

PENGARUH PUTRESIN TERHADAP PENGHAMBATAN *CHILLING INJURY* BUAH PISANG MAS (*Musa paradisiaca*, L.)

(Effect of Putrescine on Chilling Injury Inhibition of Banana *cv. Mas (Musa paradisiaca*, L.)

Oleh :

Ida Bagus Banyuro Partha ¹⁾, Suparmo ²⁾, Murdijati Gardjito ²⁾, Moh.Ali Joko Wasono ³⁾

¹⁾ Staf Pengajar Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta

²⁾ Staf Pengajar Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

³⁾ Staf Pengajar Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

ABSTRACT

*A study on the effect of exogenous putrescine on the inhibition of chilling injury of banana (*Musa paradisiaca*, L.) cv.Mas was conducted. It was aimed to identify the effect of putrescine at middle lamella (pectin) on chilling injury of banana cv. mas.*

The present study exploited banana cv. mas at 85% of maturity stage with soaking condition in 1.5 mM putrescine solution and soaking without putrescine solution as control. The fruits was stored at 10°C for 10 days and daily real time observations for ethylene emission were conducted utilizing laser driven photo-acoustic spectrometer, while respiration rate, pectin content, methoxyl content of pectins, pectinesterase activities, textures, chilling injury index (necrosis and pitting) were observed every day at room temperature after the fruits were keep out from cold storage for 1hr.

Result indicated that soaking in 1.5 mM of putrescine solution was able to inhibit chilling injury upon storage of the fruit at 10°C for 10 days, as indicated by the inhibition of respiration rate (45.39%), ethylene emission (56.42%), and textures softness of banana fruits and to increased pectinesterase activities, decreased pectin content, methoxyl content of pectins, chilling injury index (necrosis and pitting) at the peel of banana cv. mas fruits.

Keywords: Banana cv. Mas, refrigerated temperature, chilling injury, pectin, putrescine

PENDAHULUAN

Pisang mas (*Musa paradisiaca*, L.) termasuk kelompok buah klimakterik yaitu buah yang proses pematangan dan pemasakan melibatkan kenaikan laju respirasi secara mendadak. Selama pematangan (*maturation*) dan pemasakan (*ripening*) akan terjadi kenaikan laju respirasi dan emisi etilen, sehingga dapat mempercepat kerusakan atau pembusukan buah (Wills *dkk.*, 1981; Kader, 1992). Salah satu cara untuk memperpanjang umur simpan buah-buahan adalah menekan laju respirasi dan proses metabolisme lainnya yang dilakukan dengan penyimpanan pada

suhu dingin, namun buah pisang mas seperti halnya buah pisang lainnya sangat sensitif terhadap kerusakan/cacat suhu dingin atau *chilling injury* sehingga diperlukan perlakuan untuk menghambat proses *chilling injury* tersebut.

Chilling Injury adalah kerusakan akibat suhu dingin yang dapat bersifat *reversible* dan *irreversible*. Kenyataan ini terlihat pada terjadinya kerusakan atau kematian di tingkat seluler pada jaringan kulit buah seperti terjadinya perubahan warna coklat-kehitaman, nekrosis, *pitting* pada kulit buah. Kerusakan yang lebih jauh dapat menyebabkan kerusakan pada daging buahnya. Apabila ini terjadi, buah mengalami kegagalan kemasakan setelah ke

luar pendingin, kerusakan tekstur dan flavor, dan percepatan senesensi. Stress ini menyebabkan peningkatan produksi etilen akibat peroksidasi lipida meningkat serta kebocoran metabolit yang mendorong terjadinya pembusukan akibat pertumbuhan mikroorganisme khususnya jamur (Lyons, 1973; Skog, 1988; Tranggono, 1989; Kuo dan Parkin, 1989). Suhu terjadinya *chilling injury* pada buah-buahan tropis bervariasi 5 – 15°C (Kader, 1992).

Terjadinya *chilling injury* pada penyimpanan buah tidak dikehendaki karena dapat menurunkan mutu buah dan penerimaan konsumen. Pada buah pisang yang mengalami *chilling injury* menyebabkan perubahan warna kulit buah menjadi coklat kehitaman seperti pisang direbus tetapi daging buahnya masih bagus. Untuk itu, diperlukan teknologi untuk menghambat terjadinya kerusakan pada kulit buah pisang mas yang mengalami pendinginan. Dalam penelitian ini digunakan buah pisang mas dan senyawa putresin (put) yang merupakan salah satu senyawa poliamin. Penggunaan poliamin untuk menghambat *chilling injury* selama ini umumnya baru dilakukan pada buah-buahan non tropis.

