

Kajian Beberapa Bahan Penunda Kematangan Terhadap Mutu Buah Pisang Barangan Selama Penyimpanan (Assessment On Several Materials of Delayed Ripening On the Quality of Barangan Banana During Storage)

Napitupulu, B

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Utara, Jl. Jend. Besar AH Nasution No. 1 B, Medan 20143

E-mail: besmannapit@yahoo.com

Naskah diterima tanggal 11 Februari 2013 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 11 Juni 2013

ABSTRAK. Pisang Barangan merupakan buah tropik yang spesifik lokasi dan sebagai sumberdaya genetik di Sumatera Utara yang pemasarannya telah sampai ke Jakarta, Riau (Batam), Jambi, Bandung, dan provinsi lainnya. Dalam upaya untuk memperpanjang masa simpan pisang Barangan beberapa bahan penunda kematangan digunakan yaitu kalium permanganat (KMnO_4), kalsium hidroksida Ca(OH)_2 , dan asam askorbat. Tujuan pengkajian ialah untuk mendapatkan alternatif teknologi penunda kematangan dalam upaya memperpanjang masa simpan buah pisang Barangan. Penelitian dilakukan pada Bulan Mei sampai dengan Desember 2009 di Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Penyimpanan pisang Barangan dilakukan dalam bentuk tandan dan sisir yang dikemas dengan sistem udara termodifikasi. Pisang Barangan dalam bentuk tandan yang dikemas dalam plastik polietilen densitas rendah dengan memasukkan etilen absorben (KMnO_4), Ca(OH)_2 , dan asam askorbat diperoleh masa simpan segar mencapai 25 hari dan merupakan perlakuan terbaik, kemudian diikuti perlakuan dengan memasukkan KMnO_4 dan Ca(OH)_2 yang dapat memperpanjang masa simpan segar pisang Barangan selama 20 hari. Demikian juga halnya pisang Barangan dalam bentuk sisir dikemas dengan sistem udara termodifikasi menggunakan plastik polietilen densitas rendah dikemas dengan menambahkan KMnO_4 , Ca(OH)_2 , dan asam askorbat yang merupakan kemasan primer, selanjutnya dikemas ke dalam kotak karton sebagai kemasan sekunder, menghasilkan ketahanan simpan buah pisang Barangan segar selama 25 hari pada suhu kamar. Perlakuan dengan memasukkan bahan penunda kematangan KMnO_4 , Ca(OH)_2 , dan asam askorbat menunjukkan mutu buah pisang Barangan masih layak pasar pada penyimpanan 20 dan 25 hari disimpan suhu kamar. Implikasi hasil kajian ini merupakan metode penggunaan bahan penunda kematangan diharapkan dapat digunakan petani dan pedagang untuk memperpanjang ketahanan simpan buah pisang Barangan dalam bentuk tandan maupun sisir sehingga penataan dan jangkauan distribusi pemasaran dapat diperluas.

Katakunci: Pisang Barangan; Mudah rusak; Kematangan; Masa simpan

ABSTRACT. Barangan banana is one of the tropical local specific fruit and as a genetic resources in North Sumatera that has been marketed to Jakarta, Riau (Batam), Jambi, Bandung, and other provinces in Indonesia. In order to prolong storage life of harvested Barangan banana several materials were tested applied to delay its ripening. These materials were potassium permanganate (KMnO_4), calcium hydroxide Ca(OH)_2 , and ascorbic acid packed in polyethylene bags. The objective of the assessment was to find out the best material of delaying ripening in harvested Barangan banana during storage. This assessment was conducted in May through December 2009 at Deli Serdang District, North Sumatera Province. Barangan banana stored in bunches and hands packed in modified atmosphere packaging (MAP). Bunches sealed in low density polyethylene (PE) bags and inserted KMnO_4 , Ca(OH)_2 , and ascorbic acid in to PE bags could extend the shelflife of Barangan banana to 25 days. Evaluation of several delayed ripening materials on the quality of Barangan banana hands sealed in low density PE bags as the primary packaging and inserted KMnO_4 , Ca(OH)_2 , and ascorbic acid in to PE bags and then the use of corrugated carton boxes as secondary packaging could prolong the shelflife to 25 days at ambient temperature, and the Barangan banana attributed to its visual quality rating was still accepted for marketable.

Keywords : Barangan banana; Perishables; Ripening, Storage life

Produksi pisang di Provinsi Sumatera Utara pada tahun 2010 ialah 403.390 t (Dinas Pertanian Provinsi Sumatera Utara 2011), dan diperkirakan 25% dari produksi tersebut ialah pisang cv. Barangan. Pisang Barangan atau disebut juga pisang Medan merupakan pisang lokal khas Provinsi Sumatera Utara. Pisang Barangan lebih disukai dikonsumsi dalam keadaan segar, sehingga permintaan pisang segar terus meningkat dari tahun ke tahun. Distribusi pemasaran pisang Barangan selain di pasar-pasar lokal Sumatera Utara, juga telah sampai ke provinsi/kota lain seperti Jambi, Jakarta, Bogor, Tangerang, Bekasi, dan Bandung.

Buah pisang Barangan mempunyai sifat yang mudah rusak setelah panen. Hal ini merupakan salah satu kendala dalam penyediaan buah pisang Barangan dengan mutu prima kepada konsumen. Buah pisang Barangan merupakan buah klimakterik. Penyimpanan pada suhu kamar dan udara yang lembab dapat mempercepat proses respirasi dan meningkatkan kehilangan hasil. Sifat ini perlu diantisipasi, mengingat dalam distribusi pemasaran dibutuhkan masa simpan minimal 3 minggu hingga lebih dari 1 bulan. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk peningkatan daya simpan pisang Barangan.

Berbagai hasil penelitian mengenai metode memperpanjang daya simpan buah-buahan segar telah banyak dihasilkan, misalnya sistem pengemasan atmosfer termodifikasi yang biasanya dikombinasikan dengan penyimpanan pada suhu rendah (dingin) ataupun dengan penambahan bahan penunda kematangan dan penggunaan kemasan yang sesuai sebagai kemasan primer dan sekunder.

Sistem *modified atmosphere packaging* (MAP) dengan menggunakan bahan penundaan kematangan dalam kemasan plastik telah diterapkan dalam skala penelitian di laboratorium. Ide MAP bukanlah hal yang baru, tetapi keuntungan dari segi mutu dan nilai ekonomi dari teknik ini merupakan perkembangan terbaru dalam industri kemasan bahan pangan (Kader & Watkins 2000, Sen *et al.* 2012).

Pengemasan dengan sistem MAP dengan penggunaan plastik sebagai kemasan primer biasanya dikombinasi dengan penggunaan bahan penyerap etilen berupa KMnO_4 (Broto *et al.* 1996, Arief *et al.* 1986, Zewter *et al.* 2012). Produk dalam kemasan primer ini selanjutnya dikemas kembali ke kotak karton berventilasi sebagai kemasan sekunder. Meski cara ini membutuhkan tambahan biaya, tetapi kondisi atmosfer yang diinginkan lebih cepat tercapai, sehingga masa simpan dapat diperpanjang dan dapat dilakukan penataan distribusi pemasaran yang lebih luas (Kader & Watkins 2000, Ke & Hwang 1988).

Penggunaan penyerap etilen telah dilakukan untuk memperpanjang masa simpan buah kiwi yang dikemas dalam plastik dan disimpan pada suhu $0,5^\circ\text{C}$ selama 10 minggu, rasa buah kiwi masih normal (Scott *et al.* 1984). Zat kimia atau bahan campuran sebagai tempat pembawa (*carrier*) KMnO_4 banyak diaplikasikan untuk memperpanjang masa simpan buah-buahan. Penggunaan KMnO_4 pada vermikulit dengan konsentrasi sebesar 400 g/l dapat memperpanjang masa simpan buah pisang (Scott & McGlasson 1988), dan penggunaan larutan KMnO_4 pada butiran tanah liat dengan konsentrasi 30 g per kg buah segar dapat mempertahankan masa simpan pisang Raja Bulu sampai 18 hari disimpan pada suhu kamar ($27\text{--}30^\circ\text{C}$) (Santosa *et al.* 2010).

