

## PENGARUH PENAMBAHAN KALIUM PERMANGANAT TERHADAP MUTU PISANG (CV. MAS KIRANA) PADA KEMASAN ATMOSFIR TERMODIFIKASI AKTIF

Adhitya Yudha Pradhana, Rokhani Hasbullah, dan Y. Aris Purwanto

*Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Mayor Teknologi Pascapanen*

*Institut Pertanian Bogor*

*Email: adhitya\_yudha88@yahoo.com*

Cv. Mas Kirana merupakan salah satu varietas pisang yang populer, umumnya tumbuh di Indonesia dan merupakan pendukung utama industri dan perdagangan pisang domestik dan ekspor. Kendala dan masalah utama yang berkaitan dengan penanganan pascapanen pisang segar adalah umur simpan dan penanganan pascapanen yang kurang tepat. Ada kebutuhan untuk menemukan cara penyimpanan yang tepat untuk memperpanjang umur simpan dan mempertahankan kualitas buah pada kemasan ritel untuk pasar domestik. Kemasan Atmosfir termodifikasi (MAP) adalah teknik yang ideal dan dikenal memiliki potensi besar untuk memperpanjang umur simpan pasca panen pisang dengan kalium Permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) sachet sebagai penyerap etilen yang digunakan dalam MAP untuk menyerap produksi etilen endogen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi umur simpan dan kualitas buah dalam kemasan MAP, dengan atau tanpa penyerap etilen ( $\text{KMnO}_4$ ). Data diperoleh dari analisis fisik, kimia dan evaluasi sensori yang dianalisis dengan analisis sidik ragam dan uji Duncan ( $p < 0.05$ ) untuk mendapatkan pengaruh nyata rata-rata perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa umur simpan buah pisang yang dikemas dalam *White Stretch Film* (WSF) dengan  $\text{KMnO}_4$  (MAP aktif) pada suhu  $28^\circ\text{C}$  dapat memperpanjang sampai 10 hari dibandingkan dengan 6 hari untuk pisang kontrol yang dikemas dalam WSF tanpa  $\text{KMnO}_4$  (MAP pasif). Perlakuan WSF dengan  $\text{KMnO}_4$  menunda susut bobot, warna, total padatan terlarut, dan vitamin C dibanding pisang kontrol tanpa  $\text{KMnO}_4$ . Kualitas organoleptik atau sensori (warna, aroma, dan rasa) buah yang matang penuh untuk kemasan WSF tanpa atau dengan  $\text{KMnO}_4$  sangat baik.

**Kata kunci:** Kemasan atmosfir termodifikasi aktif, kalium permanganat, penyerap etilen, pisang

**ABSTRACT. 2013. Adhitya Yudha Pradhana, Rokhani Hasbullah and Y. Aris Purwanto. Effect of potassium permanganate adding on banana (Cv. Mas Kirana) fruit quality in active modified atmosphere packaging.** Cv. Mas Kirana is one of popular banana variety commonly grown in Indonesia and the mainstay of banana industry for both domestic and export trades. Major constraints and problem associated with postharvest handling of fresh banana are short shelf life and lack of postharvest handling. There is a need to find appropriate storage method in order to extend the storage life to maintain the fruit quality for retail packaging for domestic market. Modified atmosphere packaging (MAP) packaging is an ideal preservation technique and is known to have great potential to extending the postharvest life of banana with potassium permanganate ( $\text{KMnO}_4$ ) sachets as ethylene absorbent were used in MAP to absorb endogenously produced ethylene. The purpose of this study was to evaluate for fruit quality and shelf life under MAP packaging, with or without an ethylene absorber ( $\text{KMnO}_4$ ). The data obtained from physico chemical analysis and sensory evaluation were analyzed statically for analysis of variance with Duncan test ( $p < 0.05$ ) was used to detect significant differences for the treatment means. The results indicate that the shelf life of fruits packed under White Stretch Film (WSF) with  $\text{KMnO}_4$  (active MAP) at  $28^\circ\text{C}$  could be extended up to 10 days compared to 6 days for banana control packed under WSF without  $\text{KMnO}_4$  (passive MAP). WSF with  $\text{KMnO}_4$  treatments delayed weight loss, colour, total soluble solids (TSS), and ascorbic acid (Vitamin C) as compared to control banana without  $\text{KMnO}_4$ . Sensory quality (colour, aroma, and taste) of fully ripe fruits of both WSF without or with  $\text{KMnO}_4$  was very good.

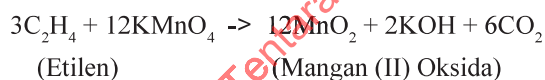
**Keywords:** Active modified atmosfir packaging, potassium permanganate, ethylene absorbent, banana

## PENDAHULUAN

Cv. Mas Kirana merupakan salah satu varietas pisang yang populer. Pisang ini umumnya tumbuh di Indonesia dan merupakan pendukung utama industri dan perdagangan pisang domestik dan ekspor. Pisang Mas Kirana memiliki kulit buah yang berwarna kuning cerah keemasan, rasa dan aromanya enak, dan kini juga diminati oleh orang Eropa<sup>1</sup>.

Kendala dan masalah utama yang berkaitan dengan penanganan pascapanen pisang segar adalah umur simpan yang singkat dan kurangnya penanganan pascapanen yang tepat<sup>2</sup>, hal ini disebabkan oleh tingginya tingkat respirasi buah dan produksi etilen endogen selama proses pematangan buah. Untuk itulah diperlukan teknologi *Modified Atmosphere Packaging* (MAP) yang mampu memodifikasi komposisi udara di sekitar produk melalui bahan kemasan yang permeabel yang dikombinasikan dengan penyerap etilen (KMnO<sub>4</sub>) untuk memperpanjang umur simpan.

Kemasan atmosfer termodifikasi (MAP) adalah teknik yang ideal<sup>3</sup>. Selain mempertahankan kelembaban tinggi yang diinginkan di sekitar buah, MAP telah menunjukkan bahwa kemasan dalam plastik tidak berlubang memperpanjang umur simpan buah pisang cv. Sucrier<sup>4</sup>. Dalam teknik MAP dikenal MAP pasif dan MAP aktif. MAP pasif adalah kemasan yang hanya mengandalkan permeabilitas plastik saja dalam pertukaran gas. MAP aktif adalah jika komposisi udara atau gas di dalam kemasan diubah dengan memasukkan bahan tambahan di dalam kemasan, misalnya dengan memberikan penyerap etilen. Senyawa KMnO<sub>4</sub> merupakan oksidator kuat yang dapat memecah ikatan rangkap etilen dengan reaksi sebagai berikut<sup>3</sup>:



Dengan dipecahkannya ikatan rangkap pada etilen yang merupakan hormon pematangan dan membentuk mangan (II) oksida, KOH, dan CO<sub>2</sub>, maka diharapkan dengan penambahan kalium permanganat dalam kemasan, akan memperpanjang umur simpan.

Penyerap etilen KMnO<sub>4</sub> dalam aplikasinya berbentuk cairan sehingga memerlukan bahan penyerap. Untuk KMnO<sub>4</sub>, bahan penyerap menjadi sangat penting karena KMnO<sub>4</sub> bersifat racun sehingga dalam aplikasinya tidak boleh kontak langsung dengan produk. Berdasarkan permasalahan ini timbul pertanyaan bagaimana aplikasi kalium permanganat dalam kemasan MAP? Apakah ada jenis plastik yang sesuai untuk mengemas buah

pisang Mas Kirana? Apakah kalium permanganat dengan silica gel dapat memperpanjang umur simpan dan mempertahankan mutu buah? Hal ini tentunya membutuhkan suatu parameter perancangan kemasan MAP yang mengakomodir penempatan penyerap etilen dalam bentuk kasa atau sachet di dalam kemasan retail (wadah *styrofoam*), sehingga akan meminimalkan kontak langsung antara buah dengan KMnO<sub>4</sub> dan dibutuhkan juga bahan penyerap yang bersifat inert (tidak bereaksi) dan mempunyai permukaan yang luas seperti silica gel. Selain itu perlunya kajian yang lebih mendalam mengenai plastik yang sesuai untuk kemasan MAP pisang Mas Kirana dan apakah KMnO<sub>4</sub> dengan *silica gel* mampu untuk memperpanjang umur simpan buah dalam kemasan ritel swalayan atau supermarket.