Poliamin merupakan senyawa asam amino non protein (Rhodes, 2005) yang terdiri dari beberapa senyawa antara lain putresin (2 gugus amin), spermidin (3 gugus amin), spermin (4 gugus amin) (Rhodes, 2005). Poliamin terbentuk secara alami dalam sel tanaman dan memiliki efek fisiologis yang berhubungan dengan pembelahan sel dan pertumbuhan, pematangan dan pemasakan buah (Valero *dkk.*, 1998). Poliamin dilaporkan memiliki kemampuan menunda senesensi dan pelunakan tekstur pada beberapa buah-buahan seperti apel, strawberry, lemon (Valero *dkk.*, 1998; Martinez-Romero, 2002; Abu-Kpawoh *dkk.*, 2002) serta menghambat laju respirasi, etilen pada buah tomat, apokat, pear (Martinez *dkk.*, 2002), menghambat *chilling injury* pada mentimun (Shen *dkk.*, 2000; Valero *dkk.*, 2002). Poliamin sangat efektif untuk memperkuat integritas lamela tengah (pektin) dan membran sel sehingga sangat sesuai untuk pencegahan kerusakan di tingkat seluler (Leiting and Wicker, 1987; Valero *dkk.*, 2002).

Poliamin dapat berikatan kuat dengan pektin yakni antara gugus amin dari poliamin dengan gugus karboksil dari pektin (Valero *dkk.*, 2002). Poliamin juga dilaporkan dapat menghambat aktivitas enzim endopoligalakturonase melalui pengikatan asam pektat (Kramer *dkk.*, 1989 *cit.* Valero *dkk.*, 1998) dan menstimulir aktivitas enzim pektinesterase (PE) hampir sama dengan kation anorganik seperti Ca, tapi pada konsentrasi >50 mM poliamin dapat sebagai penghambat pektinesterase. Pektinesterase adalah enzim yang memecah gugus metoksil dari pektin (Leiting dan Wicker, 1997).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh putresin pada lamela tengah (dalam hal ini pektin) sel-sel pada jaringan kulit buah pisang mas yang mengalami pendinginan selama penyimpanan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah pisang mas yang diperoleh dari Dusun Tlogowatu, Desa Sluweng, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. Buah pisang mas dipanen langsung dari kebun dan diambil sampel buah pada 3 sisir bagian tengah dari tandan buah, dengan tingkat kematangan buah 85% (Hasil penelitian sebelumnya oleh Banyuro-Partha, *dkk.*, 2008). Bahan-bahan lain meliputi : senyawa standard putresin (put), asam perklorat (HClO₄), senyawa 1,6 heksandiamin, benzoil klorida, tween 20, methanol, dietilether, kloroform, trietilamin, gas nitrogen, helium, karbondioksida, bromo thymol blue (BTB), dan bahan-bahan untuk analisis kimia lainnya.

Peralatan yang digunakan adalah Spektrometer Foto Akustik (SFA) "intra cavity" yang dirakit di Jurusan Fisika, FMIPA UGM dan sebagai sumber sinar digunakan *tunable laser CO₂* dengan kekuatan 5 watt untuk mengukur emisi etilen buah secara *real time*, Thin Layer Chromatography dan Camag TLC Scanner 3 "dummy" S/N 081124 (1.14.16) untuk analisis poliamin (putresin), kromatografi gas untuk mengukur emisi ethana, almari pendingin

(refrigerator) suhu 10°C, wadah perendaman buah dengan pengatur tekanan, spektrofotometer, unit respirator, Humbold Universal Penetrometer H-1250 untuk mengukur tekstur buah, dan peralatan lainnya untuk analisis fisik dan kimia.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan ini *sampling* (penarikan sampel) dilakukan secara acak dan percobaan dilakukan dengan metode faktorial dengan 2 faktor yaitu perendaman terdiri dari 2 level dan lama penyimpanan terdiri dari 10 level dalam 10 hari. Hasil analisis dilakukan uji interaksi. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dilakukan Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) pada jenjang nyata 5 % (Gomez and Gomez, 1984).

Pelaksanaan penelitian

Buah pisang mas dipanen langsung dari kebun pada tingkat kematangan buah 85%. Setiap tandan diambil 3 sisir yakni sisir nomor 2 sampai sisir nomor 4. Perlakuan buah pisang mas sebagai berikut : Buah pisang mas direndam dalam larutan putresin (put) dan tanpa larutan putresin (kontrol). Buah direndam dalam larutan putresin konsentrasi 1,5 mM yang mengandung 0,2 % tween 20 pada tekanan 1 atmosfer + 200 mmHg selama 8 menit. Penambahan tween 20 untuk memperbaiki penyerapan putresin ke dalam kulit buah. Perendaman buah sebanyak 600 g per liter larutan putresin yang kemudian dilakukan penirisan dengan cara meletakkan buah pisang pada kertas crepe. Selanjutnya dilakukan penyimpanan buah pada suhu dingin (10°C) selama 10 hari dan dilakukan pengamatan setiap hari pada suhu kamar setelah 1 jam buah dikeluarkan dari ruang penyimpanan suhu dingin. Pengamatan meliputi laju respirasi, kadar pektin, metoksil pektin, aktivitas enzim pektinesterase (PE), indeks *chilling injury* (nekrosis dan *pitting*) dan tekstur, sedangkan pengukuran emisi etilen dilakukan setiap hari secara *on line* menggunakan spektrometer foto akustik (SFA) selama penyimpanan dingin (suhu 10°C). Untuk pengamatan kadar pektin, metoksil pektin, aktivitas pektinesterase, dan indeks

chilling injury dilakukan pada bagian kulit dari buah pisang mas.