Aplikasi KMnO_4 dan asam askorbat ditambah dengan arang aktif sebagai media penyerap (*absorber*) dan kain kasa (*sachet*) sebagai pembungkusnya. Selanjutnya, kombinasi perlakuan tersebut yaitu buah manggis dimasukkan ke dalam stoples yang telah berisi *sachet* penyerap etilen (KMnO_4) dan *sachet* penyerap oksigen (asam askorbat) pada masing-masing konsentrasi. Kombinasi perlakuan KMnO_4 100 ppm dan asam askorbat 100 ppm pada suhu 13°C dapat mempertahankan warna hijau kelopak buah manggis

selama 20 hari, setelah itu kelopak menjadi coklat dan kering, sedang pada suhu ruang hanya dapat bertahan 12 hari. Kombinasi perlakuan KMnO_4 100 ppm dan asam askorbat 600 ppm pada suhu 13°C dapat mempertahankan sifat fisiko-kimia (warna buah, susut bobot, kekerasan, laju respirasi, dan padatan terlarut total) buah manggis selama 30 hari (Sagala 2010).

Mekanisme penyerapan atau pengikatan etilen yang dihasilkan buah-buahan terjadi karena KMnO_4 sebagai pengoksidasi dapat bereaksi atau mengikat etilen dengan memecah ikatan rangkap yang ada pada senyawa etilen menjadi bentuk etilen glikol dan mangan dioksida (Abeles *et al.* 1992).

Asam askorbat merupakan *oxygen scavenger* yang mampu menyerap O_2 di dalam kemasan dan dianggap paling aman untuk digunakan. Pada prinsipnya, reaksi yang terjadi ialah asam L-askorbat dioksidasi menjadi asam dehidro L-askorbat dengan bantuan enzim oksidase atau peroksidase (Vermeiren *et al.* 1999). Reaksi ini menunjukkan bahwa keberadaan asam L-askorbat aktif dan O_2 di dalam kemasan menurun karena digunakan untuk mengoksidasi asam L-askorbat, berkurangnya O_2 menyebabkan proses respirasi pada buah berjalan lambat, sehingga akan memperpanjang masa simpan. Selain sebagai pengikat dan pereduksi O_2 , asam askorbat juga dapat berfungsi sebagai antioksidan, pro antioksidan, dan pengikat logam di dalam sel hidup (Barus 2009).

Penurunan konsentrasi O_2 dengan aplikasi asam askorbat atau sebaliknya, terjadi peningkatan konsentrasi CO_2 . Peningkatan CO_2 yang berlebih dapat memicu fermentasi pada pengemasan buah-buahan. Aplikasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ merupakan salah satu alternatif untuk mengikat CO_2 yang ada dalam wadah kemasan, dengan reaksi sebagai berikut : $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Teknik pengurangan CO_2 pada aliran biogas diaplikasikan menggunakan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Masyhuri *et al.* 2012).

Kajian penundaan kematangan pada buah pisang dalam bentuk tandan maupun sisir dengan aplikasi penyerap etilen telah banyak dilaporkan (Scott *et al.* 1970, Satyan, *et al.* 1992, Sjaifullah *et al.* 1992, Napitupulu 2009), tetapi belum tersedia informasi dalam upaya memperpanjang daya simpan buah pisang Barangan dengan aplikasi beberapa bahan penundaan kematangan seperti penyerap etilen dipadukan dengan penyerap oksigen dan karbondioksida dikemas dalam plastik PE densitas rendah.

Pengkajian bertujuan untuk mendapatkan jenis penunda kematangan untuk memperpanjang ketahanan simpan dan pengaruhnya terhadap mutu buah pisang Barangan selama penyimpanan. Hipotesis dari pengkajian ini diharapkan dapat memperpanjang masa

kesegaran buah pisang Barangan. Dengan pemberian bahan penundaan kematangan pada kemasan plastik diharapkan dapat memperluas jangkauan distribusi dan pemasaran pisang Barangan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap, yaitu (a) pengkajian pendahuluan untuk pemilihan bahan penunda kematangan dan (b) pengkajian ketahanan simpan pisang Barangan dengan kemasan modifikasi atmosfer (kemasan primer) dan kotak karton (kemasan sekunder).

Pengkajian Pendahuluan untuk Pemilihan Bahan Penunda Kematangan

Bahan penunda kematangan yang dikaji ialah penyerap etilen berupa KMnO_4 , penyerap oksigen berupa asam askorbat, dan penyerap CO_2 berupa Ca(OH)_2 . Masing-masing bahan penunda kematangan dibungkus dalam bentuk *sachet* berukuran 5,5 x 7,5 cm ditempatkan di antara sisir pisang Barangan namun tidak menyentuh produk yang dikemas dalam plastik. *Sachet* sebagai pembungkus yang digunakan terbuat dari kain yang *porous*. Asam askorbat dan Ca(OH)_2 berupa butiran halus dengan berat 20 g per bungkus, sedangkan KMnO_4 dibuat dalam bentuk pellet. Pellet KMnO_4 dibuat dari campuran semen putih dan batu apung (1 : 1) yang dijerpkan kedalam larutan 6% KMnO_4 (b/v). Ukuran pellet KMnO_4 ialah 2 x 2 x 2,5 cm dengan berat 15,0–16,0 g.

Pada studi pendahuluan pisang Barangan dikemas dalam plastik PE dalam bentuk tandan yaitu satu tandan per kemasan plastik PE, dilakukan 1 hari setelah panen dari kebun petani (Napitupulu 2009). Jenis kemasan plastik yang digunakan ialah film plastik PE densitas rendah. Ukuran plastik PE ialah 80 x 120 cm dengan tebal 0,03 mm warna putih transparan. Pisang Barangan bersumber dari Desa Talun Kenas, Kecamatan STM Hilir, Kabupaten Deli Serdang, yang dipanen langsung dari ladang petani dengan umur 85–90 hari setelah bunga mekar. Setiap tahapan lamanya penanganan pascapanen mulai dari kebun sampai kepada lamanya penyimpanan dicatat, termasuk suhu, dan kelembaban (RH).

Rancangan percobaan yang digunakan ialah acak lengkap dengan tiga ulangan. Faktor yang dikaji berupa jenis bahan penunda kematangan. Terdapat tujuh jenis penunda kematangan dan satu pembanding (kontrol) tanpa bahan penunda kematangan yang dikaji (Tabel 1).

Sampel dalam bentuk tandan bersama bahan penunda kematangan tersebut disimpan dengan diikat tergantung, pangkal tandan pada bagian atas. Pada setiap kemasan PE dimasukkan tiga *sachet* bahan penunda kematangan yang ditempatkan pada bagian pangkal, tengah, dan ujung tandan pisang Barangan. Bahan penunda kematangan ditempatkan dengan cara mengikat pada tandan dan tidak menyentuh buah pisang Barangan. Penyimpanan dilakukan pada suhu ruang. Pengamatan dilakukan terhadap perkembangan kematangan buah berdasarkan perubahan warna kulit

Tabel 1. Perlakuan penundaan kematangan pada buah pisang Barangan (*Ripening delayed treatment on Barangan banana fruit*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Uraian (<i>Description</i>)
Kontrol (<i>Control</i>)	Tanpa perlakuan penunda kematangan dan tanpa kemasan plastik PE sebagai pembanding
KMnO_4	Pisang Barangan dalam bentuk tandan bersama pellet KMnO_4 dikemas dalam plastik PE densitas rendah
Ca(OH)_2	Pisang Barangan dalam bentuk tandan bersama Ca(OH)_2 dikemas dalam plastik PE densitas rendah
Asam askorbat (<i>Ascorbic acid</i>)	Pisang Barangan dalam bentuk tandan bersama asam askorbat dikemas dalam plastik PE densitas rendah
$\text{KMnO}_4 + \text{Ca(OH)}_2$	Pisang Barangan dalam bentuk tandan bersama $\text{KMnO}_4 + \text{Ca(OH)}_2$ dikemas dalam plastik PE densitas rendah
$\text{KMnO}_4 +$ asam askorbat (<i>ascorbic acid</i>)	Pisang Barangan dalam bentuk tandan bersama $\text{KMnO}_4 +$ asam askorbat dikemas dalam plastik PE densitas rendah
$\text{Ca(OH)}_2 +$ asam askorbat (<i>ascorbic acid</i>)	Pisang Barangan dalam bentuk tandan bersama $\text{Ca(OH)}_2 +$ asam askorbat dikemas dalam plastik PE densitas rendah
$\text{KMnO}_4 + \text{Ca(OH)}_2 +$ asam askorbat (<i>ascorbic acid</i>)	Pisang Barangan dalam bentuk tandan bersama $\text{KMnO}_4, \text{Ca(OH)}_2 +$ asam askorbat dikemas dalam plastik PE densitas rendah

buah dengan metode skoring yaitu 1–5 (warna kulit hijau sampai kuning ada bintik coklat pada kulit buah) setelah penyimpanan 5, 10, 15, 20, dan 25 hari. Analisis terhadap tekstur (alat penetrometer), dan padatan terlarut total (ATAGO *Hand Refractometer* skala 0 – 32°Brix) dilakukan pada penyimpanan 10 dan 20 hari.