Penelitian ini bertujuan untuk: 1) Merancang kemasan MAP aktif pada buah pisang Mas Kirana, dan 2) Mengkaji pengaruh penyerap etilen (KMnO<sub>4</sub>) terhadap masa simpan dan mutu buah pisang Mas Kirana yang disimpan dalam kemasan MAP aktif.

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan Agustus 2013 di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPPHP), Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor (IPB).

### Alat dan bahan

Pisang Mas Kirana diperoleh dari petani pisang di daerah Sukabumi Jawa Barat, dengan indeks warna pisang skala 2 berwarna hijau sedikit kuning. Bahan yang digunakan KMnO<sub>4</sub>, *silica gel*, kasa, larutan iodine dan aquades. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cosmotector tipe XP-3140 untuk mengukur CO<sub>2</sub> dan cosmotector tipe XP-3180 untuk mengukur O<sub>2</sub>, timbangan digital METTLER PM4800, stoples beserta penjepit dan lilin malam, timbangan digital, chromameter (CR-310), refraktometer digital (ATAGO, Japan), buret, dan gelas ukur.

### Pembuatan larutan kalium permanganat

Pada suhu ruang 28 °C konsentrasi KMnO<sub>4</sub> yang terbaik untuk menyerap etilen yaitu KMnO<sub>4</sub> (25mg/100ml)<sup>5</sup>. Pembuatan KMnO<sub>4</sub> (25mg/100ml) dengan menimbang 25 mg KMnO<sub>4</sub> yang dilarutkan dalam 100 ml aquades. Silica gel 100 g direndam dalam larutan tersebut selama 10 menit, disaring dan dikering anginkan selama 30 menit, kemudian dibungkus kasa, membentuk *sachet*.

Setelah direndam dalam larutan  $\text{KMnO}_4$ , berat *silica gel* menjadi 135-138 g, atau berat *silica gel* setelah menyerap larutan  $\text{KMnO}_4$  meningkat sebesar 35-38 g. Banyaknya larutan  $\text{KMnO}_4$  yang diserap sebesar 70-80 ml, maka larutan  $\text{KMnO}_4$  yang diserap dalam 100 g *silica gel* yaitu 0.7-0.8 ml/g. Setelah itu timbang hasil penyerapan *silica gel* dengan  $\text{KMnO}_4$  per 15 g, sehingga didapatkan 9 *sachet* penyerap etilen, atau rata-rata berat larutan  $\text{KMnO}_4$  yang terserap di dalam 15 g *silica gel* sebesar 3.89-4.22 g larutan  $\text{KMnO}_4$ . Satu *sachet* penyerap etilen seberat 15 g digunakan untuk 1 kemasan.

### Pengukuran laju respirasi

Pisang Mas sebanyak 5 buah (220-280 g) dimasukkan ke dalam stoples gelas volume 3310 ml. Stoples gelas ditutup dengan penutup yang dilengkapi dua buah pipa plastik fleksibel sebagai saluran pengeluaran dan pemasukan udara atau gas. Jarak antara gelas stoples dan penutupnya ditutup dengan lilin untuk mencegah udara keluar atau masuk. Selanjutnya selang plastik ditutup dengan menggunakan klem. Pengukuran gas  $\text{O}_2$  dan  $\text{CO}_2$  setiap hari pada jam ke-3, 6 dan 9. Laju respirasi dihitung berdasarkan laju produksi  $\text{CO}_2$  dan laju konsumsi  $\text{O}_2$ . Laju respirasi dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$R = \Delta X / \Delta t \times V / W \text{ atau}$$

$$R = (x_2 - x_1) / (t_2 - t_1) \cdot ((V_s - w / db) / W)$$

Dimana: R: laju respirasi (ml/kg.jam), V: volume bebas wadah (ml), w: bobot bahan (kg), x: konsentrasi gas (desimal), t: waktu (jam),  $V_s$ : volume stoples (ml), dan db: densitas buah (kg/ml).

### Perancangan kemasan MAP

Tahapan perancangan pengemasan sistem MAP adalah<sup>7</sup>:

1. Menentukan komposisi gas optimum dari produk yang akan dikemas.
2. Mengukur laju respirasi produk pada komposisi gas optimum tersebut.
3. Memilih jenis plastik film kemasan yang sesuai nilai permeabilitasnya.
4. Menetapkan ketebalan (b) dan luas permukaan dari plastik film kemasan (A) serta berat produk yang akan dikemas (w).

Apabila data respirasi tidak tersedia maka dilakukan simulasi dengan mengubah-ubah nilai w, b dan A, sehingga menghasilkan komposisi gas di dalam kemasan mendekati komposisi optimum yang direkomendasikan.

### Prosedur Analisis

Prosedur analisis mencakup pengukuran komposisi gas, pengukuran parameter fisik (susut bobot dan warna), pengukuran parameter kimia (total padatan terlarut dan vitamin C), parameter organoleptik (sensori warna, aroma, dan rasa), dan aspek ekonomi.

### Pengukuran komposisi gas

Pengukuran komposisi gas dilakukan dengan memodifikasi *styrofoam* dengan diberi selang untuk disalurkan ke alat *cosmotector*. Komposisi gas diukur setiap 2 hari sekali pada jam ke-3, 6 dan 9, kemudian diukur komposisi gas  $\text{O}_2$  dan  $\text{CO}_2$  pada kemasan tersebut dengan *cosmotector* tipe XP-3140 untuk mengukur  $\text{CO}_2$  dan *cosmotector* tipe XP-3180 untuk mengukur  $\text{O}_2$ .

### Pengukuran susut bobot

Pengukuran berat dengan menggunakan timbangan digital. Rumus yang digunakan untuk mengukur susut bobot adalah: Susut bobot (%) =  $(W_0 - W_n) / W_0 \times 100\%$ , dimana  $W_0$  = berat bahan awal penyimpanan (g),  $W_n$  : berat bahan pada hari ke-n penyimpanan (g)<sup>8</sup>.

### Pengukuran warna (°hue)

Pengukuran warna dilakukan dengan menggunakan Chromameter (CR-310). Melalui alat ini akan diperoleh tingkat intensitas cahaya dengan sistem notasi warna Hunter dalam bentuk 3 parameter yaitu  $L^*$ ,  $a^*$  dan  $b^*$ . Hasil pengukuran nilai  $a^*$  dan  $b^*$  dikonversikan ke dalam satuan kromatik °hue. Nilai °hue mendeskripsikan warna murni dimana menunjukkan warna dominan dalam campuran beberapa warna. Untuk memperoleh nilai °hue digunakan rumus sebagai berikut<sup>9</sup>: °hue =  $\arctan (b^*/a^*)$

### Pengukuran total padatan terlarut

Total padatan terlarut diukur menggunakan refraktometer. Daging buah pisang diperas untuk didapatkan filtratnya. Filtrat daging buah tersebut diletakkan di atas lensa refraktometer untuk dilakukan pembacaan hasil. Lensa dibersihkan menggunakan air aquades dan dikalibrasi setiap kali dilakukan pembacaan hasil. Total padatan terlarut dinyatakan dalam satuan °Brix<sup>10</sup>.

### Pengukuran kandungan vitamin C

Kandungan vitamin C diukur dengan titrasi menggunakan iodine dan menggunakan 3-4 tetes indikator larutan amilum dengan konsentrasi 1 gram/100 ml. Tahapannya yaitu 30 gram daging pisang, kemudian bahan ancuran tersebut dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml dan ditambahkan aquades sampai tera lalu disaring. Setelah disaring, larutan diambil sebanyak 25 ml diberi 3-4 tetes

indikator larutan amilum kemudian dititrasi dengan iodine. Titrasi dilakukan sampai terbentuk warna biru tua yang stabil. Kandungan vitamin C dapat dihitung dengan rumus<sup>11</sup> :

$$\text{Vitamin C (mg/100g bahan)} = (\text{ml Iodine } 0.01 \text{ N} \times 0.88 \times \text{fp} \times 100) / (\text{Bobot contoh (g)})$$

Keterangan : Fp : faktor pengenceran

### Aspek ekonomi

Peninjauan aspek ekonomi digunakan untuk mengetahui kemasan terbaik yang tidak hanya ditinjau dari segi teknis saja, tetapi juga dari aspek ekonomi, yaitu biaya pokok pembuatan kemasan MAP.

