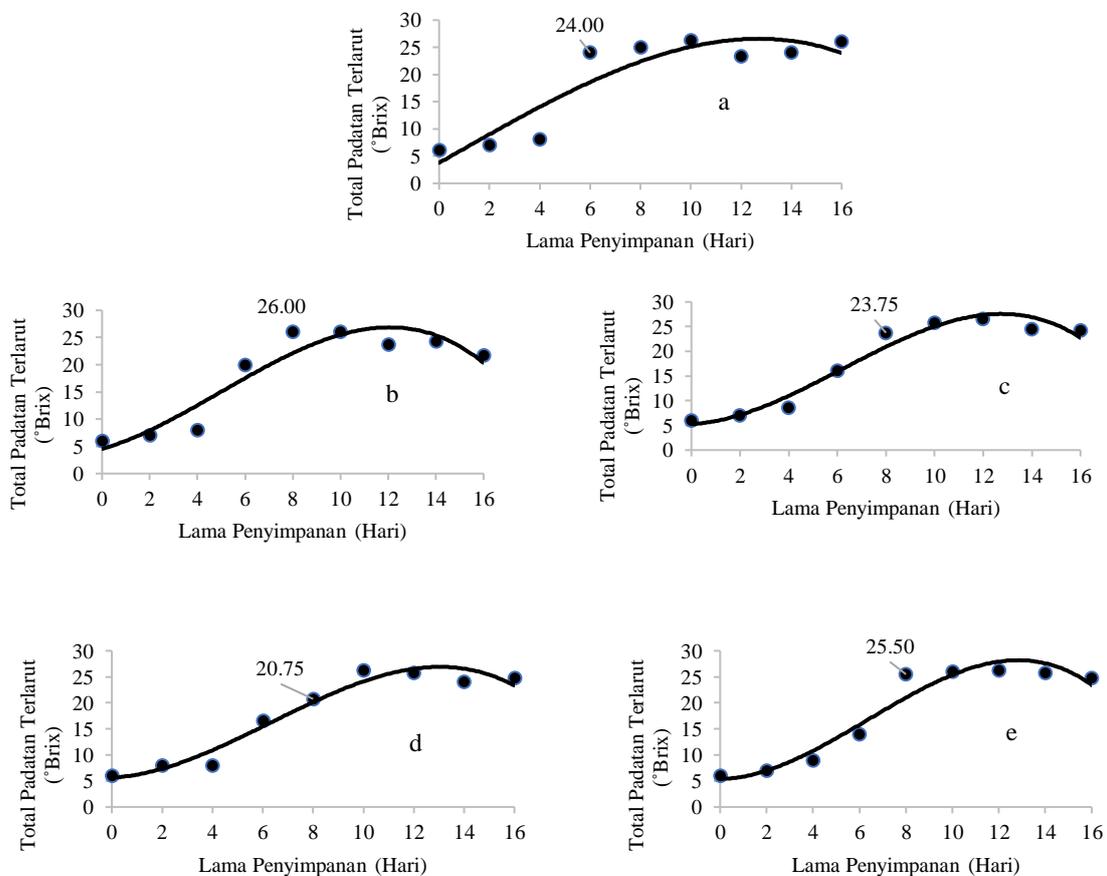
Pola perubahan kadar air pisang kepok selama penyimpanan mengikuti pola ordo 3 (Tabel 3). Kadar air pisang kepok di awal penyimpanan sampai hari ke-6 terjadi penurunan kadar air. Hal ini disebabkan proses respirasi masih berjalan lambat, akan tetapi proses transpirasi sudah berlangsung. Akibatnya kadar air berkurang dan air dari proses respirasi belum terbentuk. Setelah hari ke-6 sampai hari ke-12, maka terjadi peningkatan kadar air dengan cepat. Artinya proses respirasi berjalan dengan cepat, sehingga dihasilkan air yang banyak dan masih dapat menyeimbangkan dengan banyaknya air yang teruapkan ke lingkungan. Pada saat ini pada pisang kepok terjadi proses pematangan. Setelah hari ke-12 sampai hari ke-16, respirasi masih terjadi tapi sudah melambat bahkan tidak terjadi dan akhirnya kadar air pisang kepok menurun dan pisang kepok menjadi membusuk.