Pengkajian Ketahanan Simpan Pisang Barangan Dengan Kemasan Modifikasi Atmosfir (Kemasan Primer) dan Kotak Karton (Kemasan Sekunder)

Buah pisang Barangan dalam bentuk sisir sebanyak ± 10 kg (5–6 sisir) dikemas dengan kemasan plastik film dan di antara sisir pisang tersebut diletakkan bahan penunda kematangan terpilih dari hasil pengkajian pendahuluan. Kemudian kemasan plastik tersebut dimasukkan ke dalam kotak karton berventilasi (kemasan sekunder) dengan diameter lubang ventilasi 1,5 cm masing-masing empat buah pada dinding samping kemasan. Jenis kotak karton bergelombang dua ukuran panjang x lebar x tinggi (53 x 39 x 25 cm) dan disimpan pada suhu ruang. Perlakuan yang diterapkan, yaitu (1) kontrol ialah pengemasan pisang Barangan dalam kotak karton tanpa penggunaan bahan penunda kematangan dan tanpa dikemas dalam plastik PE, (2) pisang Barangan dalam bentuk sisir dikemas dalam plastik PE densitas rendah dimasukkan KMnO_4 dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$, kemudian dikemas kotak karton, (3) pisang Barangan dalam bentuk sisir dikemas dalam plastik PE densitas rendah dimasukkan KMnO_4 dan asam askorbat kemudian dikemas dengan dalam kotak karton, dan (4) pisang Barangan dalam bentuk sisir dikemas dalam plastik PE densitas rendah dimasukkan bersama KMnO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan asam askorbat kemudian dikemas dengan kotak karton. Pada kemasan primer (PE densitas rendah) dimasukkan potongan kertas yang berfungsi sebagai bantalan komoditas. Untuk mengendalikan tumbuhnya jamur, pangkal sisir pisang barangan dicelupkan selama 30 detik pada larutan fungisida (1 g/l) dengan bahan aktif mankozeb.

Sampel perlakuan disimpan dalam suhu kamar (27,0–30,0°C dan 56,0–90,0% RH) dengan ulangan tiga kali (setiap ulangan merupakan rerata dari tiga sisir pisang Barangan) menggunakan rancangan acak lengkap. Pengamatan dilakukan terhadap perubahan mutu pisang Barangan selama penyimpanan 5, 10, 15, 20, dan 25 hari, yaitu terhadap warna (perkembangan kematangan buah) dan uji organoleptik (penampakan mutu), sedangkan pengamatan vitamin C, total asam, konsentrasi oksigen (O_2), dan karbondioksida (CO_2) pisang Barangan dilakukan pada penyimpanan 10 dan 20 hari. Analisis vitamin C dengan *spectrofotometer*, total asam dengan titrasi NaOH. Pengukuran laju respirasi buah (konsentrasi O_2 dan CO_2) menggunakan

alat *Cosmotector* tipe XP-3180 (mengukur konsentrasi oksigen) dan tipe-3140 (untuk mengukur konsentrasi karbondioksida) dilakukan di Laboratorium Analisa Kimia Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan. Pengujian organoleptik terhadap penampakan mutu (*visual quality rating*) yaitu penilaian terhadap preferensi pasar layak atau tidak layak buah pisang Barangan dipasarkan, dilakukan dengan sistem skoring dengan kriteria preferensi pasar sebagai berikut: skor 9 = tidak ada kerusakan (segar), 7 = sedikit kerusakan (masih segar, layak pasar), 5 = sedikit kerusakan (tidak layak pasar), 3 = kerusakan nyata (tidak layak dipasarkan). Panelis sebanyak 13 orang terdiri atas petani dan pedagang pisang Barangan berasal dari Desa Talun Kenas, Kecamatan STM Hilir, Kabupaten Deli Serdang. Sebelum melakukan penilaian, panelis dilatih dan diberi penjelasan terlebih dahulu mengenai penampakan mutu dan kelayakan pasar pisang Barangan untuk pasar lokal di Sumatera Utara. Pada setiap interval penyimpanan dilakukan penilaian secara visual, dan sampel dalam bentuk sisir secara acak diambil dari masing-masing perlakuan. Atribut mutu dalam pemberian nilai skor, antara lain dengan memperhatikan penampakan permukaan kulit buah yang masih segar (mulus dan cerah), warna/kematangan buah, ada tidaknya kerusakan (dengan kriteria kulit buah kecoklatan, pangkal sisir mulai membusuk dan buah mulai ada yang rontok dari sisirnya, daging buah lunak tetapi kulit masih hijau, kulit buah menjadi berwarna coklat kehitaman karena memar, kulit buah terbuka/retak), serta pengeriputan dan jamur pada buah. Ulangan perlakuan merupakan rerata data dari hasil penilaian 13 panelis. Data yang diperoleh diharapkan dapat digunakan untuk penataan distribusi pasar yang berkaitan dengan mutu buah pisang Barangan, sehingga pemilihan jenis penunda kematangan yang sesuai dapat diterapkan untuk memenuhi pasokan pasar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengkajian Pendahuluan Pemilihan Bahan Penunda Kematangan

Kematangan (Warna) Buah Pisang Barangan

Hasil kajian menunjukkan bahwa pisang Barangan yang tidak mendapat perlakuan penundaan kematangan setelah 5 hari penyimpanan mulai menguning dan pada 10 hari penyimpanan mulai busuk dan rontok dari sisirnya (Tabel 2). Sementara itu, pada penggunaan penyerap etilen, buah telah menguning seluruhnya tetapi belum rontok dari sisirnya setelah 20 hari penyimpanan pada suhu kamar (suhu 27,0–30,0°C dan

Tabel 2. Rerata perkembangan kematangan buah pisang Barangan dalam bentuk tandan selama penyimpanan (Average of Barangan banana maturity development on bunch formation during storage)

Perlakuan (Treatments)	Perkembangan kematangan buah (Development of fruit maturity)					Keterangan (Remarks)
	Hari (Days)					
	5	10	15	20	25	
Kontrol (tanpa perlakuan) (Without treatments)	3,44 a	5,00 a	-	-	-	Buah rontok dari sisir pada hari ke-10
KMnO ₄	1,00 b	1,00 b	1,32b c	4,60 a	-	Buah masih utuh pada sisir sampai pada hari ke-20
Ca(OH) ₂	1,00 b	1,00 b	1,74 b	3,64 b	-	Buah dan pangkal sisir ditumbuhi jamur berwarna putih pada hari ke-20
Asam askorbat (ascorbic acid)	1,00 b	1,00 b	4,0 a	-	-	Buah dan pangkal sisir ditumbuhi jamur berwarna putih pada hari ke-15
KMnO ₄ + Ca(OH) ₂	1,00 b	1,00 b	1,33 c	2,67 c	-	Buah agak lunak pada hari ke-20
KMnO ₄ + asam askorbat (ascorbic acid)	1,00 b	1,00 b	1,15 c	2,13 c	-	Buah agak lunak pada hari ke-20
Ca(OH) ₂ + asam askorbat (ascorbic acid)	1,00 b	1,00 b	1,24 c	2,19 c	-	Buah dan pangkal sisir ditumbuhi jamur berwarna putih pada hari ke-20
KMnO ₄ + Ca(OH) ₂ + asam askorbat (ascorbic acid)	1,00 b	1,00 b	1,18 c	2,69 c	3,75	Buah masih utuh pada sisir sampai pada hari ke-25

Angka selajur dalam baris yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 DMRT (Number in the same row in the same column followed by the same letter are not significantly different at 0.05 DMRT). Nilai perkembangan perubahan warna kulit buah (Development value of skin color changes): 1 = hijau (green); 2 = hijau>kuning (green>yellow); 3 = kuning>hijau (yellow>green); 4 = seluruh kulit buah kuning (all of skin was yellow); 5 = kuning dan ada bintik coklat pada permukaan kulit buah (yellow with brown spotted)

56,0–90,0% RH). Penggunaan kapur sirih Ca(OH)₂ dan asam askorbat yang dikombinasikan masing-masing dengan KMnO₄ menghasilkan buah pisang dengan warna kulit yang masih hijau kekuningan (nilai warna 2,13–2,67), tetapi buah mulai agak lunak pada penyimpanan hingga 20 hari.