### Uji organoleptik (sensori)

Pengujian organoleptik atau sensori terhadap warna kulit, rasa, dan aroma buah pisang Mas Kirana yang disimpan dalam kemasan MAP dilakukan saat buah layak konsumsi berdasarkan uji organoleptik dengan skala 1-5 terhadap 15 orang panelis. Skor yang diberikan terdiri dari: 5 (sangat suka), 4 (suka), 3 (agak suka), 2 (tidak suka) serta 1 (sangat tidak suka). Batas penolakan oleh panelis adalah skor 3<sup>12</sup>.

### Rancangan percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini Rancangan Acak Lengkap dengan 2 faktor yaitu jenis plastik *Low Density Poly Ethylene* (LDPE), *Poly Propylene* (PP), dan *White Stretch Film* (WSF) dan faktor penyerap etilen (tanpa  $\text{KMnO}_4$  dan dengan  $\text{KMnO}_4$ ) dengan tiga kali ulangan. Selanjutnya dianalisis menggunakan uji sidik ragam *analysis of variance* pada taraf  $\alpha = 5\%$ . Jika terdapat perbedaan nyata ( $p < 0.05$ ), maka dilanjutkan dengan uji Duncan<sup>2</sup>.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Laju respirasi pisang Mas Kirana

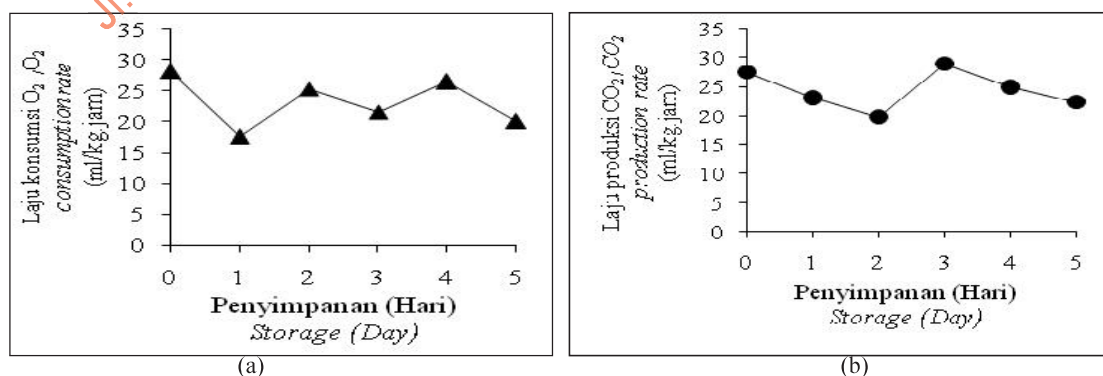
Selama proses respirasi terjadi kehilangan cadangan makanan yang tersimpan dalam komoditas. Hal ini mempercepat penuaan/*senescence* karena cadangan yang memberikan energi habis, sehingga terjadi penurunan kualitas rasa, terutama rasa manis. Umumnya tingkat kerusakan komoditas setelah dipanen sebanding dengan laju respirasi<sup>13</sup>. Buah golongan non-klimakterik tidak menunjukkan proses pematangan setelah dipanen dan pola respirasinya akan berubah menjadi lambat setelah pemanenan<sup>14</sup>.

Gambar 1 menunjukkan laju konsumsi  $\text{O}_2$  dan laju produksi  $\text{CO}_2$  yang memperlihatkan bahwa buah pisang Mas Kirana termasuk buah klimakterik karena pada grafik laju konsumsi dan laju produksi terjadi lonjakan respirasi. Gambar 1(a) menunjukkan puncak klimakterik terjadi pada hari ke-4 sebesar 26.45 ml/kg.jam untuk laju konsumsi  $\text{O}_2$ . Gambar 1(b) Puncak klimakterik terjadi pada hari ke-3 sebesar 26.72 ml/kg.jam untuk laju produksi  $\text{CO}_2$ . Puncak klimakterik menandakan bahwa buah pisang Mas Kirana telah matang.

### Parameter rancangan kemasan MAP

Tabel 1 menyajikan data parameter rancangan kemasan untuk pisang Mas Kirana dalam styrofoam dengan jenis plastik, dan ketebalan yang berbeda. Perancangan kemasan dengan penyerap etilen ( $\text{KMnO}_4$ ) menggunakan luasan kemasan yang ukurannya lebih besar yaitu 204  $\text{cm}^2$  atau 0.17x0.12  $\text{m}^2$  dibandingkan kontrol tanpa penyerap etilen ( $\text{KMnO}_4$ ) dengan luasan 0.12x0.12  $\text{m}^2$ .

Pada kemasan dengan penyerap etilen memiliki luas kemasan yang lebih besar dimaksudkan supaya ada *space* khusus untuk tempat penyerap etilen ( $\text{KMnO}_4$ ) dalam *sachet* untuk meminimalisasi bersentuhannya *sachet*



Gambar 1. Laju respirasi pisang Mas Kirana (a) —▲— laju konsumsi  $\text{O}_2$  dan (b) —●— laju produksi  $\text{CO}_2$   
 Figure 1. Respiration rate of banana cv. Mas Kirana (a) —▲—  $\text{O}_2$  consumption rate dan (b) —●—  $\text{CO}_2$  production rate

Tabel 1. Parameter rancangan kemasan MAP  
Table 1. Design parameter of MAP packaging

Perlakuan/ Treatment	Permeabilitas /Permeability* (ml.mm/m <sup>2</sup> .hr.atm)		Ketebalan Plastik/ Thickness of Plastic (x10 <sup>-3</sup> mm)	Ukuran kemasan/ Size of packaging (m <sup>2</sup> )
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>		
LDPE tanpa/without KMnO <sub>4</sub>	25.45	91.44	22.86	0.12 x 0.12
PP tanpa/without KMnO <sub>4</sub>	5.82	16.66	15.24	0.12 x 0.12
WSF tanpa/without KMnO <sub>4</sub>	37.19	37.34	14.73	0.12 x 0.12
LDPE dengan/with KMnO <sub>4</sub>	25.45	91.44	22.86	0.17 x 0.12
PP dengan/with KMnO <sub>4</sub>	5.82	16.66	15.24	0.17 x 0.12
WSF dengan/with KMnO <sub>4</sub>	37.19	37.34	14.73	0.17 x 0.12

Keterangan\*: Permeabilitas jenis plastik<sup>15</sup>

Remarks : Type of plastic permeability<sup>15</sup>

dengan pisang Mas Kirana. Penyerap etilen ditempatkan di sekitar sudut kemasan. Buah pisang Mas Kirana yang digunakan setiap pisang bobotnya berkisar antara 40-55 g. Sehingga dalam 1 wadah diisi 4 buah pisang dan total berat pisang dalam 1 kemasan berkisar antara 160-220 g buah pisang Mas Kirana.

#### Komposisi Gas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> dalam Kemasan

Pada Tabel 2 menunjukkan konsentrasi gas pada saat kesetimbangan pada kemasan LDPE dan PP belum mendekati hasil rekomendasi, dengan kondisi atmosfir termodifikasi untuk penyimpanan pisang 2-5% O<sub>2</sub> dan 2-5% CO<sub>2</sub><sup>16</sup>, dan yang paling mendekati adalah untuk kemasan WSF dengan penyerap etilen.