Berdasarkan Gambar 3 dan Tabel 3, dapat dilihat bahwa proses pematangan pisang kepok dengan arang aktif 10 g yang dikemas LDPE lebih lambat dibandingkan dengan kemasan aktif yang lainnya dan tanpa arang aktif. Pada kemasan aktif seperti ini, maka nilai x pisang kepok adalah sebesar

-1,1922. Peningkatan kadar air pisang kepok pada kemasan aktif ini terjadi mulai hari ke-8 dan pisang kepok masih mampu mempertahankan kadar air sebanyak 72,29% pada hari ke-10. Akibatnya air tidak banyak yang terlepas ke lingkungan. Dengan demikian pematangan pisang kepok dapat diperlambat dengan adanya arang aktif dan ditambah lagi dengan adanya LDPE dengan permeabilitas yang rendah.

Total Padatan Terlarut

Total padatan terlarut pisang kepok selama penyimpanan 16 hari mengikuti pola regresi ordo 3 (Tabel 4). Pola ini menunjukkan bahwa total padatan terlarut di awal penyimpanan sampai hari ke-8 atau ke-10 - tergantung jenis kemasan aktifnya - meningkat dengan sangat cepat (Gambar 4). Terlebih lagi pisang kepok tanpa arang aktif sangat cepat sekali peningkatan total padatan terlarutnya. Setelah hari ke-10, peningkatan total padatan terlarut pisang kepok berjalan sangat lambat, bahkan terjadi penurunan seiring proses pembusukan pisang kepok.



Gambar 4. Pola ordo 3 total padatan terlarut pisang kepok selama penyimpanan 16 hari. a. Tanpa Penambahan Arang Aktif; b. Arang aktif 5 g dengan LDPE; c. Arang

Tabel 4. Nilai kemiringan x , x^2 , x^3 , dan R^2 untuk pola ordo 3 total padatan terlarut pisang kepek selama penyimpanan

Sistem kemasan	Arang Aktif (g)	x	x^2	x^3	R^2
Tanpa penambahan arang aktif		2,6152	0,0123	-0,0061	0,8404
LDPE	5	1,2716	0,2499	-0,0167	0,9005
	10	0,2710	0,3692	-0,0199	0,96
Kantong teh	5	0,2570	0,3358	-0,0177	0,957
	10	0,0715	0,4043	-0,0211	0,946

Total padatan terlarut dalam hal ini diduga sebagian besarnya merupakan campuran gula reduksi dan non reduksi yang merupakan hasil dari hidrolisis pati. Menurut Firmansyah (2016), total padatan terlarut pada kasus ini sering disebut gula total. Gula total ini merupakan gabungan antara sukrosa, glukosa, dan fruktosa. Gula total pada pisang yang telah matang dapat mencapai 23,5 % (Marriott *et al.*, 1981). Pada pisang kepek total padatan terlarutnya dapat mencapai 26,5° Brix (Gambar 4).

Peningkatan total padatan terlarut pisang kepek dengan penambahan arang aktif 10 g yang dikemas LDPE lebih lambat dibandingkan dengan pisang kepek tanpa penambahan arang aktif dan kemasan aktif yang lainnya. Pisang kepek dengan kemasan aktif ini masih dapat mempertahankan total padatan terlarutnya sampai hari ke-12, sedangkan kemasan aktif yang lainnya sudah mengalami penurunan total padatan terlarut pada hari ke-12 dan akhirnya busuk. Pada fase pembusukan terjadi oksidasi gula menjadi asam piruvat. Asam piruvat dan asam-asam organik lainnya secara aerob bertransformasi menjadi CO₂, air dan energi (Paramita, 2010).