Cara Analisis

Laju emisi etilen dan respirasi. Pengukuran laju emisi etilen menggunakan metode Spektrometer Fotoakustik (Harren and Reuss, 1977 *cit.* Kumeri, dkk., 1988), sedangkan pengukuran laju respirasi menggunakan metode Spektrofotometer (Umar-Santoso dan Murdijati-Gardjito, 1991); **Kadar pektin dan metoksil pektin.** Pengukuran kadar pektin menggunakan metode menurut Egan *dkk.* (1981) dengan modifikasi, sedangkan pengukuran kandungan metoksil pektin menggunakan metode McCready (1970) dengan modifikasi. Pengukuran kadar pektin dan metoksil pektin dilakukan pada bagian kulit buah pisang mas; **Aktivitas Pektinesterase (PE).** Pengukuran aktivitas pektinesterase menggunakan metode Miller *dkk.*, 1987). Pengukuran aktivitas pektinesterase dilakukan pada bagian kulit dari buah pisang mas; **Tekstur.** Pengukuran tekstur buah menggunakan Humbold Universal Penetrometer H-1250 (Noridge and Illinois, 1999). Pengukuran tekstur buah dilakukan pada 12 titik yang berbeda bagian ujung, tengah dan pangkal buah. Hasil pengukuran kemudian dirata-rata. Nilai tekstur dalam satuan mm.

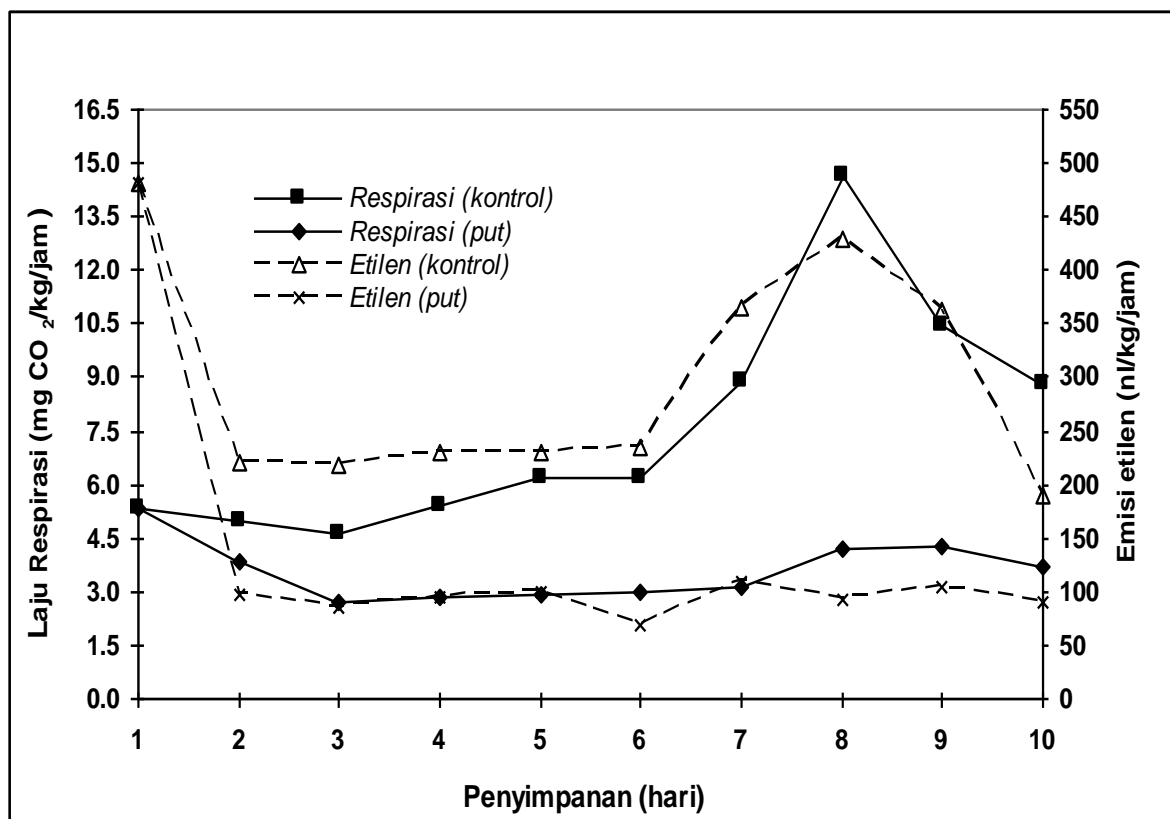
Pengukuran indeks *chilling injury* (nekrosis dan *pitting*) menurut (Abu-Kpawoh, *dkk.*, 2002 dengan modifikasi). Terjadinya *nekrosis dan pitting* dengan mengamati adanya bercak-bercak dan bintik-bintik warna coklat-kehitaman pada kulit buah pisang yang telah disimpan pada suhu dingin pada tiga bagian buah (ujung, tengah dan pangkal), kemudian diukur persentase adanya bercak-bercak dan bintik-bintik coklat-kehitaman karena nekrosis dan *pitting*. Besarnya nekrosis dan *pitting* dinyatakan dalam persen, dengan menjumlah persentase nekrosis dan *pitting* bagian ujung, tengah, dan pangkal) kemudian dikonversi ke dalam skor sebagai berikut : Skor 0 = tanpa gejala nekrosis & *pitting*; skor 1 = nekrosis & *pitting* lebih kecil dari 25 % (symptom sedikit); skor 2 = nekrosis & *pitting*