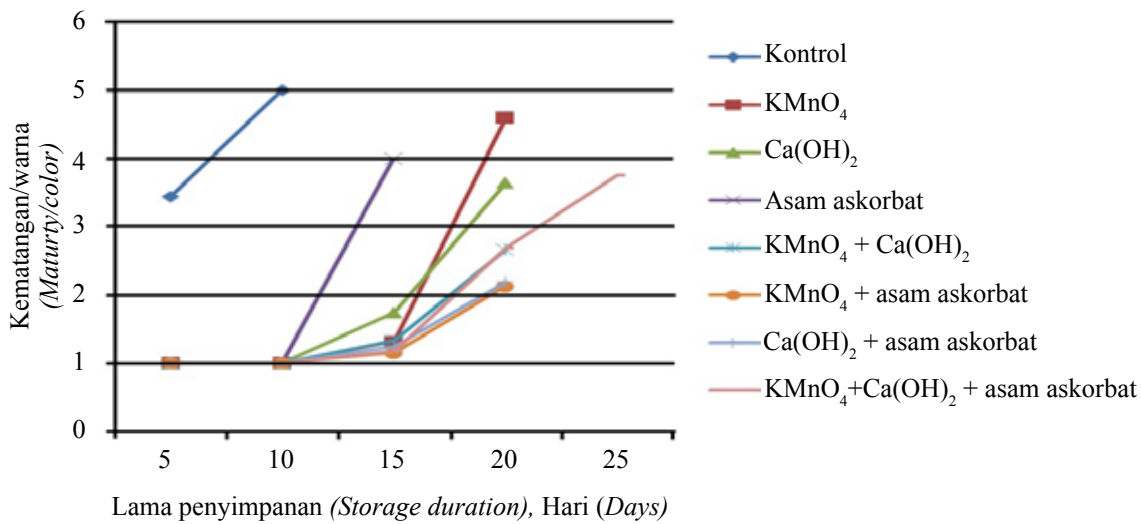
Buah pisang Barangan yang mendapat perlakuan Ca(OH)₂ atau asam askorbat maupun kombinasi Ca(OH)₂ + asam askorbat, menunjukkan adanya kondisi yang lebih lembab dalam kemasan (lingkungan mikro) dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Akibatnya tumbuh jamur pada buah terutama pada bagian pangkal sisir. Meskipun demikian, hingga pada penyimpanan 15–20 hari, kulit buah ternyata masih berwarna hijau kekuningan hingga kuning.

Nilai perkembangan perubahan warna kulit buah (skoring): 1 = hijau, 2 = hijau > kuning, 3 = kuning > hijau, 4 = kuning seluruh kulit buah, 5 = kuning dan permukaan kulit ada bintik coklat. Kajian non faktorial yaitu satu perlakuan penunda kematangan yang dibuat dalam tujuh tingkatan/jenis dan satu pembandingan (kontrol) tanpa bahan penunda kematangan. Data

yang tersedia pada setiap jenis penunda kematangan pada waktu penyimpanan tertentu yang dibandingkan/dianalisis dengan uji DMRT.

Buah pisang Barangan yang dikemas dalam plastik PE tanpa penggunaan KMnO₄ dalam kemasan PE akan terjadi akumulasi etilen yang berasal dari buah pisang Barangan tersebut. Akumulasi etilen menyebabkan kenaikan suhu dalam ruang kemasan PE dan cepat terjadi kondensasi uap air pada bagian dalam dinding kemasan PE. Buah pisang Barangan dalam bentuk tandan dikemas dalam PE densitas rendah bersama KMnO₄, Ca(OH)₂, dan asam askorbat yang merupakan perlakuan terbaik (terutama diindikasikan dari data perkembangan warna kulit buah) yang dapat memperpanjang masa simpan pisang Barangan sampai 25 hari (Gambar 1) dengan kondisi pisang cenderung ke warna kuning dan buah masih utuh pada sisir.

Ketahanan simpan pisang Barangan dari hasil kajian ini masih lebih rendah dari hasil kajian Satyan *et al.* (1992) pada pisang cv. Williams di Australia, yaitu pisang dipanen dalam bentuk tandan pada tingkat kematangan komersial (*commercial maturity*) dikemas dalam plastik PE, kemudian digantung untuk



Gambar 1. Perkembangan kematangan (warna) buah pisang Barangan dalam bentuk tandan selama penyimpanan (Maturity development (color) of Barangan banana in bunch formation during storage)

mengurangi tekanan, dan ketahanan simpannya dapat mencapai 43 hari bila dalam kemasan plastik tersebut dimasukkan etilen absorben (pellet KMnO₄) dan suhu penyimpanan 25,0–28,0°C, sedangkan pisang tanpa kemasan dan etilen absorben, ketahanan simpan hanya 10 hari.

Tekstur dan Padatan Terlarut Total Buah Pisang Barangan

Analisis fisik seperti tekstur buah pisang Barangan dilakukan pada sampel perlakuan disimpan dalam bentuk tandan selama 10 dan 20 hari. Pada penyimpanan 10 hari, sampel tanpa perlakuan memiliki nilai tekstur 0,085 kg/mm². Pada penyimpanan 20 hari, terlihat perbedaan tekstur buah pisang Barangan, tekstur buah terpadat diperoleh pada perlakuan KMnO₄ + Ca(OH)₂, KMnO₄ + asam askorbat; dan KMnO₄ + Ca(OH)₂ + asam askorbat. Pada perlakuan KMnO₄ maupun Ca(OH)₂, serta Ca(OH)₂ + asam askorbat menunjukkan nilai tekstur buah yang semakin menurun ditandai kulit buah yang menguning.

Hasil kajian ini mengindikasikan bahwa bila penyerap etilen (KMnO₄) berdiri sendiri, maka peranannya kurang dalam mempertahankan nilai tekstur buah pisang Barangan pada penyimpanan 20 hari pada suhu kamar yang dikemas dengan sistem modifikasi atmosfer dalam kemasan plastik PE. Penurunan nilai tekstur buah dapat diperkecil dengan perlakuan penambahan kapur maupun asam askorbat bersama dengan KMnO₄, dan merupakan perlakuan yang terbaik bila ditinjau dari pengaruhnya terhadap nilai tekstur pisang Barangan.

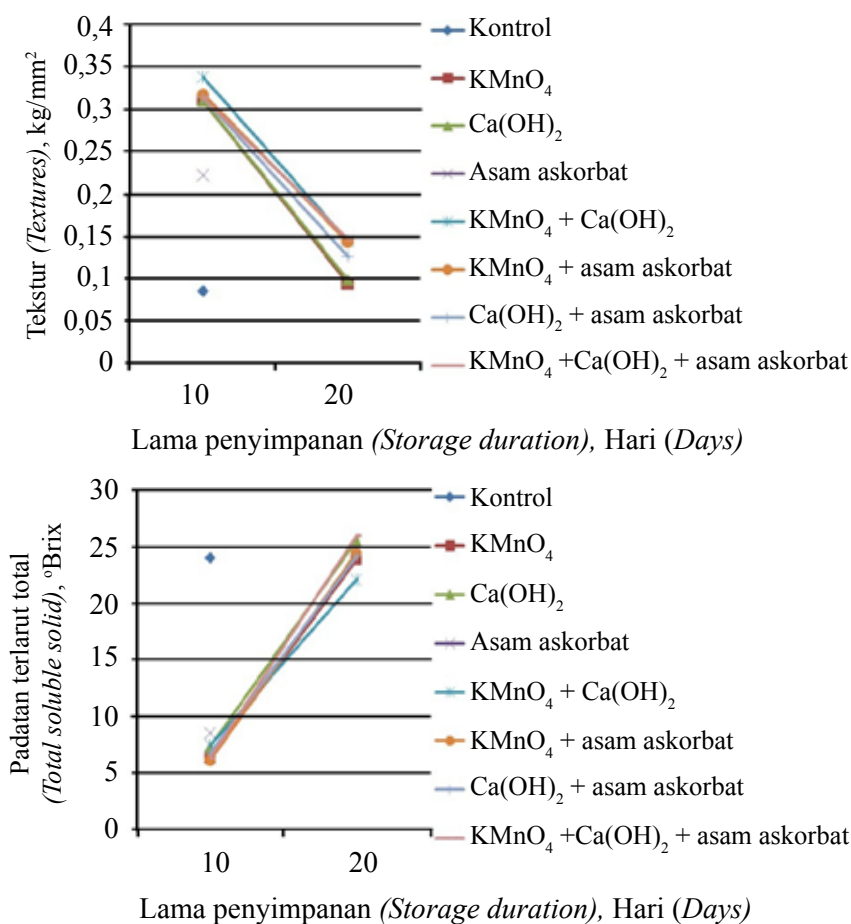
Analisis kimia seperti padatan terlarut total (PTT) buah pisang Barangan dilakukan pada sampel perlakuan