Kadar Gula Pereduksi

Selama proses pematangan pisang kepek, maka terjadi peningkatan gula terlarut dan penurunan kadar pati dan hemiselulosa (Mohapatra, 2010). Gula-gula terlarut ini terdiri dari sukrosa, glukosa, dan fruktosa (Marriott *et al.*, 1981). Glukosa dan fruktosa merupakan gula pereduksi.

Pola pembentukan gula pereduksi pisang kepek selama penyimpanan mengikuti pola ordo 3 (Gambar 5 dan Tabel 5). Kadar gula pereduksi meningkat dengan cepat sampai hari ke-8 untuk pisang kepek yang disimpan dengan menggunakan arang aktif. Adapun pisang kepek tanpa penambahan arang aktif, maka kadar gula pereduksi meningkat cepat sampai hari ke-6. Pada hari ini ke-8 atau ke-6 ini, maka pisang kepek sudah matang. Setelah hari ke-8 atau ke-6, maka kadar gula pereduksi pisang kepek meningkat dengan sangat lambat sampai hari ke-12. Setelah itu kadar gula pereduksi pisang kepek mulai menurun dan akhirnya pisang kepek membusuk.

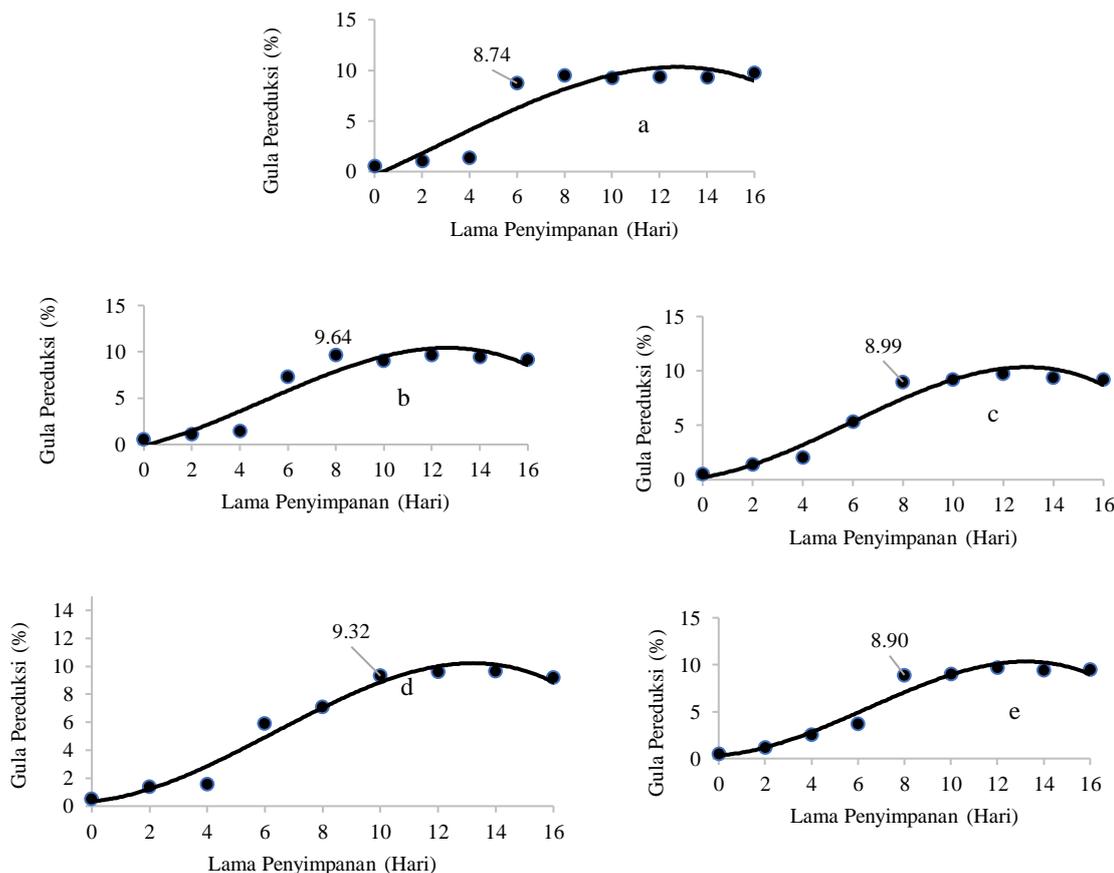
Pisang kepek dengan penambahan arang aktif 10 g yang dikemas LDPE adalah kemasan aktif yang dapat memperlambat pembentukan kadar gula pereduksi selama proses pematangan. Hal ini dapat