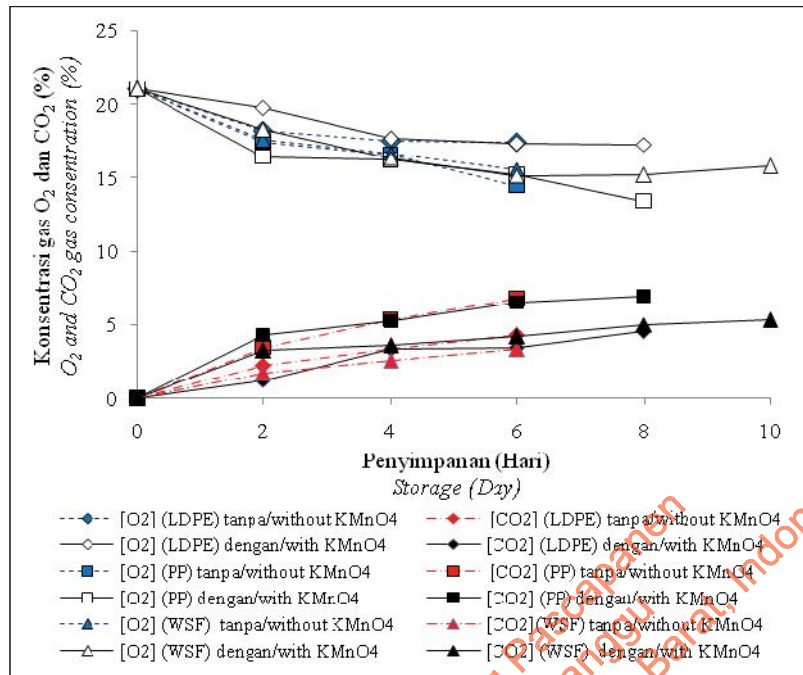
Hasil validasi konsentrasi gas pada kemasan WSF dengan penyerap etilen untuk CO<sub>2</sub> sesuai harapan, tetapi untuk konsentrasi O<sub>2</sub> nilainya jauh dari yang direkomendasikan. Hal tersebut terjadi karena kegagalan kemasan film komersial untuk menyediakan pertukaran gas CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> secara berkelanjutan<sup>17</sup>.

Pada Gambar 2 menunjukkan perubahan konsentrasi gas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> pada kemasan WSF menggunakan penyerap etilen (KMnO<sub>4</sub>) pada suhu 28 °C dengan konsentrasi gas saat *steady state* (kesetimbangan) yaitu konsentrasi 15.1% O<sub>2</sub> dan 4.2% CO<sub>2</sub> mengalami kesetimbangan pada saat hari ke-6 penyimpanan. Konsentrasi O<sub>2</sub> yang lebih rendah dari kontrol (tanpa penyerap etilen) tersebut dipengaruhi oleh pisang menggunakan O<sub>2</sub> untuk respirasi atau diduga karena oksigen ikut dioksidasi oleh KMnO<sub>4</sub>, selain itu karena perbedaan volume bebas dan luasan kemasan dengan menggunakan penyerap etilen dibandingkan tanpa penyerap etilen.

KMnO<sub>4</sub> dapat menghambat pematangan dengan cara mengoksidasi ikatan rangkap etilen yang dihasilkan oleh pisang dan merubahnya menjadi bentuk mangan dioksida (MnO<sub>2</sub>), KOH, dan CO<sub>2</sub>. Oleh karena itu jika buah disimpan di dalam kemasan MAP yang dikombinasikan dengan sachet penyerap etilen (KMnO<sub>4</sub>) dapat menyerap etilen, meningkatkan CO<sub>2</sub>, dan akhirnya dapat menghambat proses pematangan buah<sup>3</sup>.

Tabel 2. Konsentrasi gas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> dalam kondisi kesetimbangan pada suhu 28 °C di dalam kemasan MAP  
Table 2. O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> gas concentration in steady state condition at 28 °C in MAP packaging

Plastik/Plastics	Perlakuan / Treatment Penyerap etilen/ Ethylene absorbent	Komposisi gas/ Gas composition		Hari saat konsentrasi gas setimbang / Day of steady state gas concentration
		O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	
LDPE	Dengan/with KMnO <sub>4</sub>	17.7%	3.4%	4
	Tanpa/without KMnO <sub>4</sub>	17.5%	3.3%	4
PP	Dengan/with KMnO <sub>4</sub>	15.2%	6.6%	6
	Tanpa/without KMnO <sub>4</sub>	16.5%	5.4%	4
WSF	Dengan/with KMnO <sub>4</sub>	15.1%	4.2%	6
	Tanpa/without KMnO <sub>4</sub>	17.5%	1.7%	2



Gambar 2. Komposisi gas di dalam kemasan MAP

Figure 2. Gas composition in MAP packaging

### Mutu Buah Pisang Mas Kirana pada Kemasan MAP Aktif

Mutu buah pisang Mas Kirana yang dianalisis mencakup susut bobot, warna, total padatan terlarut (TPT), vitamin C, dan nilai organoleptik (warna, aroma, dan rasa). Pada Tabel 3 menjelaskan mengenai pengaruh perlakuan plastik dan penyerap etilen ( $\text{KMnO}_4$ ) terhadap mutu buah pisang Mas Kirana yang disimpan pada hari ke-6.

### Susut bobot

Susut bobot merupakan parameter mutu fisik. Selama penyimpanan, selain terjadi respirasi juga terjadi transpirasi yaitu penguapan air dari permukaan komoditi hortikultura yang menyebabkan kekeringan dan kelayuan. Proses transpirasi ini merupakan bagian dari proses respirasi yang terjadi selama penyimpanan, dimana pada saat terjadinya makromolekul kompleks menghasilkan air dalam bentuk uap.

Pada Gambar 3 memperlihatkan bahwa dengan penambahan penyerap etilen ( $\text{KMnO}_4$ ) menyebabkan susut bobot menjadi lebih kecil. Pada penyimpanan hari ke-6 susut bobot terkecil terjadi pada perlakuan PP tanpa  $\text{KMnO}_4$  sebesar 0.92%, sedangkan jika diberi penyerap etilen  $\text{KMnO}_4$  (25mg/100ml) susut bobot menjadi 0.87%.

Pada kemasan PP dan LDPE, susut bobot lebih kecil dari kemasan WSF karena kehilangan air yang lebih kecil saat transpirasi, tetapi terlihat banyaknya uap air di sekitar plastik PP, dan sedikit uap air pada kemasan LDPE dengan makin lamanya hari penyimpanan. Adanya

embun atau uap air di sekitar kemasan akan memacu terjadinya kerusakan buah, terutama yang disebabkan kontaminasi mikroba dan jamur<sup>18</sup>.

Tabel 3 menyajikan pengaruh jenis plastik dan penyerap etilen terhadap susut bobot setelah uji Duncan. Penambahan penyerap etilen ( $\text{KMnO}_4$ ) berpengaruh nyata pada hari ke-6 yaitu perlakuan plastik WSF dan penyerap etilen mampu menekan susut bobot menjadi 4.49% dibandingkan tanpa penyerap etilen sebesar 7.18%.

Penyerap etilen dapat menghambat susut bobot karena etilen yang dihasilkan oleh buah pisang Mas Kirana diserap oleh penyerap etilen, sehingga etilen yang aktif untuk merangsang aktifitas ATP-ase yaitu enzim yang diperlukan dalam pembentukan energi dari ATP yang ada dalam buah menjadi berkurang akibat proses respirasi yang menghasilkan karbondioksida dan air dapat diperlambat karena kurang tersedianya energi untuk menghasilkan karbondioksida dan uap air, sehingga susut bobot lebih kecil dengan perlakuan penyerap etilen, dibandingkan kontrol<sup>5</sup>.