disimpan dalam bentuk tandan selama 10 dan 20 hari. Pengukuran PTT pada pisang mentah/padat dilakukan dengan cara memarut daging buah pisang kemudian dihaluskan/digiling dalam mortar dimasukkan air destilasi/diencerkan dengan perbandingan 1 : 1. Larutan (hasil pengeceran daging buah pisang mentah) dimasukkan ke dalam kertas *tissue*, di-press, cairan diteteskan pada kaca prisma *Hand refractometer* (sebelumnya *Hand refractometer* sudah dikalibrasi), kemudian dibaca pada lensa mata (*eyepiece*). Hasil bacaan pada lensa mata *Hand refractometer* dikali dua dan merupakan PTT pisang mentah tersebut.

Padatan terlarut total buah pada perlakuan kontrol pada penyimpanan 10 hari menunjukkan nilai 24,0°Brix, dan pada perlakuan penyimpanan modifikasi atmosfer dengan adanya bahan penunda kematangan tidak menunjukkan perbedaan yaitu berkisar 6,3–8,5°Brix. Pada penyimpanan 20 hari, kontrol dan perlakuan asam askorbat tidak diamati karena pengamatan sampel tidak dilakukan lagi bila sudah terjadi kebusukan pada pangkal sisir dan buah mulai rontok serta tidak layak pasar. Padatan terlarut total buah pisang Barangan pada perlakuan penunda kematangan lainnya tidak berbeda nyata dan berkisar antara 22,1–26,0 °Brix. Perubahan tekstur dan padatan terlarut total buah pisang Barangan selama penyimpanan 10 dan 20 hari, disajikan dalam Gambar 2.

Pengkajian Ketahanan Simpan Pisang Barangan Dengan Kemasan Modifikasi Atmosfir (Kemasan Primer) dan Kotak Karton (Kemasan Sekunder)

Bahan penunda kematangan yang terbaik yang diperoleh pada kajian pendahuluan penyimpanan pisang barangan dalam bentuk tandan tersebut di atas



Gambar 2. Tekstur dan padatan terlarut total buah pisang Barangan dalam bentuk tandan selama penyimpanan 10 dan 20 hari (Texture and total soluble solid of Barangan banana in bunch formation during 10 and 20 days storage)

dilanjutkan diterapkan pada buah pisang Barangan dalam bentuk sisir dikemas dengan sistem MAP dalam PE densitas rendah (kemasan primer) kemudian dikemas dalam kotak karton (kemasan sekunder).

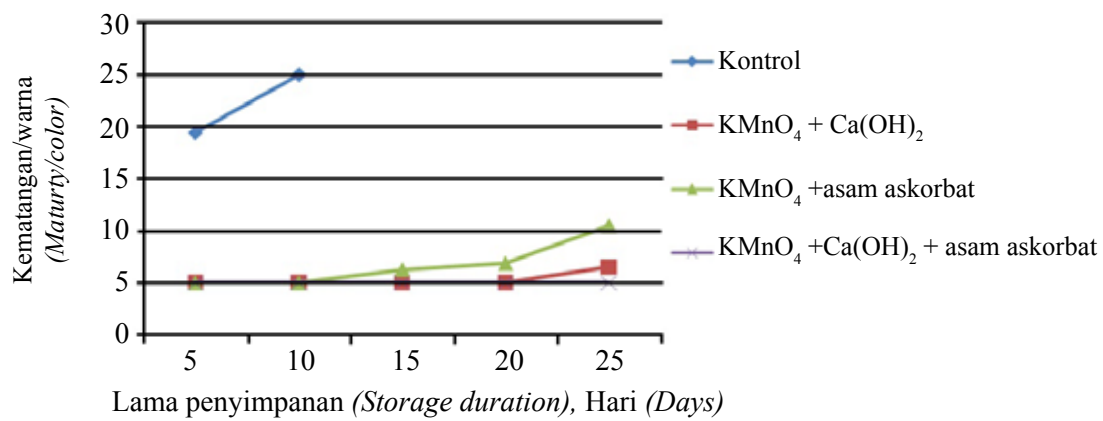
Kematangan Buah Pisang Barangan

Pada perlakuan kontrol yaitu buah pisang Barangan yang dikemas langsung pada kotak karton tanpa penunda kematangan, menunjukkan warna kulit kuning pada 5 hari penyimpanan, dan pada 10 hari penyimpanan menjadi kuning kecoklatan serta buah rontok dari sisirnya, sedangkan dengan adanya perlakuan penundaan kematangan seperti KMnO₄, Ca(OH)₂, dan asam askorbat yang dimasukkan ke dalam plastik PE bersama pisang Barangan menghasilkan nilai 1 yaitu kulit buah masih berwarna hijau segar yang merupakan indikator perkembangan kematangan, seperti disajikan dalam Tabel 3. Data Tabel 3, pada penyimpanan 20 hari, perlakuan KMnO₄ + asam askorbat menghasilkan warna kulit sebagian sedikit kuning, buah agak lunak, dan terdapat jamur pada pangkal sisir pisang Barangan, sedangkan perlakuan KMnO₄ + Ca(OH)₂, dan KMnO₄ + Ca(OH)₂

+ asam askorbat menunjukkan bahwa warna kulit buah masih hijau segar. Perpaduan KMnO₄ dengan Ca(OH)₂ dan asam askorbat menunjukkan bahwa hingga pada penyimpanan 25 hari warna kulit buah masih hijau segar. Laju perubahan warna kulit buah pisang Barangan selama penyimpanan, disajikan pada Gambar 3.

Vitamin C dan Total Asam

Memperhatikan perkembangan kematangan selama penyimpanan dengan beberapa perlakuan penundaan kematangan, dilakukan analisis terhadap kandungan vitamin C buah pisang Barangan. Buah pisang Barangan yang hanya dikemas dalam kotak karton tanpa perlakuan penundaan kematangan atau tanpa pengemasan sistem MAP, pada penyimpanan suhu kamar selama 10 hari diperoleh kandungan vitamin C sebesar 94,60 mg/100 g. Buah pisang Barangan pada kondisi ini telah matang penuh ditandai seluruh kulit buah menguning serta daging buah lunak, sedangkan buah pisang Barangan yang dikemas dengan sistem MAP (kemasan primer) bersama bahan penundaan kematangan [KMnO₄ + Ca(OH)₂, KMnO₄ + asam



Nilai perkembangan perubahan warna kulit buah (skoring) (*Score alteration development of skin color*) : 1 = hijau (*green*), 2 = hijau > kuning (*green > yellow*), 3 = kuning > hijau (*yellow > green*), 4 = kuning seluruh kulit buah (*all of skin was yellow*), 5 = kuning dan permukaan kulit ada bintik coklat (*yellow with brown spotted*). Satu ulangan merupakan rerata dari tiga sisir buah pisang (one replication was average from tree bunches of banana). Kajian non faktorial yaitu satu perlakuan penunda kematangan yang dibuat dalam tiga tingkatan/jenis dan satu kontrol (pembanding) tanpa bahan penunda kematangan (*Non factorial assessment was a treatment of delayed ripening which made from tree kinds and a control (without delayed ripening materials)*). Data yang tersedia pada setiap jenis penunda kematangan pada waktu penyimpanan tertentu yang dibandingkan/dianalisis dengan uji DMRT (*The data was available on each kind of delayed ripening at certainly storage time which DMRT test analyzed*)

Gambar 3. Laju perkembangan kematangan (warna) buah pisang Barangan selama penyimpanan (*Maturity development rate (color) of Barangan banana during storage*)

askorbat, KMnO₄ + Ca(OH)₂ + asam askorbat] kemudian dikemas ke dalam kotak karton (kemasan sekunder), pada 10 hari penyimpanan kandungan vitamin C berkisar 26,40 – 28,60 mg/100 g. Pada kondisi demikian buah pisang Barangan masih mentah (belum matang). Hal ini mengindikasikan bahwa tertundanya kematangan buah juga memperlambat proses metabolisme pembentukan vitamin C nya dalam buah. Selanjutnya, pada penyimpanan 20 hari kandungan vitamin C buah pisang Barangan yang mengalami perlakuan penundaan kematangan sedikit mengalami kenaikan dibandingkan dengan penyimpanan 10 hari yaitu berkisar 26,40 – 35,20 mg/100 g.