dilihat dari nilai x sebesar 0,3502 dan x^2 sebesar 0,1271 (Tabel 5). Artinya peningkatan kadar gula pereduksi pisang kepek dengan kemasan aktif ini selama penyimpanan lebih lambat dibandingkan dengan kemasan aktif yang lainnya. Walaupun pisang kepek yang ditambahkan arang aktif yang dikemas kantong teh lebih lambat peningkatan kadar gula pereduksinya di awal penyimpanan. Akan tetapi setelah hari ke-8 peningkatan kadar gula pereduksinya lebih cepat dibandingkan dengan pisang kepek yang ditambahkan arang aktif yang dikemas LDPE. Selain itu, kadar gula pereduksi pisang kepek yang ditambahkan arang aktif yang dikemas kantong teh lebih cepat menurunnya dibandingkan pisang kepek yang ditambahkan arang aktif yang dikemas LDPE. Hal ini menunjukkan bahwa arang aktif yang dikemas dengan LDPE lebih efektif untuk memperlambat pematangan pisang kepek dibandingkan dengan kantong teh.

Total Asam Terlarut

Total asam terlarut pisang kepek selama penyimpanan mengikuti pola ordo 3 (Gambar 6 dan Tabel 6). Total asam terlarut pisang kepek sebelum dilakukan penyimpanan sebesar 0,159 % (Gambar 6). Total asam terlarut ini sangat rendah, karena pisang kepek keadaannya adalah pisang tua panen. Total asam terlarut ini merupakan asam-asam organik rantai pendek hasil proses metabolisme sebelum terjadi pemanenan. Menurut Rahayu (2014) serta Wyman dan Palmer (1964) mengatakan bahwa kandungan asam buah rendah pada buah yang masih mentah. Total asam organik pada buah pisang adalah 4,43 meq/100 g pada tahap pra klimakterik. Total asam organik ini menurun jumlahnya sampai hari ke-4 penyimpanan. Hal ini disebabkan total asam terlarut mengalami penguraian molekul asam-asam organik menjadi air dan CO₂.

Setelah hari ke-4, total asam terlarut pisang kepek meningkat sampai hari ke-8 atau hari ke-10. Setelah hari ke-10 total asam terlarut pisang kepek menurun kembali. Hal ini sesuai dengan pendapat Thompson (2003) yang menyatakan bahwa selama proses pematangan, keasaman pada buah umumnya mengalami peningkatan dan kemudian terjadi penurunan kembali yang disebabkan oleh proses respirasi. Proses respirasi yang semakin meningkat pada proses pematangan buah mengakibatkan terjadi perubahan gula menjadi asam-asam organik.



Gambar 5. Pola ordo 3 kadar gula pereduksi pisang kepok selama penyimpanan 16 hari. a. Tanpa penambahan arang aktif; b. Arang aktif 5 g dengan LDPE ; c. Arang aktif 10 g dengan LDPE; d. Arang aktif 5 g dengan kantong teh; dan e. Arang aktif 10 g dengan kantong teh