### Warna

Sebagai parameter visual bagi konsumen, warna buah yang menarik merupakan nilai tambah bagi konsumen. Konsumen biasanya cenderung melakukan penilaian pertama terhadap tingkat kematangan buah melalui warna. Perubahan warna pada buah merupakan suatu perubahan yang jelas nampak oleh konsumen. Perubahan

Tabel 3. Pengaruh plastik dan KMnO<sub>4</sub> terhadap mutu buah pisang Mas Kirana pada hari ke-6  
 Table 3. Effect of plastics and KMnO<sub>4</sub> for banana cv. Mas Kirana quality for 6 th days

Perlakuan/ Treatment	Parameter Mutu/ Quality Parametry			
	Susut bobot/ Weight loss (%)	Nilai warna/ Colour value (°hue)	Total padatan terlarut/ Total soluble solid (°Brix)	Vitamin C/ Ascorbic acid
LDPE tanpa/without KMnO <sub>4</sub>	1.46±0.07 c	83.20±4.14 ab	22.65±2.55 bc	1.69±0.45 c
PP tanpa/without KMnO <sub>4</sub>	0.92±0.11 c	80.15±2.88 bc	20.60±2.10 c	2.08±0.22 c
WSF tanpa/without KMnO <sub>4</sub>	7.18±1.21 a	85.11±2.59 a	25.28±2.55 ab	2.86±0.81 c
LDPE dengan /with KMnO <sub>4</sub>	0.88±0.15 c	77.17±0.39 cd	24.48±0.94 abc	6.63±0.67 b
PP dengan/with KMnO <sub>4</sub>	0.87±0.05 c	77.02±0.66 cd	24.16±2.58 abc	6.63±0.78 b
WSF dengan/with KMnO <sub>4</sub>	4.49±0.49 b	74.41±0.65 d	27.17±1.53 a	8.32±1.62 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada α=5%  
 Remarks : numbers designated by same letters in the same coloumn are not significantly different at α=5%

tersebut digunakan sebagai indikator buah sudah matang atau belum matang.

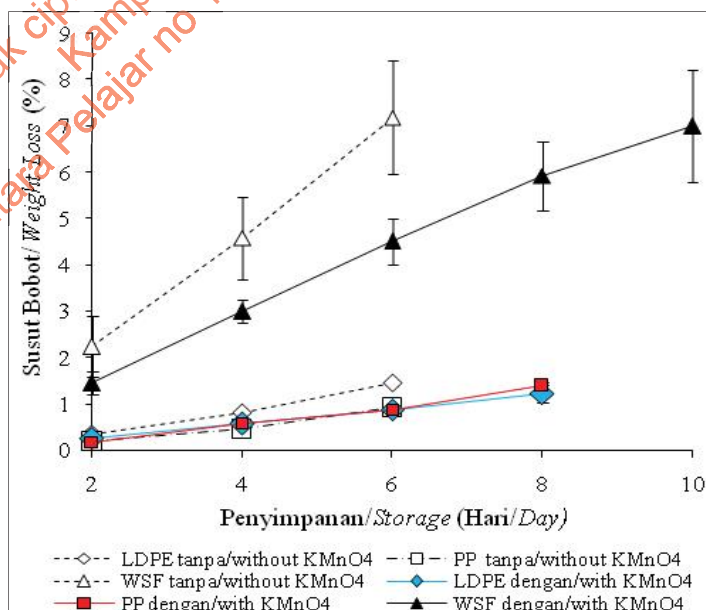
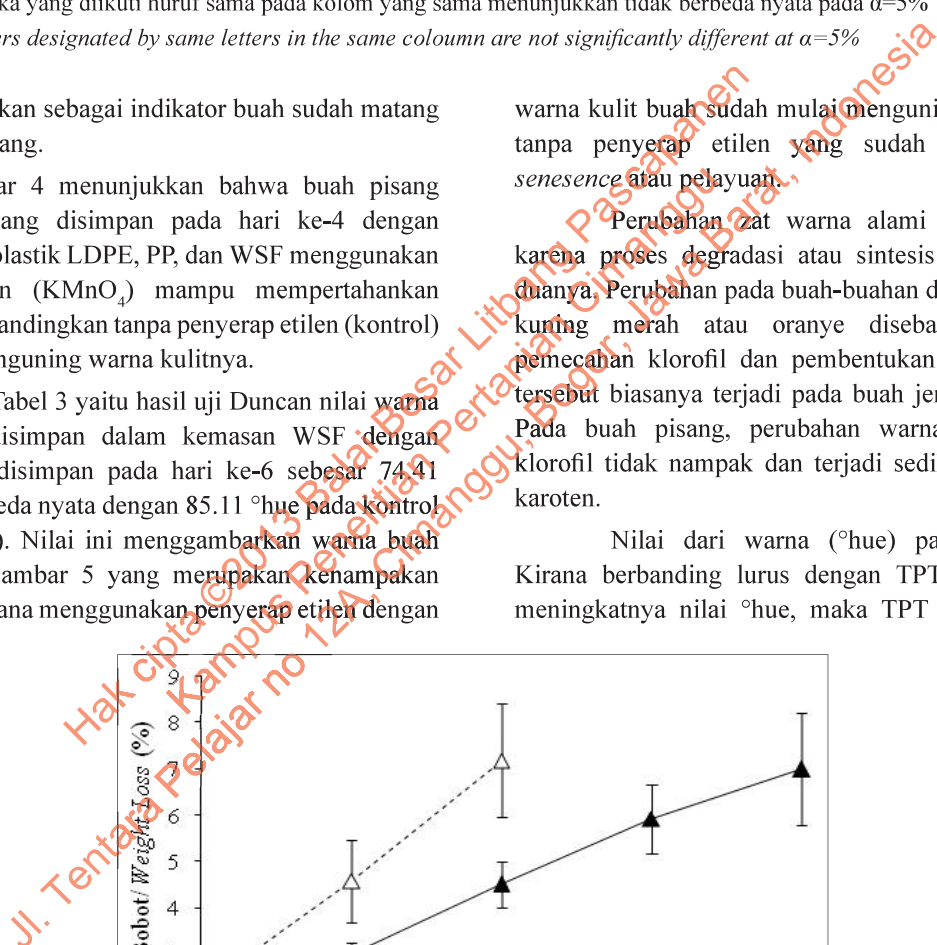
Gambar 4 menunjukkan bahwa buah pisang Mas Kirana yang disimpan pada hari ke-4 dengan menggunakan plastik LDPE, PP, dan WSF menggunakan penyerap etilen (KMnO<sub>4</sub>) mampu mempertahankan warna hijau dibandingkan tanpa penyerap etilen (kontrol) yang sudah menguning warna kulitnya.

Pada Tabel 3 yaitu hasil uji Duncan nilai warna pisang yang disimpan dalam kemasan WSF dengan KMnO<sub>4</sub> yang disimpan pada hari ke-6 sebesar 74.41 °hue yang berbeda nyata dengan 85.11 °hue pada kontrol (tanpa KMnO<sub>4</sub>). Nilai ini menggambarkan warna buah seperti pada Gambar 5 yang merupakan kenampakan pisang Mas Kirana menggunakan penyerap etilen dengan

warna kulit buah sudah mulai menguning dibandingkan tanpa penyerap etilen yang sudah memasuki fase senescence atau pelayuan.

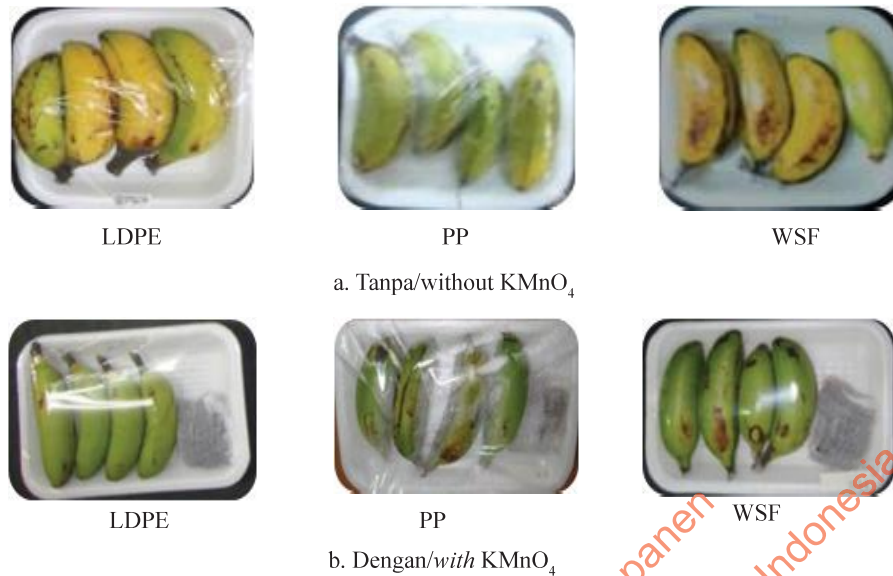
Perubahan zat warna alami biasanya terjadi karena proses degradasi atau sintesis ataupun keduanya. Perubahan pada buah-buahan dari hijau menjadi kuning merah atau oranye disebabkan terjadinya pemecahan klorofil dan pembentukan karotenoid. Hal tersebut biasanya terjadi pada buah jeruk dan mangga. Pada buah pisang, perubahan warna terjadi karena klorofil tidak nampak dan terjadi sedikit pembentukan karoten.