25-50% (*symptom sedang*); skor 3 = nekrosis & *pitting* lebih besar dari 50% (*symptom berat*). Skor yang diperoleh dinyatakan sebagai indeks *chilling injury*.

Laju Respirasi dan Emisi Etilen

Laju respirasi dan emisi etilen buah pisang mas yang diberi perlakuan perendaman dalam larutan putresin 1 mM dan penyimpanan selama 10 hari pada suhu 10°C disajikan pada Gambar 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Laju respirasi (mg CO₂/kg/jam) dan emisi etilen (nl/kg/jam) buah pisang mas dengan perlakuan perendaman dalam larutan putresin 1,5 mM dan penyimpanan selama 10 hari pada suhu 10°C

Gambar 1 menunjukkan bahwa buah pisang mas dengan perlakuan perendaman dalam larutan putresin 1,5 mM dan penyimpanan selama 10 hari pada suhu 10°C menghasilkan laju respirasi dan emisi etilen yang lebih rendah dibandingkan kontrol. Pada kontrol laju respirasi dan emisi etilen selama 10 hari menunjukkan pola yang sama yaitu mulai hari ke 2 sampai hari ke 6 relatif stabil, tapi mulai hari ke 7 laju respirasi dan emisi etilen mulai mengalami peningkatan yang tajam dan mencapai puncaknya pada hari ke 8. Ini

menunjukkan bahwa pada hari ke 7 ada tanda-tanda meningkatnya proses fisiologis dalam jaringan buah, tetapi belum jelas proses yang mana, ada kemungkinan salah satu yang dapat terjadi adalah *chilling injury*. Dugaan ini dikemukakan baik oleh Lyons (1973) maupun Wiechman, 1987) yang mengatakan bahwa ada kaitan antara *chilling injury* dengan aktivitas ACC (*1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid*) sintase sebagai prekursor etilen, dalam hal ini ACC sintase terpacu oleh *chilling injury*. ACC