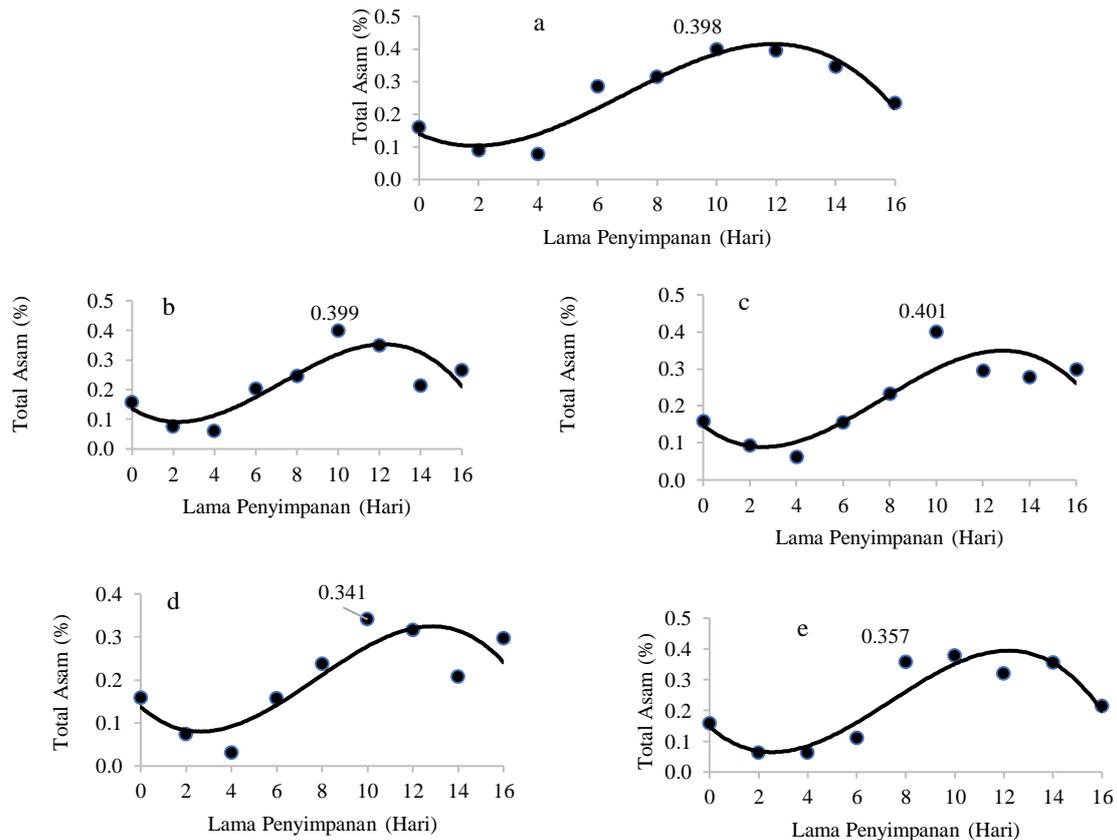
Tabel 5. Nilai kemiringan x, x², x³, dan R² untuk pola ordo 3 kadar gula pereduksi pisang kepok selama penyimpanan

Sistem Kemasan	Arang Aktif (g)	x	x ²	x ³	R ²
Tanpa penambahan arang aktif		1,0405	0,0345	-0,0039	0,8648
LDPE	5	0,6514	0,095	0,0064	0,9093
	10	0,3502	0,1271	-0,0072	0,9596
Kantong teh	5	0,1783	0,1424	-0,0075	0,9718
	10	0,1472	0,1485	-0,0078	0,9525

Pada saat yang bersamaan asam-asam organik diuraikan menjadi air dan CO₂. Menurut Wyman dan Palmer (1964) bahwa total asam organik buah pisang meningkat hingga 8,74 pada tahap klimakterik dan 10,9 meq/100 g pada tahap pasca klimakterik. Pisang kepok dengan penambahan arang aktif 10 g yang dikemas kantong teh dan LDPE mengalami penurunan total asam terlarut yang lebih lambat dibandingkan pisang kepok dengan kemasan aktif lainnya dan tanpa penambahan arang aktif. Setelah hari ke-4, total asam terlarut pisang kapok mengalami peningkatan sampai hari ke-10. Setelah itu terjadi penurunan total asam terlarut pada pisang kepok. Akan tetapi pisang kepok dengan arang aktif 10 g

yang dikemas kantong teh mengalami peningkatan total asam terlarut sampai hari ke-8. Peningkatan kandungan asam organik ini menunjukkan bahwa pisang berada pada stadia matang penuh (Santoso dan Purwoko, 1995).