Nilai dari warna (°hue) pada pisang Mas Kirana berbanding lurus dengan TPT karena dengan meningkatnya nilai °hue, maka TPT juga mengalami



Gambar 3. Pengaruh plastik dan KMnO<sub>4</sub> terhadap susut bobot pisang Mas Kirana. Garis vertikal di dalam grafik merepresentasikan rata-rata ±S.D (Standar Deviasi)

Figure 3. Effect of plastics and KMnO<sub>4</sub> on weight loss of banana cv. Mas Kirana. Vertical line in the graph represents a mean ± S.D.

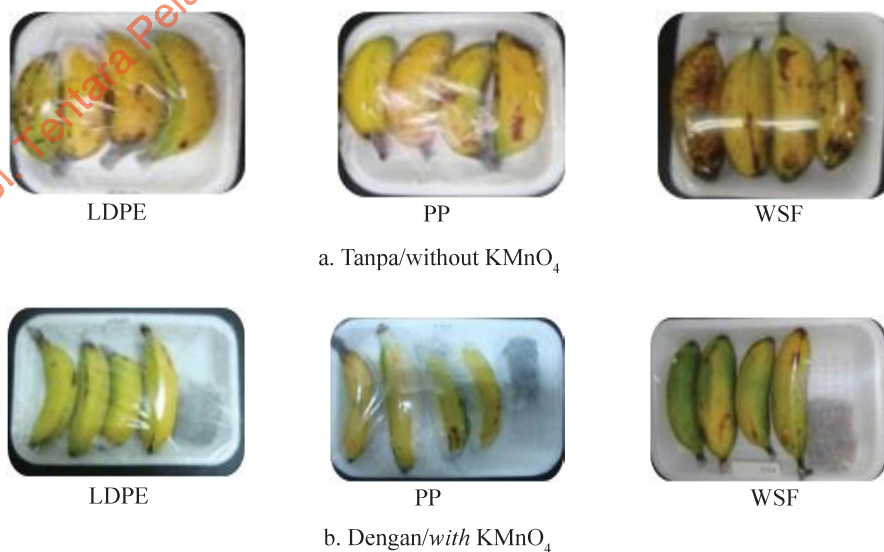


Gambar 4. Kenampakan buah pisang Mas Kirana dalam kemasan MAP pada penyimpanan hari ke-4  
 Figure 4. Banana cv. Mas Kirana of appearance in MAP packaging on the 4<sup>th</sup> day of storage

kenaikan. Seperti terlihat pada kemasan LDPE dengan  $\text{KMnO}_4$  pada hari ke-0, 4, dan 6 yaitu masing-masing sebesar  $-80.73$ ,  $-66.55$ , dan  $77.17$  °hue berbanding lurus dengan kenaikan TPT masing-masing sebesar  $10.72$ ,  $18.36$ , dan  $24.48$  °Brix.

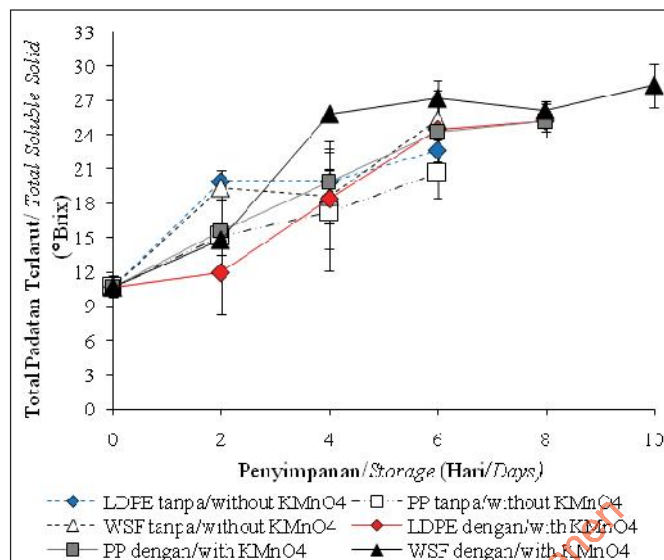
Nilai °hue negatif menunjukkan buah pisang masih didominasi warna hijau dengan sedikit kuning dan dapat dibandingkan dengan nilai TPT yang belum maksimum. Nilai °hue positif menandakan bahwa pisang telah matang dan warna mulai menguning dengan nilai TPT lebih dari  $20$  °Brix, hal ini karena dengan digunakannya substrat gula ataupun sukrosa untuk respirasi yang memicu pematangan dapat memicu

perubahan pigmen warna pada buah menjadi warna yang menarik dan cerah. Hal ini disebabkan karena warna yang ada pada buah ditimbulkan oleh keberadaan pigmen yang dikandungnya. Buah akan menampilkan warna-warna yang menarik yang ditunjukkan oleh fisikokimia dari pigmen. Sebagai salah satu *secondary plants products*, pigmen-pigmen warna dihasilkan melalui serangkaian proses yang juga melibatkan hasil dari proses primer yaitu respirasi. Sebagai tahapan pada respirasi, jalur glikolisis, menghasilkan ATP dan Acetyl CoA. Kedua produk ini yang akan digunakan dalam *pentose phosphate pathway* (PPP), yaitu jalur rangkaian proses yang akan membentuk pigmen-pigmen warna pada buah<sup>19</sup>.



Gambar 5. Kenampakan buah pisang Mas Kirana dalam kemasan MAP pada penyimpanan hari ke-6.  
 Figure 5. Banana cv. Mas Kirana of appearance in MAP packaging on the 6<sup>th</sup> day of storage.





Gambar 6. Pengaruh plastik dan penyerap etilen terhadap total padatan terlarut pisang Mas Kirana, Figure 6. Effect of plastics and ethylene absorbent on total soluble solid of banana cv. Mas Kirana

### Total padatan terlarut (TPT)

Selama proses pematangan terjadi peningkatan progresif total padatan terlarut sebagai akibat dari transformasi polisakarida menjadi gula. Semakin banyak terjadinya pemecahan polisakarida tersebut mengakibatkan terjadinya penurunan keasaman, sehingga terjadinya peningkatan ratio total padatan terlarut terhadap asam<sup>20</sup>.

Beberapa penelitian tentang pisang menjelaskan bahwa pisang yang ditempatkan di suhu ruang menunjukkan peningkatan TPT dari 6.2 °Brix pada hari 4, dan 21.9 °Brix pada hari ke-12, kemudian turun menjadi 18.9 °Brix pada hari 16<sup>21</sup>. Peningkatan nilai TPT varietas pisang antara 0-17 °Brix selama penyimpanan 16 hari<sup>22,23</sup>.

Pada Gambar 6 menunjukkan nilai TPT sebesar 14.79 °Brix pada perlakuan WSF dengan penyerap etilen pada hari ke-2 penyimpanan, sedangkan tanpa KMnO<sub>4</sub> mempunyai nilai TPT sebesar 19.31 °Brix. Peningkatan TPT pada buah merupakan akibat laju respirasi yang tinggi dan terjadinya pematangan, sehingga cepat menghasilkan penurunan kualitas yang disertai dengan senescence atau pelayuan<sup>24</sup>.