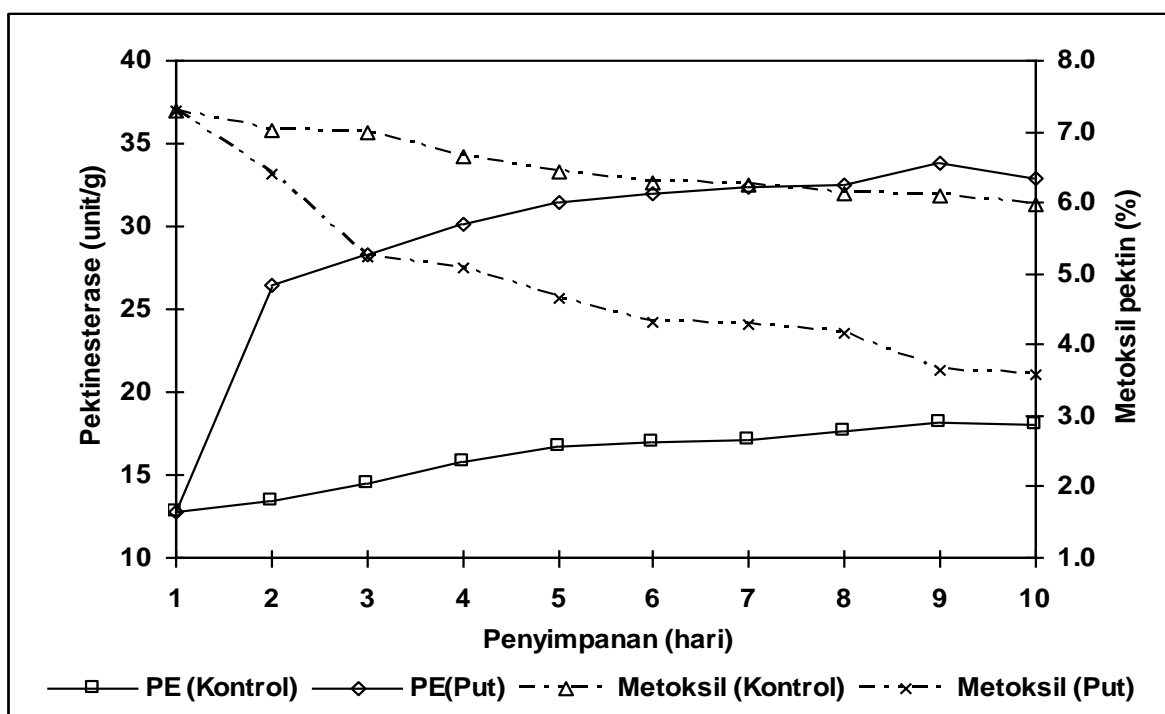
sintase adalah prekursor etilen yang mengubah SAM (S-Adenosylmethionine) menjadi ACC dan MTA (Methylthioadenosine) memainkan peran kunci dalam mengatur produksi etilen (Weichman, 1987). *Chilling injury* juga dapat meningkatkan energi aktivasi enzim-enzim yang terikat membran, akibatnya dapat terjadi peningkatan laju respirasi karena respirasi bertujuan untuk menghasilkan energi (Lyons, 1973; Tranggono, 1989).

Perendaman buah pisang dalam larutan putresin 1,5 mM mampu menghambat laju respirasi dan emisi etilen selama 10 hari penyimpanan pada suhu 10°C. Besarnya penghambatan masing-masing sebagai berikut: laju respirasi sebesar 45,39% dan emisi etilen sebesar 56,42 % dibandingkan kontrol. Hal ini karena putresin merupakan senyawa poliamin mampu berikatan kuat

dengan senyawa pektin pada lamela tengah yakni antara gugus amin dari poliamin dengan gugus karboksil dari pektin membentuk senyawa kompleks pektin-poliamin akibatnya lamela tengah menjadi lebih kuat dan lebih tahan terhadap suhu dingin (Shen *et al.*, 2000; Valero *et al.*, 2002), sehingga proses respirasi dan etilen yang berlangsung dalam mitokondria dapat terhambat

Aktivitas Pektinesterase (PE) dan Kandungan Metoksil Pektin

Aktivitas enzim pektinesterase dan kandungan metoksil pektin pada kulit buah pisang mas yang diberi perlakuan perendaman dalam larutan putresin 1,5 mM dan penyimpanan selama 10 hari pada suhu 10°C disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Aktivitas pektinesterase (PE) dan kandungan metoksil pektin pada kulit buah pisang mas yang diberi perlakuan perendaman dalam larutan putresin 1,5 mM dan penyimpanan selama 10 hari pada suhu 10°C.

Pada Gambar 2 ditunjukkan bahwa kulit buah pisang mas dengan perlakuan perendaman dalam larutan putresin 1,5 mM menghasilkan aktivitas pektinesterase semakin

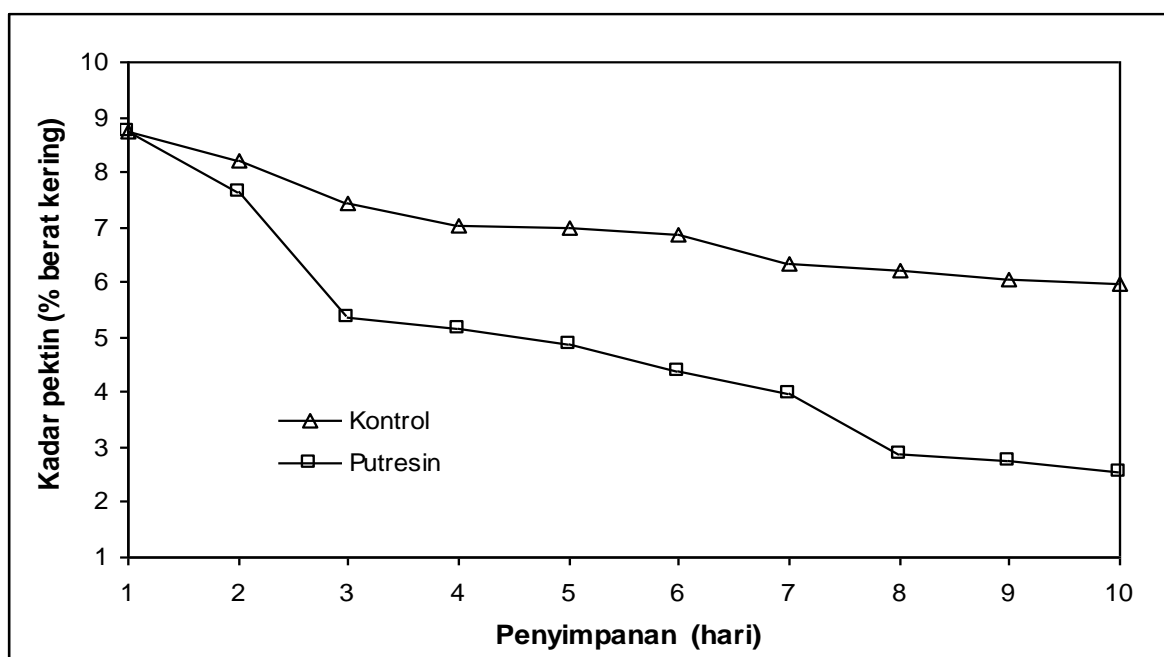
meningkat dan lebih besar dibandingkan kontrol, sedangkan kandungan metoksil pektin semakin menurun dan lebih kecil dibandingkan kontrol selama 10 hari penyimpanan pada