Kemudian pisang kepok mengalami penurunan total asam terlarut setelah hari ke-10. Menurut Arriola (1980) total asam terlarut meningkat dan kemudian akan terjadi penurunan total asam terlarut setelah buah lewat matang, Nasution (2012) juga menambahkan bahwa total asam terlarut merupakan energi tambahan pada buah yang diperkirakan banyak menurun selama aktivitas metabolisme berlangsung, yaitu proses respirasi.



Gambar 6. Pola ordo 3 total asam pisang kepek selama penyimpanan 16 hari, (a) Tanpa penambahan arang aktif; (b). Arang aktif 5 g dengan LDPE; (c). Arang aktif 10 g dengan LDPE; (d). Arang aktif 5 g dengan kantong teh; dan e. Arang aktif 10 g dengan kantong teh.

Tabel 6. Nilai kemiringan x^2 , x , dan R^2 untuk pola ordo 3 total asam pisang kepek selama penyimpanan

Sistem kemasan	Arang Aktif (g)	x	x^2	x^3	R^2
Tanpa penambahan arang aktif		-0,0412	0,0128	-0,0006	0,9157
LDPE	5	-0,0431	0,0114	-0,0005	0,7489
	10	-0,0478	0,0111	-0,0005	0,7981
Kantong teh	5	-0,0468	0,0107	-0,0005	0,7415
	10	-0,0690	0,0163	-0,0007	0,8626

KESIMPULAN

Pisang kepek dengan arang aktif maupun tanpa penambahan arang aktif, maka perubahan susut bobotnya mengikuti pola ordo 2 atau kuadratik selama penyimpanan. Perubahan *edible part* mengikuti pola ordo 4, sedangkan kadar air, total padatan terlarut, kadar gula pereduksi, dan total asam terlarut mengikuti pola ordo 3. Kemasan aktif terbaik untuk memperpanjang umur simpan pisang kepek adalah pisang kepek dengan kemasan aktif berbahan arang aktif sebanyak 10 g dengan kemasan LDPE.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Program Indofood Riset Nugraha (IRN) yang telah

memberikan pendanaan melalui Program Beasiswa Percepatan Kelulusan periode 2018/2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiningrum DA, B Susilo, R Yulianingsih. 2014. Studi pengaruh konsentrasi oksigen pada penyimpanan atmosfer termodifikasi buah sawo (*Achras zapota L.*). *Journal Bioproses Komoditas Tropis*. 2(1): 22-34.
- Arriola MC. 1980. *Tropical and Subtropical Fruits*. Connecticut : The AVI Publishing Co. Inc.
- AOAC, Official Method 950.46. 2012. Moisture in Meat, in: *Official Methods of Analysis of AOAC International* [19th ed.]. Gaithersburg, MD, USA : AOAC International.