### Vitamin C

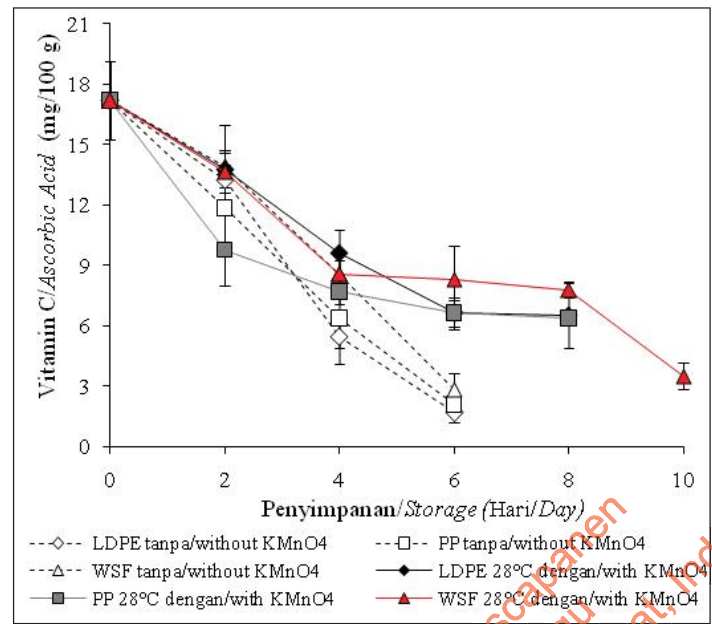
Sumber vitamin C yang utama adalah buah dan sayur. Buah pisang Mas Kirana merupakan salah satu buah yang memiliki kandungan vitamin C. Gambar 7 menjelaskan kandungan vitamin C terendah pada buah pisang Mas Kirana sebesar 1.69 mg/100g pada perlakuan LDPE tanpa penyerap etilen pada hari ke-6 penyimpanan, sedangkan dengan penyerap etilen terendah sebesar 3.51 mg/100g pada hari ke-10 yang disimpan pada kemasan WSF.

Pada Tabel 3 menunjukkan kandungan vitamin C buah pisang Mas Kirana pada hari ke-6 dengan kemasan WSF tanpa penyerap etilen sebesar 2.86 mg/100g berpengaruh nyata dengan perlakuan penyerap etilen sebesar 8.32 mg/100g.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kandungan vitamin C yang terendah (3.52 mg/100g) ditemukan pada daging buah pisang yang disimpan di suhu ruang<sup>25</sup>. Pisang yang dipanen, baik pisang cv. Dwarf Brazil dan cv. Williams, diperoleh kandungan vitamin C untuk pisang cv. Dwarf Brazil berkisar antara 6.3-17.5 mg/100g, sedangkan cv. Williams bervariasi dari 2.5 sampai 6.3 mg/100 g<sup>26</sup>.

Peningkatan TPT pada Gambar 6 untuk kemasan LDPE menggunakan KMnO<sub>4</sub> dari hari ke-0, 2, dan 4 masing-masing sebesar 10.72, 11.94, dan 18.36 °Brix berbanding terbalik dengan penurunan vitamin C pada Gambar 8 yaitu masing-masing sebesar 17.17, 13.78, dan 9.62 mg/100g. Nilai TPT tanpa menggunakan KMnO<sub>4</sub> dari hari ke-0, 2, dan 4 masing-masing sebesar 10.72, 19.89, dan 19.88 °Brix berbanding terbalik dengan penurunan vitamin C masing-masing 17.17, 13.26, dan 5.46 mg/100g. Penurunan kadar vitamin C dengan KMnO<sub>4</sub> nilainya lebih kecil karena efek dari KMnO<sub>4</sub> yang menghambat etilen dalam pematangan dan menghambat degradasi pati menjadi gula yang dapat dilihat dari peningkatan TPT yang lebih kecil dengan KMnO<sub>4</sub>, sehingga vitamin C lebih dapat dipertahankan dibandingkan tanpa KMnO<sub>4</sub> (kontrol).

Total asam tertitrisasi yang tinggi mempengaruhi kestabilan kandungan asam askorbat dalam buah. Buah dengan kandungan total asam tertitrisasi yang tinggi menghasilkan kandungan vitamin C yang relatif stabil selama penyimpanan<sup>27</sup>.



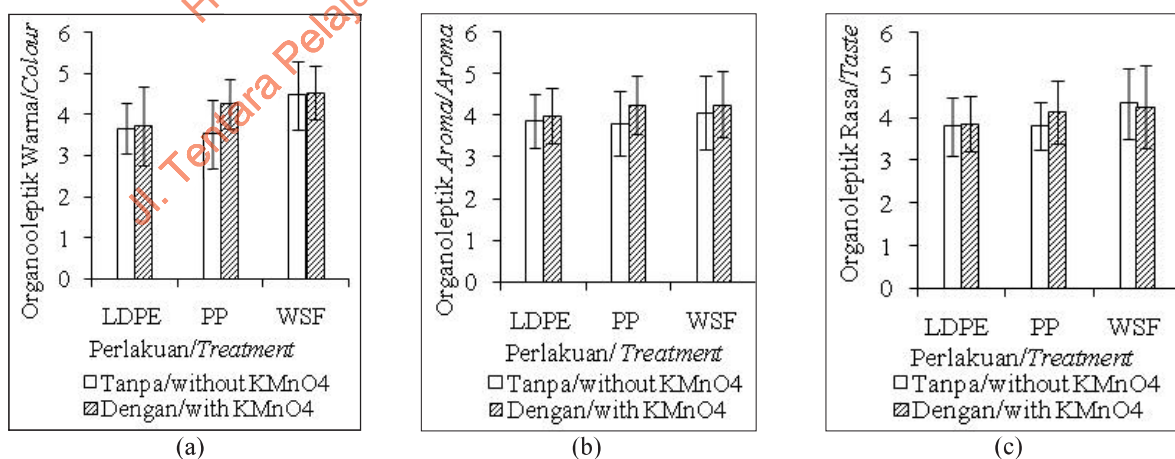
Gambar 7. Pengaruh plastik dan penyerap etilen terhadap vitamin C pisang Mas Kirana.  
 Figure 7. Effect of plastics and ethylene absorbent on ascorbic acid of banana cv. Mas Kirana.

**Organoleptik**

Uji organoleptik atau sensori dilakukan oleh panelis saat buah pisang Mas Kirana layak konsumsi, yaitu pisang yang disimpan tanpa penyerap etilen pada hari ke-6 sedangkan dengan penyerap etilen pada hari ke-8.

Batas penerimaan panelis pada nilai 3 (agak suka). Gambar 8a menunjukkan nilai organoleptik warna kulit tertinggi 4.53 (suka) terdapat pada perlakuan WSF dengan penyerap etilen. Gambar 8b menunjukkan

nilai organoleptik aroma tertinggi 4.27 (suka) ada pada perlakuan WSF dan PP dengan menggunakan penyerap etilen. Gambar 8c menunjukkan nilai organoleptik rasa tertinggi 4.33 (suka) terdapat pada perlakuan WSF tanpa penyerap etilen. Uji sidik ragam interaksi antara plastik dan penyerap etilen tidak ada yang berbeda nyata, tetapi plastik berpengaruh nyata terhadap warna dan rasa pisang Mas Kirana. Secara keseluruhan penyerap etilen tidak mempengaruhi nilai organoleptik warna, aroma, dan rasa.



Gambar 8. Pengaruh plastik dan penyerap etilen terhadap nilai organoleptik pisang Mas Kirana, (a) warna, (b) aroma, dan (c) rasa.

Figure 8. Effect of plastics and ethylene absorbent on organoleptic value of banana cv. Mas Kirana, (a) colour, (b) aroma, and (c) taste.

Tabel 4. Nilai ekonomis kemasan MAP  
 Table 4. Economic value of MAP packaging

Perlakuan/ <i>Treatment</i>	Harga plastik/ <i>plastic</i> price (Rp)	Harga/ <i>price</i> selotip (Rp)	Harga/ <i>price</i> styrofoam (Rp)	Harga pisang/ <i>banana</i> price (Rp)	Penyerap etilen/ <i>ethylene</i> absorbent (Rp)	Biaya lain- lain/ <i>other cost</i> price (Rp)	Total biaya pokok / <i>total</i> cost (Rp)
LDPE Tanpa/ <i>without</i> KMnO <sub>4</sub>	250	300	400	4000	0	1000	5950
PP Tanpa/ <i>without</i> KMnO <sub>4</sub>	300	300	400	4000	0	1000	6000
WSF Tanpa/ <i>without</i> KMnO <sub>4</sub>	200	0	400	4000	0	1000	5600
LDPE Dengan/ <i>with</i> KMnO <sub>4</sub>	250	300	500	4000	2500	1000	8550
pp Dengan/ <i>with</i> KMnO <sub>4</sub>	300	300	500	4000	2500	1000	8600
WSF Dengan/ <i>with</i> KMnO <sub>4</sub>	200	0	500	4000	2500	1000	8200

**Aspek Ekonomi Kemasan MAP**

Aspek ekonomi dari kemasan MAP dapat ditinjau dari sisi biaya pokok kemasan. Penggunaan penyerap etilen untuk memberikan nilai tambah kemasan.