suhu 10°C. Aktivitas pektinesterase pada hari ke 2 meningkat dengan cepat (kemungkinan karena affinitas pektinesterase saat-saat awal besar) dan selanjutnya hari ke 3 sampai hari ke 10 cenderung meningkat meskipun tidak setajam hari ke 2. Kandungan metoksil pektin pada hari ke 2 sampai hari ke 3 menurun tajam dan selanjutnya cenderung menurun tidak setajam hari ke 3. Hal ini disebabkan karena putresin yang merupakan senyawa poliamin dapat menstimulir aktivitas pektinesterase hampir sama dengan kation anorganik seperti Ca, pektinesterase adalah enzim yang memecah gugus metoksil dari

pektin (Leiting dan Wicker, 1997). Peningkatan aktivitas pektinesterase menyebabkan "demetilasi" pektin semakin besar akibatnya kandungan metoksil dari pektin semakin kecil.

Kadar Pektin

Kadar pektin pada kulit buah pisang mas yang diberi perlakuan perendaman dalam larutan putresin 1,5 mM dan penyimpanan selama 10 hari pada suhu 10°C disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kadar pektin pada kulit buah pisang mas yang diberi perlakuan perendaman dalam larutan putresin 1,5 mM dan penyimpanan selama 10 hari pada suhu 10°C

Gambar 3 menunjukkan bahwa kadar pektin pada kulit buah pisang mas yang mengalami perlakuan perendaman dalam larutan putresin 1,5 mM dan penyimpanan selama 10 hari pada suhu 10°C menghasilkan kadar pektin yang lebih rendah dibandingkan kontrol dan semakin menurun selama penyimpanan. Rendahnya kadar pektin ini kemungkinan berhubungan dengan aktivitas pektinesterase yang meningkat akibat stimulasi dari poliamin (putresin) (Leiting dan Wicker, 1997). Peningkatan aktivitas pektinesterase dapat menyebabkan "demetilasi" (pemecahan gugus

metil) pada senyawa pektin sehingga tersedia lebih banyak gugus karboksil yang dapat berikatan dengan gugus amin dari poliamin, baik poliamin endogen maupun poliamin eksogen membentuk senyawa kompleks (pektin-poliamin) yang bersifat tidak larut, sehingga semakin banyak senyawa kompleks (pektin-poliamin) yang terbentuk menyebabkan kadar pektin semakin kecil.

Indeks "Chilling Injury" (nekrosis dan pitting)

Indeks *chilling injury* (nekrosis dan *pitting*) kulit buah pisang mas yang diberi perlakuan perendaman dalam larutan putresin

1,5 mM dan penyimpanan selama 10 hari pada suhu 10°C disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Indeks *chilling injury* (nekrosis dan *pitting*) kulit buah pisang mas yang diberi perlakuan perendaman dalam larutan putresin 1,5 mM dan penyimpanan selama 10 hari pada suhu 10°C

Perlakuan	Indeks <i>chilling injury</i> (nekrosis dan <i>pitting</i>) kulit buah pisang mas									
	Penyimpanan (hari)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kontrol	0	0	0	0	0	1	2	3	3	3
Putresin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Keterangan :

Skor 0 = tanpa symptom nekrosis/*pitting*; Skor 1 = nekrosis/*pitting* lebih kecil dari 25 % (*symptom sedikit*); Skor 2 = symptom nekrosis/*pitting* 25 - 50 % (*symptom sedang*); Skor 3 = *pitting* lebih besar dari 50 % (*symptom berat*).