- Badan Standardisasi Nasional. 1992. Cara Uji Makanan dan Minuman. SNI 01-2891-1992. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standarsisasi Nasional. 2004. Saos Tomat. SNI 01-3546-2004. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Brody AL, Strupinsky ER, dan Kline LR. 2001. *Active Packaging for Food Applications*. Boca Raton : CRC Press.
- Castaldo M, Barlind L, Mauritzson F, Wan PT, Snijder HJ. 2016. A Fast and Easy Strategy For Protein Purification Using Teabags. [Scientific Reports]. *Nature* : 30 June 2016. DOI : 10.1038/srep28887. [<https://nature.com/scientificreports/>]
- Day B. 2002. A Fresh Approach. UK : *Camden and Chorleywood Food Research Association. Profit Through Innovation 2002*.
- David J. 2018. Pengaruh suhu dan lama simpan pada buah pepaya madu. *Jurnal Pertanian Agros*. 20(2):114-122.
- Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura. 2018. *Data Produksi Tanaman Pangan dan Hortikultura*. Banjarbaru : Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Kalimantan Selatan.
- Firmansyah Y, Raswen E, dan Rahmayuni. 2016. Pemanfaatan kitosan untuk memperpanjang umur simpan buah pepaya varietas california. *Jurnal Sagu*. 15 (2):11-20.
- Gustama A. 2012. Pembuatan Arang Aktif Tempurung Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Dalam Pemurnian Biodiesel. [Skripsi]. Bogor : Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Holcroft D. 2015. Water relations in harvested fresh produce. Postharvest Education Foundation. *PEF White Paper*. 15(1): 1-16.
- Hustiany R dan Rahmi A. 2019. *Kemasan Aktif Berbasis Arang Aktif Tandan Kosong dan Cangkang Kelapa Sawit*. Malang : CV IRDH Research.
- Irawan H, Suhaidi I, dan Karo-Karo T. 2016. Pengaruh pengemasan atmosfer termodifikasi aktif dengan penjerap oksigen, karbondioksida, uap air, dan etilen terhadap mutu buah pisang barangan (*Musa paradisiacal* L.) selama penyimpanan pada suhu kamar. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*. 4(1): 15-25.
- Marriott J, Robinson M, dan Karikari SK. 1981. Starch and sugar transformation during the ripening of plantains and bananas. *Journal Science Food Agric*. 32:1021-1026.
- Marsh H dan Reinoso FR. 2006. *Activated Carbon*. UK : Elsevier Science Ltd. ISBN 9780080444635.
- Mohapatra D, Mishra S, dan Sutar N. 2010. Banana and Its By-Product Utilisation : An Overview. *Journal Scientific & Industrial Research*. 69 : 323-329.
- Nasution IS, Yusmanizar, dan Melianda K. 2012. Pengaruh penggunaan lapisan edibel (*Edible Coating*), kalsium klorida, dan kemasan plastik terhadap mutu nanas (*Ananas comosus* Merr.) terolah minimal. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 4(2):21-26.
- Paramita O. 2010. Pengaruh memar terhadap perubahan pola respirasi, produksi etilen dan jaringan buah mangga (*Mangifera Indica* L.) var gedong gincu pada berbagai suhu penyimpanan. *Jurnal Kompetensi Teknik*. 2(1): 29-37.
- Rahayu MD, Widodo WD, dan Suketi K. 2014. Penentuan waktu panen pisang raja bulu berdasarkan evaluasi buah beberapa umur petik. *Jurnal Hort. Indonesia*. 5(2) : 65-72.
- Ranggana S. 1977. *Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products*. Second Edition. New Delhi : Tata McGraw-Hill.
- Santoso BB dan Purwoko BS. 1995. *Fisiologi dan Teknologi Pasca Panen Tanaman Hortikultura*. Jakarta : Indonesia Australia Eastern University Project.
- Satuhu S dan Supriyadi A. 2008. *Pisang : Budidaya, Pengolahan dan Prospek Pasar*. [Edisi Revisi]. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Sholihati, Abdullah R, dan Suroso. 2015. Kajian Penundaan Kematangan Pisang Raja (*Musa paradisiaca* Var. *Sapientum* L.) melalui penggunaan media penyerap etilen kalium permanganat. *Rona Teknik Pertanian*. 8(2):76-89.
- Sukasih E dan Setyadjit. 2016. Formulasi antifungal kombinasi dari ekstrak limbah mangga dengan pengawet makanan komersial untuk preservasi buah mangga. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 14(1): 22-34.
- Thompson AK. 2003. *Fruit and Vegetables Harvesting, Handling and Storage*. Australia : Blackwell Publishing.
- Vermeiren L, Devlieghere F, Beest VM, Kruijf, Debevere J. 1999. Developments in the Active packaging of foods. *Food Science Technol International*. 10: 77-86.
- Warsiki E, Aprilliani F, dan Iskandar A. 2019. The effect of the use of corrugated cardboards covered with ethylene absorbers on mango fruit quality after sort-term storage (*Mangifera indica* L.). *Journal Horticultural Research*. 27(2):65-70. DOI : 10.2478/johr.2019-0007.
- Wyman H dan Palmer JK. 1964. Organic acids in the ripening banana fruit. *Plant Physiology*. 39(4):630.