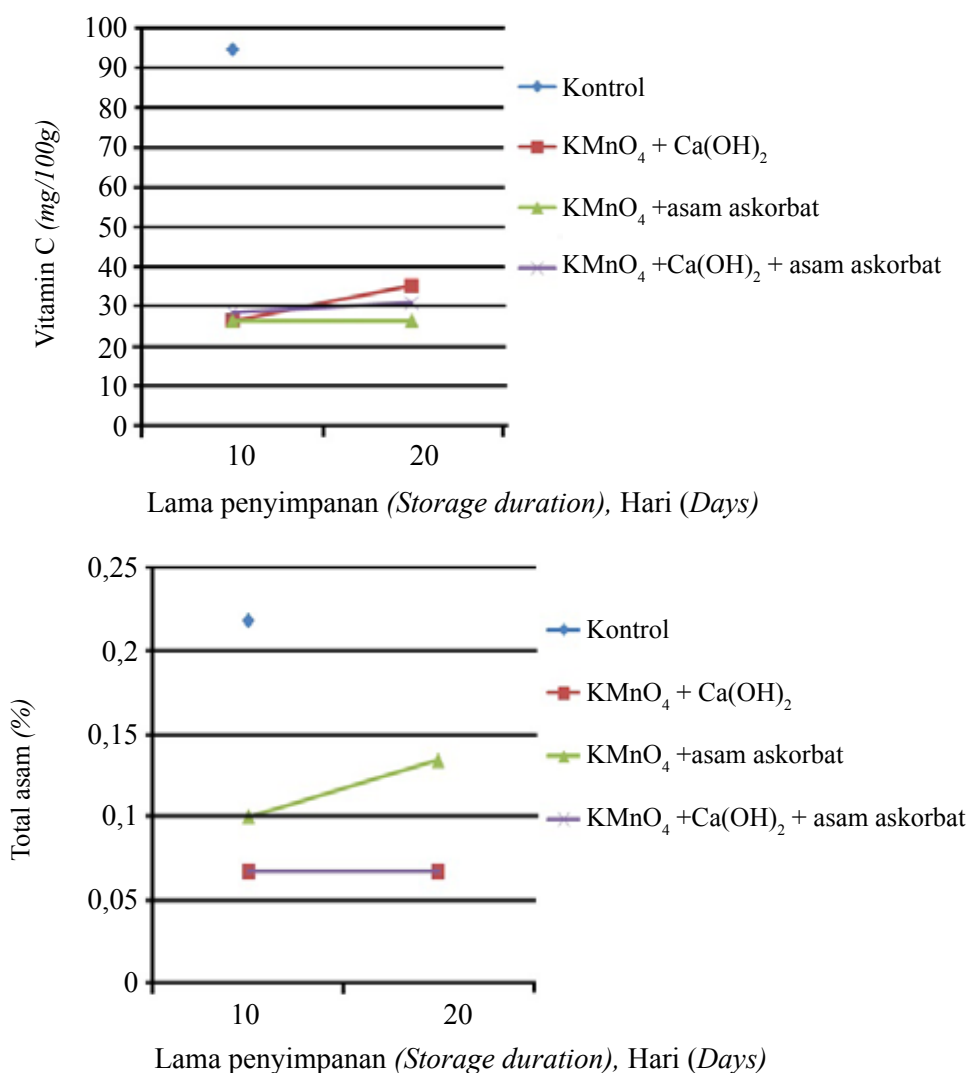
Buah pisang Barangan pada perlakuan kontrol (tanpa sistem MAP dan tanpa penundaan kematangan), pada penyimpanan 10 hari suhu kamar menghasilkan kandungan total asam sebesar 0,218%. Total asam pada pisang Barangan berupa asam malat yang meningkat pada buah yang matang. Peningkatan kandungan asam malat pada buah mengindikasikan bahwa buah tersebut mulai menuju pada terjadinya kerusakan fisiologis, sedangkan kandungan total asam pada sistem MAP bersama bahan penundaan kematangan [KMnO₄ + Ca(OH)₂, KMnO₄ + asam askorbat, KMnO₄ + Ca(OH)₂ + asam askorbat] kemudian dikemas ke dalam kotak karton masih lebih rendah (0,067%) dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

Pada penyimpanan 20 hari, total asam pisang Barangan dalam kemasan primer bersama KMnO₄ dan asam askorbat cenderung menunjukkan kenaikan dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hal

ini mengindikasikan bahwa sampel pisang tersebut mengalami kerusakan fisiologis selama penyimpanan, atau dapat disimpulkan bahwa perpaduan KMnO₄ dengan Ca(OH)₂ lebih baik dibandingkan perpaduan KMnO₄ dengan asam askorbat. Laju perubahan kandungan vitamin C dan total asam akibat perlakuan penundaan kematangan buah pisang Barangan, disajikan dalam Gambar 4.

Konsentrasi O₂ dan CO₂

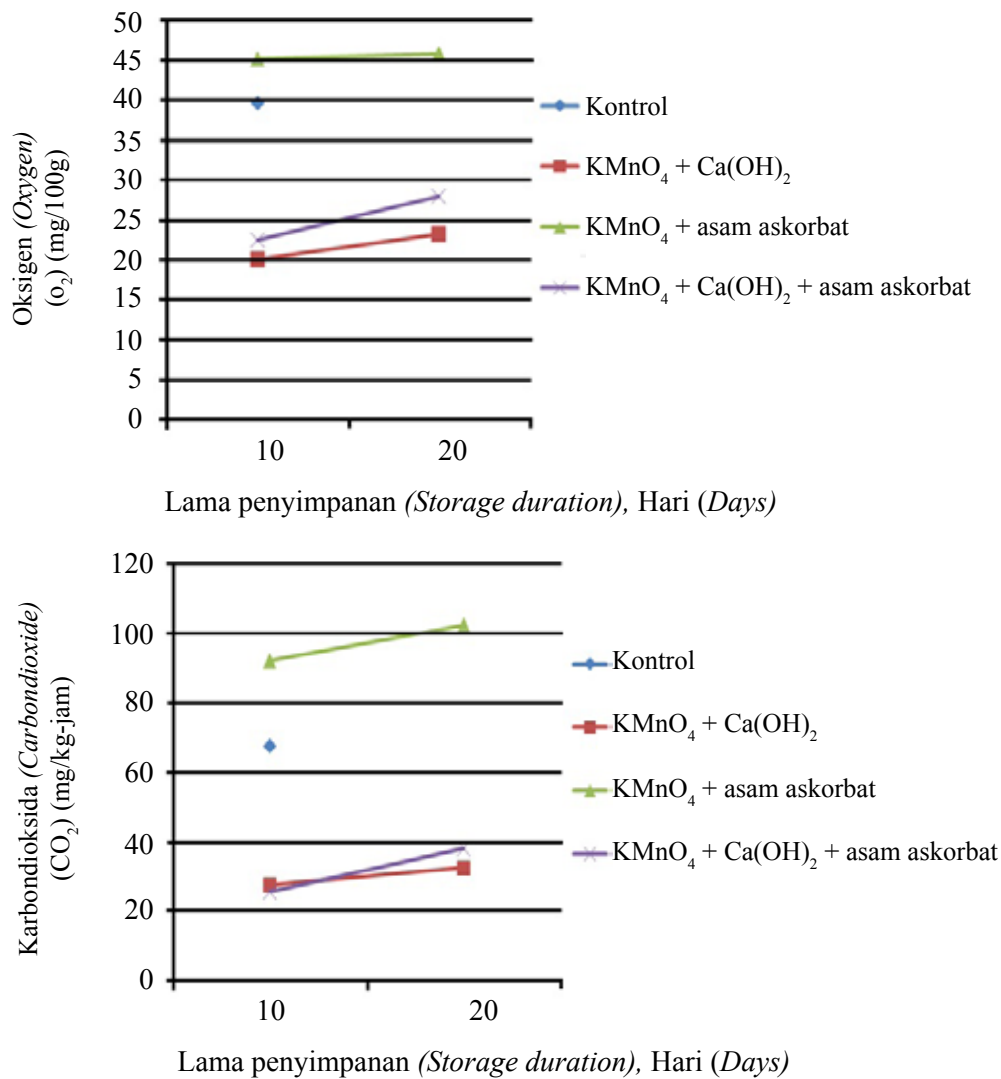
Pengukuran laju respirasi (konsentrasi O₂ dan CO₂) pisang Barangan dilakukan dengan sistem tertutup mengikuti metode Deily & Rizvi (1981). Kriteria buah pisang Barangan yang diukur laju respirasinya yang pada awalnya dipanen dengan tingkat ketuaan optimal yaitu bentuk siku tidak tampak lagi pada permukaan buah, pentil hitam pada ujung buah sudah lepas, dan umurnya sekitar 85–90 hari setelah jantung mekar (seludang pembungkus jantung pisang sudah terbuka). Buah pisang (4–6 buah pisang per sampel) ditimbang dan dimasukkan ke dalam stoples (ukuran tinggi 20 cm, diameter alas 15 cm, diameter atas/tutup stoples 10 cm, dan volume 3.250 ml), serta selanjutnya stoples ditutup rapat menggunakan /diberi lilin lunak perekat dan selang pipanya ditekuk dan dijepit. Pengukuran dilakukan pada suhu kamar dan masing-masing dilakukan dalam tiga ulangan. Pengukuran konsentrasi O₂ dan CO₂ dilakukan dengan menghubungkan slang ke bagian penerima pada *Cosmotector*. Setiap kali pengukuran udara di dalam stoples dikembalikan ke keadaan normal dengan cara mengusir kelebihan CO₂ dengan aerator.