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa pada kontrol mulai hari ke 6 terjadi *chilling injury* dengan symptom sedikit (skor 1), kemudian meningkat pada hari ke 7 dengan skor 2 (symptom sedang) dan mulai ke 8 meningkat ke skor 3 (symptom berat) sampai hari ke 9 dan 10. Sedangkan buah pisang mas yang mengalami perlakuan perendaman putresin selama 10 hari penyimpanan pada suhu 10°C belum menunjukkan terjadinya symptom *chilling injury* (nekrosis dan *pitting*). Hal ini membuktikan bahwa putresin mampu menghambat terjadinya nekrosis dan *pitting* selama penyimpanan suhu dingin.

Nekrosis dan *pitting* adalah terjadinya bercak-bercak dan bintik-bintik coklat-kehitaman pada kulit buah pisang merupakan salah satu symptom terjadinya *chilling injury*. Hal ini sesuai yang disebutkan oleh Wills dkk. (1981) dan Lyons (1973) bahwa *chilling injury* adalah peristiwa terjadinya kerusakan/kematian sel-sel dan jaringan yang peka karena terakumulasinya metabolit toksis seperti asetaldehid, etanol, oksalasetat, dan lain-lain, akibatnya terjadi perlukaan (*injury*) dan perubahan warna pada permukaan buah seperti nekrosis dan *pitting* (bercak-bercak dan bintik-bintik coklat-hitam) serta berkembangnya *off flavor* (flavor yang

tidak dikehendaki), tumbuhnya jamur pada permukaan buah dan terjadi pembusukan.

Tekstur (kekerasan)

Hasil pengukuran tekstur (kekerasan) buah pisang mas yang diberi perlakuan perendaman dalam larutan putresin 1,5 mM dan penyimpanan selama 10 hari pada suhu 10°C disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa tekstur buah pisang Mas pada kontrol menghasilkan angka tekstur yang besar (tekstur lebih lunak) dibandingkan dengan buah yang diberi perlakuan perendaman dalam larutan putresin. Hal ini membuktikan bahwa putresin mampu menekan terjadinya pelunakan tekstur buah pisang mas selama penyimpanan.

Putresin dapat menghambat terjadinya pelunakan tekstur buah karena gugus amin dari putresin dapat berikatan dengan karboksil dari pektin pada lamela tengah membentuk senyawa kompleks (pektin-poliamin) yang tidak larut akibatnya lamela tengah semakin stabil sehingga tekstur buah pisang tetap kokoh dan tahan dari pengaruh luar termasuk suhu dingin (Shen dkk., 2000). Pembentukan senyawa kompleks (pektin-poliamin) juga terjadi akibat peningkatan aktivitas pektinesterase selama penyimpanan, enzim tersebut melakukan "demetilasi" (pemecahan

gugus metoksil) dari pektin sehingga tersedia banyak gugus karboksil pektin, selanjutnya gugus karboksil ini berikatan dengan gugus amin dari poliamin (putresin) membentuk senyawa kompleks (pektin-poliamin) yang

bersifat tidak larut yang menyebabkan tekstur buah semakin kokoh (Shen *dkk.*, 2000; Valero *dkk.*, 2002).

Tabel 2. Tekstur (mm) buah pisang mas yang diberi perlakuan perendaman dalam larutan putresin 1,5 mM dan penyimpanan selama 10 hari pada suhu 10°C

Perlakuan	Tekstur buah pisang mas (mm)									
	Penyimpanan (hari)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kontrol	1,61	1,98	2,08	2,17	2,31	2,40	2,66	2,71	2,95	3,12
Putresin	1,61	1,65	1,85	1,90	1,91	1,96	2,05	2,08	2,12	2,16

Keterangan : Semakin besar nilai/angka tekstur menunjukkan tekstur buah pisang mas semakin lunak

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa perendaman buah pisang mas dalam larutan putresin konsentrasi 1 mM dan penyimpanan buah pisang selama 10 hari pada suhu 10°C mampu menghambat laju respirasi sebesar 45,39 %, emisi etilen sebesar 56,42 % dan pelunakan tekstur buah pisang mas, serta meningkatkan aktivitas enzim pektinesterase dan menurunkan kadar pektin, metoksil pektin, indeks *chilling injury* (nekrosis dan *pitting*) pada kulit buah pisang mas.

Ucapan terimakasih

Pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional RI, yang telah memberikan dana penelitian ini melalui Pelaksanaan Hibah Bersaing, Nomor : 166/SP2H/PP/DP2M/III/2008, tanggal 6 Maret 2008.

Daftar Pustaka

Abu-Kpawoh, J.C., Y.F. Xi, Y.Z. Zhang, and Y.F. Jin, 2002. Polyamine Accumulation Following Hot-Water Dips Influences

Chilling Injury and Decay in "Friar" Plum Fruit. *Journal of Food Science*, Vol. 67 (7) : p. 2649-2653.