Tabel 4 menjelaskan bahwa kemasan PP mempunyai biaya pokok yang lebih tinggi dan dipandang kurang ekonomis karena harga plastik PP sebesar Rp. 300,- yang lebih mahal jika dibandingkan dengan harga plastik LDPE dan WSF. Pada Tabel 4 tersebut kemasan WSF tanpa penyerap etilen dengan biaya pokok Rp. 5600,- lebih ekonomis, sedangkan apabila menggunakan penyerap etilen, maka WSF dengan biaya pokok Rp. 8200,- lebih ekonomis. Selain itu untuk merekatkan plastik ke styrofoam tidak memerlukan perekat karena plastik WSF mudah untuk direkatkan. Penggunaan penyerap etilen memang membuat biaya pokok lebih mahal, tetapi umur simpannya lebih lama, sehingga akan mempunyai nilai tambah bagi pedagang buah maupun pengusaha supermarket.

**KESIMPULAN**

Hasil perancangan MAP aktif adalah plastik WSF dengan ketebalan 14.73 x 10<sup>-3</sup> mm menggunakan penyerap etilen (KMnO<sub>4</sub>) dengan pisang seberat 160-220 g. Hasil validasi komposisi gas dalam MAP aktif dengan luas kemasan 204 cm<sup>2</sup> pada suhu 28 °C yaitu 15.1% O<sub>2</sub> dan 4.2% CO<sub>2</sub>.

Penyimpanan pisang dengan penyerap etilen (MAP aktif) pada suhu 28 °C mampu memperpanjang umur simpan selama 10 hari dibandingkan tanpa penyerap etilen (MAP pasif) yang hanya mampu bertahan selama 6 hari. Penyerap etilen pada kemasan MAP aktif dapat menekan perubahan susut bobot, warna, total padatan terlarut (TPT), dan vitamin C.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Gustiawati I. Pisang Mas Kirana Lumajang menggoda orang Eropa [Internet]. 2013 [Diunduh tanggal 8 Agustus 2013]. Tersedia di: <http://www.liputan6.com/read/620093/pisang-mas-kirana-lumajang-menggoda-orang-eropa>.
- Kudachikar VB, Kulkarni SG, Vasantha MS, Aravinda Prasad B, Aradhya SM. Effect of modified atmosphere packaging on shelf life and fruit quality of banana stored at low temperature. *J.Food.Sci.Technol.* 2007; 44:74–78.
- Mangaraj S, Goswami TK. Modified atmosphere packaging an ideal food preservation technique. *J.Food.Sci.Technol.* 2009; 46:399–410.
- Romphophak T, Siriphanich J, Promdang S, Yoshinoriueda S. Effect of modified atmosphere storage on the shelf life of banana ‘Sucrier’. *J.Hort.Sci.Biotechnol.* 2004; 79:659–663.
- Rahman NA. Kajian penggunaan sistem kemasan aktif penyerap etilen untuk memperpanjang masa simpan buah alpukat (*Persea americana Mill*) [Tesis]. Bogor : Program Studi Teknologi Pasca Panen. Institut Pertanian Bogor (IPB); 2007.
- Susana CF, Fernanda AR, Jeffrey KB. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere

- packages: a Review. *Journal of Food Engineering*. 2002; 52:99–11.
7. Rokhani H. Teknik pengukuran laju respirasi produk hortikultura pada kondisi atmosfer terkendali. *J.Keteknikan Pertanian*. 2008; 22 : 63-67.
  8. Hiba Elmukhtar O, Abu-Bakr Ali Abu-Goukh. Effect of polyethylene film Lining and gibberellic acid on quality and shelf-life of banana fruits. *U. of K. J. Agric.Sci*. 2008; 16(2):242-261.
  9. Yong Wang, Wangjin Lu, Yueming Jiang, Yunbo Luo, Weibo Jiang, Daryl Joyce. Expression of ethylene-related expansin genes in cool-stored ripening banana fruit. *Journal Plant Science*. 2006; 170: 962–967.
  10. Hassan MK, Shipton WA, Coventry RJ, Gardiner CP. Maintenance of fruit quality in organically-grown bananas under modified atmosphere conditions. *Asian Journal of Plant Sciences*. 2005; 4(4):409-412.
  11. Analysis of Association Analytical Chemistry. Official methods of analysis of association analytical chemistry. Arlington (GB): AOAC Inc; 1990.
  12. Fabio DSL, Aziza Kamal G, Daniela D, Hugo MS, Joao BL, Regina FPM, Sandra RSF. Study of banana (*Musa aaa Cavendish cv Nanica*) trigger ripening for small scale process. *Brazilian Archives of Biology and Technology An International Journal*. 2008; 51(5) :1033-1047.
  13. Irtwange SV. Application of modified atmosphere packaging and related technology in postharvest handling of fresh fruits and vegetables. *Agric. Eng. Inter : the CIGR Ejournal*. Makurdi, Nigeria. 2006; 4(8):1-13.
  14. Villavicencio LE, Blankenship SM, Sanders DC, Swallow WH. Ethylene and carbon dioxide concentrations in attached fruits of pepper cultivars during ripening. *J.Sci. Hort*. 2001; 91:17-24.
  15. Gunadnya IBP. Pengkajian penyimpanan salak segar dalam kemasan film dengan modified atmosphere [Tesis]. Bogor: Program Studi Teknologi Pasca Panen, Institut Pertanian Bogor (IPB); 1993.
  16. Ahmad S, Thompson A, Asi AA, Khan M, Chatha GA, Shahid MA. Effect of reduced O<sub>2</sub> and increased CO<sub>2</sub> (Controlled Atmosphere Storage) on the ripening and quality of ethylene treated banana fruit. *Int. J.Agric.Biol*. 2001; 3(4): 486 - 490.
  17. Al-Ati T, Hotchkiss JH. The role of packaging film permselectivity in modified atmosphere packaging. *Journal of Agricultural and Chemistry*. 2003; 51(14): 4133.
  18. Dumadi SR. Penggunaan kombinasi adsorban untuk memperpanjang umur simpan buah pisang Cavendish. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 2001; 12:13-20.
  19. Tucker GA, Taylor J, Seymour G. *Biochemistry of fruit ripening*. London (GB): Chapman & Hall; 1993.
  20. Sampaio SA, Bora PS, Holschuh HJ, Silva SM. Postharvest respiratory activity and changes in some chemical constituents during maturation of yellow mombin (*Spondias mombin*) fruit. *J.Cienc.Tecnol.Aliment*. 2007; 27(3):511-515.
  21. Zewter A, Woldetsadik K, Workneh, TS. Effect Of 1-methylcyclopropene, potassium permanganate and packaging on quality of banana. *African Journal of Agricultural Research*. 2012; 7(16) : 2425-2437.
  22. Dharmasena DA, Kumari AH. Suitability of charcoal-cement passive evaporative cooler for banana ripening. *J.Agric.Sci*. 2005; 1:1-10.
  23. Salvador A, Sanz T, Fiszman SM. Changes in colour texture and their relationship with eating quality during storage of two different dessert bananas. *J.Posth.Biol.Technol*. 2006; 43:319–325.
  24. Pal RK, Roy S K. Zero energy cool chambers for maintaining postharvest quality of carrot (*Daucus carota* var. sativa). *Indian J.Agric.Sci*. 1988; 58:665–667.
  25. Hossain, MZ, Hassan MK, Hasan GN, Islam MR. Effect of modified atmosphere packaging and low temperatures on the physico-chemical changes and shelf life of banana. *Academic Journal of Plant Sciences*. 2013; 6(1):19-31.
  26. Wall M. Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa* sp.) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006; 19: 434–445.
  27. Toor RK, Savage GP. Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage. *J.Food.Chem*. 2006; 99: 724-727. doi: 10.1016.