Gambar 4. Laju perubahan kandungan vitamin C dan total asam buah pisang Barangan selama penyimpanan 10 dan 20 hari (*Maturity development rate of vitamin C content and acid total of Barangan banana during 10 and 20 days storage*)

Tabel 3. Perkembangan kematangan buah pisang Barangan dalam bentuk sisir disimpan pada kemasan udara termodifikasi (*Maturity development of Barangan banana in bunch formation storage on atmosphere modification package*)

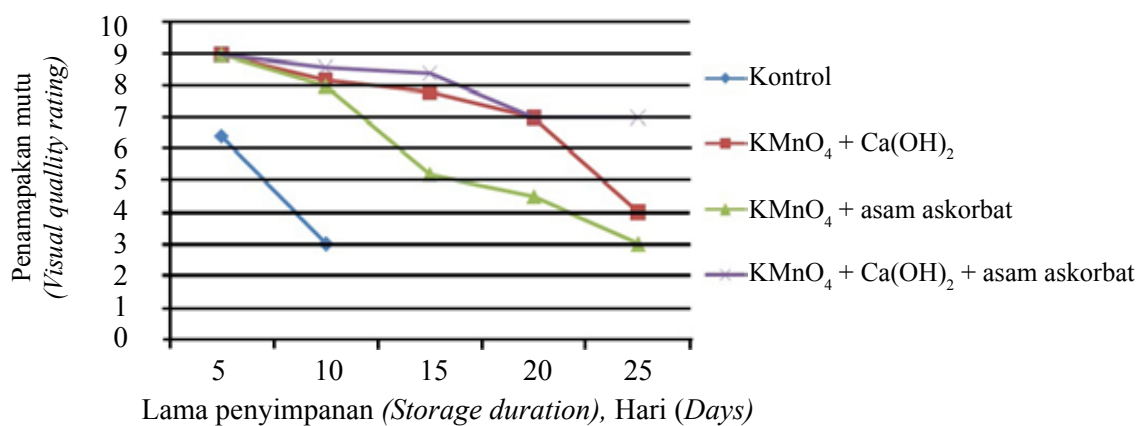
Perlakuan (Treatments)	Kematangan buah selama penyimpanan (Fruit maturity during storage), Hari (Days)					Keterangan (Remarks)
	5	10	15	20	25	
Kontrol (Control)	3,89 a	5,0 a	-	-	-	Buah rontok dari sisir pada hari ke 10
KMnO ₄ + Ca(OH) ₂	1,00 b	1,00 b	1,00 a	1,00 a	1,30 b	Buah masih hijau, 1 sampel pangkal sisir sedikit berjamur sampai pada hari ke 25
KMnO ₄ + asam askorbat (<i>ascorbic acid</i>)	1,00 b	1,00 b	1,25 a	1,37 a	2,10 a	Buah sedikit kuning, tekstur lunak dan pangkal sisir berjamur pada hari ke 25
KMnO ₄ + Ca(OH) ₂ + asam askorbat (<i>ascorbic acid</i>)	1,00 b	1,00 b	1,00 a	1,00 a	1,00 b	Buah masih hijau, dan buah belum rontok dari sisir sampai pada hari ke 25 penyimpanan



Gambar 5. Laju perubahan kandungan O₂ dan CO₂ buah pisang Barangan selama penyimpanan 10 dan 20 hari (*Rate of alteration content of O₂ and CO₂ of Barangan banana during 10 and 20 days storage*)

Tabel 4. Standar buah pisang barangan layak pasar dan tidak layak pasar secara visual, mekanis dan biologis selama penyimpanan (*Visual, mechanical, and biological Barangan banana fruits standard marketable and non marketable during storage*)

Spesifikasi (<i>Specification</i>)	Layak pasar (<i>Marketable</i>)	Tidak layak pasar (<i>Non marketable</i>)
Secara visual		
1. Warna kulit buah	Hijau hingga kuning kehijauan	Kuning dan agak kecoklatan
2. Buah rotok dari sisir	Buah masih utuh pada sisir	Sudah ada buah yang rontok/lepas dari sisir
Secara mekanis		
1. Memar/lecet pada kulit	Buah memar <30%	Buah memar 30%
Secara biologis		
1. Kepadatan (tekstur)	Tekstur buah masih padat dan kalau matang daging buah lunak	Tekstur buah sudah sangat lunak dan buah lepas dari sisir, Tekstur buah lunak tetapi kulit buah masih hijau
2. Kebusukan pangkal sisir dan buah	Ada jamur pada pangkal sisir tetapi belum terjadi pelunakan/busuk	Pangkal sisir sudah busuk/lunak dan ada yang sudah sampai ke buah
3. Kulit terbuka/retak	Tidak ada kulit buah retak/pecah	Terdapat buah retak/pecah pada sisir



Keterangan : Penilaian penampakan mutu sebagai kriteria untuk preferensi pasar (*Visual quality rating evaluation as market preference criteria*): skor 9 = tidak ada kerusakan (segar) (*no damage/fresh*), 7 = sedikit kerusakan (masih segar, layak pasar) (*still fresh, marketable*), 5 = sedikit kerusakan (tidak layak pasar) (*little damage, not marketable*), 3 = kerusakan nyata (tidak layak dipasarkan) (*significant damage, not marketable*)

Gambar 6. Penampakan mutu buah pisang Barangan dalam bentuk sisir disimpan pada kemasan udara termodifikasi (*Visual quality rating/VQR of Barangan fruit in bunch formation storage at atmosphere modification package*)

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin lama penyimpanan, laju respirasi pada setiap perlakuan penunda kematangan cenderung menunjukkan kenaikan, seperti disajikan dalam Gambar 5. Laju respirasi tertinggi diperoleh pada sampel pisang Barangan dalam kemasan primer (plastik PE) dimasukkan bersama KMnO₄ dan asam askorbat. Pada penyimpanan 10 dan 20 hari, diperoleh kenaikan konsentrasi CO₂ yang nyata (*significant*) pada jenis penunda kematangan KMnO₄ + asam askorbat dibandingkan dengan jenis penunda kematangan lainnya. Pada kondisi tersebut, daging buah pisang Barangan mengalami pelunakan walaupun kulitnya masih berwarna hijau. Kematangan buah yang abnormal demikian disebut *green ripe*, dan buah mengeluarkan bau yang kurang enak (*off flavor*) (Satyan *et al.* 1992).