Banyuro-partha, I.B., Suparmo, M.A.J. Wasono, M. Ulfah, 2006. Deteksi Dini "Chilling Injury" pada Buah Pisang Mas (*Musa paradisiacal* L) Berdasarkan Pola Emisi Etilen Yang Diukur Menggunakan Spektrometer Fotoakustik. Prosiding PATPI. Seminar Nasional PATPI, Yogyakarta 2-3 Agustus 2006.

Banyuro-partha, I.B., Suparmo, Murdijati-Gardjito, M.A.J. Wasono, 2008. Efektivitas Jenis Poliamin Terhadap Penghambatan *Chilling Injury* Pada Beberapa Tingkat Kematangan dan Kemasakan Buah Pisang Mas (*Musa paradisiaca*, L.). *AGRITECH*. Vol. 28 (1) halaman 22-27..

Harren, F.J.M, J. Reuss, 1997. Photoacoustic Spectroscopy. In: *Encyclopedia of Applied Physics*, G.L. Trigg (ed.), VCH Wennheim, Vol. 19, pp. 413-435.

Kader, A.A., 1992. *Postharvest Biology and Technology : An Overview*. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, USA. p. : 15 – 20.

- Kuo, S., K.L. Parkin, 1989. Chilling injury in cucumbers (*Cucumis sativa* L.) associated with Lipid Peroxidation as measured by ethane evolution, *Journal of Food Science*, 54 (6): 1488-1499.
- Leiting, V.A. and L. Wicker, 1997. Inorganic Cations and Polyamines Moderate Pectinesterase Activity. *J. of Food Science*, Vol. 62 (2) : p. 253-255, 275.
- Lyons, J.M. 1973. Chilling Injury in Plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* Vol. 24, p: 445-466.
- Martinez-Romero, D. Valero, M. Serrano, F. Burlo, A. Carbonell, L. Burgos, and E. Riquelme, 2000. Exogenous Polyamines and Gibberellic Acid Effect on Peach (*Prunus persica*, L.) Storability Improvement. *Journal of Food Science*, Vol. 65 (2) : p. 288-294.
- Martinez-Romero, M. Serrano, A. Carbonell, L. Burgos, F. Riquelme, and D. Valero, 2002. Effect of Postharvest Putrecine Treatment on Extending Shelf Life and Reducing Mechanical Damage in Apricot. *Journal of Food Science*, Vol. 67 (5) : p. 1706-1711.
- McFeeters, R.F, H.P. Fleming and R.L. Thompson, 1985. Pectin esterase activity, pectin methylation and texture changes during storage of blanched cucumber slices. *J. Food Sci.* Vo. 50 : p. 201-205.
- McCready, R.M., 1970. Pectins. In: *Methods in food analysis*. M.A. Yosslyn (ed). 2nd edition. Academic Press, New York.
- Miller, A.R., J.P. Dalmanso, and D.W. Kretchman, 1987. Mechanical Stress, Storage Time, and temperature influence cell wall degrading enzymes, firmness, and ethylene production by cucumber. *J. Food Sci.* Vol. 54, p. 366-370.
- Rhodes, D., 2005. Polyamines, nonprotein amino acids and alkaloids. HORT640-Metabolic Plant Physiology. Department of Horticulture & Landscape Architecture. Purdue University, West Lafayette, IN 47907-2010.
- Serrano, M., M. C. Martinez-Madrid, F. Riquelme, F. Romojero, 1995. Endogenous Polyamines and abscisic acid in pepper fruits during growth and ripening. *Physiologia Plantarum*, 95: 73-76.
- Shen, W., K. Nada, and S. Tachibana, 2000. Involvement of Polyamines in the chilling Tolerance of Cucumber Cultivars. *Plant Physiol.*, 124 : p 431 – 440.
- Skog, L.J., 1998. Chilling Injury of Horticultural Crops. Horticultural Research Institute of Ontario/University of Guelph.
- Suparmo, 2002. Kadar Etilen Eksogen Pemicu Pematangan Buah Pisang Serta Perubahan Sifat Fisik Buah. Proc. Seminar Nasional Persatuan Ahli Teknologi Pangan Indonesia. Malang. A-111 – A117
- Valero, D., 1998. Influence of Postharvest Treatment with Putrecine and Calcium on Endogenous Polyamines, Firmness, and Abscisic Acid in Lemon (*Citrus lemon*, L. Burm Cv. Verna).. *J. Agric. Food Chem.* Vol. : 46 : p. 2102-2109.
- Wills, R.B.H., T.H. Lee, D. Graham, W.B. McGlasson and E.G. Hall, 1981. *Postharvest an Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables*. The AVI Publishing Company Inc. Westport, Conn.