Buah pisang Barangan sebagai buah klimakterik cenderung mengeluarkan etilen dalam proses respirasi dan pematangannya. Sistem penyimpanan modifikasi atmosfer berkembang di dalam kemasan PE dan KMnO₄ mencegah akumulasi etilen (Satyan *et al.* 1992), dan dimungkinkan demikian halnya dengan dimasukkan juga dalam kemasan PE Ca(OH)₂ dan asam askorbat dapat mencegah akumulasi CO₂ dan O₂, atau dengan kata lain menekan laju respirasi buah pisang Barangan selama penyimpanan.

Penampakan Mutu Buah Pisang Barangan (Preferensi Pasar)

Tujuan penyimpanan sistem MAP ialah untuk mendapatkan masa simpan buah yang lebih lama dengan penampakan mutu optimal yang masih layak

dipasarkan atau diterima konsumen. Dengan demikian, penataan distribusi pasar yang berkaitan dengan mutu buah pisang Barangan harus dapat dipertahankan sampai pada periode tertentu, sehingga pemasukan buah pada pemasaran tertentu dapat dipenuhi. Penampakan mutu buah pisang Barangan untuk preferensi pasar, setelah disimpan dengan sistem penyimpanan udara termodifikasi. Pada Gambar 6 disajikan penampakan mutu buah pisang Barangan cenderung mengalami penurunan dengan semakin lama penyimpanan.

Penampakan mutu buah pisang barangan yang layak pasar dan tidak layak pasar selama penyimpanan menurut standar pasar yang ada di lokasi pengkajian (Desa Talun Kenas, Kecamatan STM Hilir Kabupaten Deli Serdang), disajikan dalam Tabel 4.

Pisang Barangan tanpa perlakuan (kontrol) selama 5 hari penyimpanan masih layak pasar, tetapi setelah 10 hari penyimpanan buah rusak dan tidak dapat dipasarkan. Perpaduan perlakuan KMnO₄ dengan Ca(OH)₂ dan asam askorbat menunjukkan nilai penampakan mutu sebagai preferensi pasar cenderung menunjukkan sedikit penurunan selama penyimpanan, tetapi penurunan penampakan mutu yang lebih cepat terjadi pada perlakuan KMnO₄ + asam askorbat, yaitu buah pisang Barangan tidak layak pasar setelah 15 hari penyimpanan. Perpaduan KMnO₄ dengan kapur, setelah 20 hari penyimpanan menjadi tidak layak pasar. Perlakuan terbaik ialah perpaduan KMnO₄ dengan Ca(OH)₂ dan asam askorbat menunjukkan buah pisang Barangan masih layak pasar sampai pada penyimpanan 25 hari suhu kamar sampel.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Perlakuan terbaik bahan penunda kematangan yang dikaji ialah perpaduan KMnO_4 dengan Ca(OH)_2 dan asam askorbat yang menunjukkan bahwa daya simpan buah pisang Barangan dalam bentuk tandan maupun sisir mencapai 25 hari dan penampakan mutu buah pisang barangan masih layak pasar.
2. Buah pisang Barangan tanpa bahan penunda kematangan pada 10 hari penyimpanan buah berwarna kuning serta permukaan kulit ada bintik coklat dan buah rontok dari sisirnya. Penampakan mutu buah pisang Barangan pada kondisi yang demikian menjadi tidak layak pasar.

PUSTAKA

1. Abeles, FB, Morgan, PW & Salveit, ME 1992, *Ethylene in plant biology*, vol. 15, 2nd ed., Academic Press, San Diego, California.
2. Arief, K, Ekowati, R & Dasi, RW 1986, 'Pengaruh KMnO_4 dan pembungkus plastik polietilen terhadap umur simpan buah pepaya (*Carica papaya* L.)', *Hortikultura*, vol. 16, hlm. 626-9.
3. Barus, P 2009, *Pemanfaatan bahan pengawet dan antioksidan alami pada industri bahan makanan*, Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Ilmu Kimia Analitik pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Medan.
4. Broto, W, Sulusi, P, Yulianingsih & Sjaifullah 1996, 'Teknik atmosfer termodifikasi dalam pengemasan buah mangga kultivar Arumanis', *J.Hort.*, vol. 6, no. 2, hlm. 196-203.
5. Deily, KR & Rizvi, SSH 1981, 'Optimization of parameter for packaging of fresh peaches in polymeric films', *J.Food Sci.*, vol. 109, no. 4, pp. 584-7.
6. Dinas Pertanian Provinsi Sumatera Utara 2011. *Buku Lima Tahun Statistik Pertanian 2006-2010*, Dinas Pertanian Provinsi Sumatera Utara, Medan.
7. Kader, AA & Watkins, CB 2000, 'Modified atmosphere packaging – Toward 2000 and beyond', *Hor. Technol.*, vol. 10, no. 3, pp. 483-6.
8. Ke, LS & Hwang, SC 1988, 'Postharvest handling of bananas in Taiwan, in : *postharvest handling of tropical and subtropical fruit crops*, FFTC Book Series, no. 37, pp. 34-3.
9. Masyhuri, AP, Ahmad, AM, & Djojowasito, G 2012, Rancang bangun sistem penyerap karbon dioksida (CO_2) pada aliran biogas dengan menggunakan larutan Ca(OH)_2 ', *J. Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, vol. 1, no. 1, hlm. 19-28.
10. Napitupulu, B 2009, 'Kajian penundaan kematangan pisang barangan di Sumatera Utara', *Prosiding Simposium Teknologi Inovatif Pascapanen II*. BB Pascapanen, Bogor, hlm.124-130.
11. Sagula, Zuraida, 2010, 'Pengaruh pemberian KMnO_4 dan asam askorbat serta suhu penyimpanan dalam mempertahankan warna hijau kelopak buah manggis (*Garcinia mangostana* L.). Tesis Magister Sains. IPB Bogor.
12. Santosa, E., Winarso DW & Kholidi 2010, 'The use of clay as potassium permanganate carrier to delay the ripening of Raja Bulu banana', *J.Hort.*, vol. 1, no. 2, pp. 89-96.
13. Satyan, Scott, KJ & Graham, D 1992, 'Storage of banana bunches in sealed polyethylene bags', *J. Hort. Sci.*, vol. 67, no. 2, pp. 283-7.
14. Scott, KJ, Giugni, J & Bailey, W.McC 1984, 'The use of polyethylene bags and ethylene absorbent to extend the life of kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch) during cool storage', *J. Hort. Sci.*, vol. 59, no. 4, pp. 563-6.
15. Scott, K.I. & W.B. Mc Glasson. 1988. 'Low cost method on preparing banana for distant market', *Proceeding International Symposium on Current Problem on Fruit and Vegetables*, Los Banos, pp. 246-50.
16. Scott, KJ, Mc Glasson, WB & Roberts, EA 1970, 'Potassium permanganate as an ethylene absorbent in polyethylene bags to delay ripening of banana during storage', *Aust. J. Experiment Agric.*, vol. 10, pp. 237-40.
17. Sen, C, Mishra, HN & Srivastav, PP 2012, 'Modified atmosphere packaging and active packaging of banana (*Musa* spp.): A review on control of ripening and extension of shelf life', *J. Stored Products and Postharvest Res.*, vol. 3, no. 9, pp. 122-32.
18. Sjaifullah, Dondy, ASB & Muhadjir, I 1992, 'Pengaruh kondisi atmosfer termodifikasi dan ethylene absorbent terhadap penundaan kemasakan pisang cv. Raja Bulu pada suhu kamar', *J.Hort.*, vol. 2, no. 1, pp. 48-55.
19. Vermeiren, L, Devlieghere, F, van Beest, M, Kruijff, N & Debevere, J 1999, 'Developments in the active packaging of foods', *Trends in Food Sci. Technol.*, no. 10, pp. 77-86.
20. Zewter, A, Woldetsadik, K & Workneh, TS 2012, 'Effect of 1-methylcyclopropene, potassium permanganate and packaging on quality of banana', *Afr. J. of Agric Res.*, vol. 7, no. 16, pp. 2425-37.



**Lampiran 1. Stoples yang digunakan sebagai wadah dalam pengukuran respirasi buah pisang Barangan
(Jars used as container on respiration measurement of Barangan banana fruits)**