

EFEKTIVITAS POLIAMIN TERHADAP PENGHAMBATAN *CHILLING INJURY* PADA BEBERAPA TINGKAT KEMATANGAN DAN KEMASAKAN BUAH PISANG MAS (*Musa paradisiaca*, L.)

The Effectiveness of Polyamines on Chilling Injury Inhibition at Various Levels of Maturities and Ripeness of Banana cv. Mas (Musa paradisiaca L.)

Ida Bagus Banyuro Partha¹, Suparmo², Murdijati Gar djito², Moh. Ali Joko Wasono³

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang efektivitas poliamin terhadap penghambatan kerusakan suhu dingin (*chilling injury*) pada buah pisang Mas (*Musa paradisiaca*, L.), dengan tujuan untuk mengetahui efektivitas poliamin (*putresin*, *spermidin*, *spermin*) terhadap penghambatan *chilling injury* pada beberapa tingkat kematangan dan kemasakan buah pisang Mas. Penelitian ini menggunakan buah pisang Mas tingkat kematangan 85 %, masak penuh, lewat masak dan perendaman dalam larutan poliamin yaitu *putresin* (*put*), *spermidin* (*spd*), *spermin* (*spm*) dengan konsentrasi 1,5 mM selama 8 menit. Buah pisang disimpan selama 10 hari pada suhu 10 °C dan dilakukan pengamatan emisi etilen setiap hari secara real time menggunakan spektrometer fotoakustik, sedangkan laju respirasi, indeks *chilling injury* (*nekrosis* dan *pitting*) dan tekstur dilakukan setiap 2 hari pada suhu kamar setelah buah pisang dikeluarkan dari ruang pendingin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perendaman buah dalam larutan poliamin (*putresin*, *spermidin*, *spermin*) mampu menghambat laju respirasi, emisi etilen, indeks *chilling injury* (*nekrosis* dan *pitting*), dan pelunakan tekstur buah pisang Mas. Jenis poliamin yang paling efektif untuk menghambat *chilling injury* pada buah pisang Mas untuk semua tingkat kematangan dan kemasakan buah adalah senyawa *putresin* (*put*), kemudian berikutnya *spermidin* (*spd*), *spermin* (*spm*). Senyawa *putresin* sangat efektif menghambat *chilling injury* buah pisang Mas pada tingkat kematangan 85 %.

Kata kunci: Pisang Mas, suhu rendah, *chilling injury*, poliamin

ABSTRACT

A study on the effectiveness of polyamines on *chilling injury* inhibition of banana (*Musa paradisiaca*, L.) cv. Mas was conducted. It was aimed to identify the effectiveness of polyamines (*putrescine*, *spermidine*, *spermine*) on *chilling injury* at various levels of maturities and ripeness of banana cv. Mas. The present study exploited banana cv. Mas at 85 % of maturity, full ripe, over ripe, and soaking condition in polyamine solutions, i.e. *putrescine* (*put*), *spermidine* (*spd*), *spermine* (*spm*). The fruits were stored at 10 °C for 10 days and daily real time observations for emitted ethylene were conducted using photo-acoustic spectrometer, while respiration rate, reducing sugar content, textures, *chilling injury* index (*necrosis* and *pitting*) were observed every two days at room temperature after the fruits were keep out from cold storage. Result indicated that soaking in polyamines (*putrescine*, *spermidine*, *spermine*) was able to inhibit emitted ethylene, respiration rate, *chilling injury* index (*necrosis* and *pitting*) and textures softness of banana fruits. The most effective polyamines to inhibit *chilling injury* in banana cv. Mas fruits at any maturities and ripeness level was *putrescine* compound. *Putrescine* was highly effective to inhibit the *chilling injury* of banana cv. Mas fruits at 85 % maturity.

Keywords: Banana cv. Mas, refrigerated temperature, *chilling injury*, polyamine

¹ Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Stiper, Maguwoharjo, Yogyakarta

² Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Sosio Yustisia, Yogyakarta 55281

³ Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara, Yogyakarta 55281

PENDAHULUAN

Pisang Mas (*Musa paradisiaca*, L.) merupakan salah satu jenis buah tropis andalan Indonesia yang berpotensi ekspor, cepat menghasilkan dan tersedia sepanjang musim, citarasa sangat disukai oleh berbagai lapisan masyarakat, dan sangat bagus sebagai sumber vitamin C dan pro vitamin A. Ketersediaan buah pisang Mas belum merata di berbagai wilayah sehingga perlu dilakukan distribusi yang biasanya menggunakan suhu dingin.

Buah pisang termasuk kelompok buah klimakterik, yaitu buah yang proses pematangan dan pemasakan berlangsung cepat. Selama pematangan (*maturatation*) dan pemasakan (*ripening*) akan terjadi kenaikan laju respirasi dan kadar etilen, sehingga dapat mempercepat kerusakan atau pembusukan buah (Wills dkk., 1981; Kader, 1992). Salah satu cara untuk memperpanjang umur simpan buah pisang adalah menekan laju respirasi dan proses metabolisme lainnya yang dilakukan dengan penyimpanan suhu dingin, namun buah pisang termasuk buah tropis yang sangat sensitif terhadap kerusakan/cacat suhu dingin atau *chilling injury* sehingga diperlukan perlakuan untuk menghambat proses *chilling injury* tersebut.

Chilling injury adalah peristiwa terjadinya kerusakan pada membran sel atau kematian sel dan jaringan tanaman yang peka terhadap suhu dingin karena terakumulasinya metabolit toksik seperti asetaldehid, etanol, oksalasetat, dan lain-lain. Suhu terjadinya *chilling injury* pada buah-buahan tropis bervariasi 5 - 15 °C (Kader, 1992). Berbagai symptom *chilling injury* adalah terjadinya luka pada permukaan buah, nekrosis dan *pitting* (bercak-bercak dan bintik-bintik coklat-hitam pada kulit buah), perubahan warna yang tidak normal pada permukaan dan bagian dalam buah, *water soaking*, kehilangan air dan berkerut, kerusakan tekstur dan flavor, pembusukan meningkat karena kebocoran metabolit yang mendorong pertumbuhan mikroorganisme khususnya jamur, mempercepat senescensi dan produksi etilen akibat dari peroksidasi lipid meningkat, memperpendek umur simpan, buah mengalami kegagalan pematangan dan pemasakan setelah keluar dari pendingin (Lyons, 1973; Skog, 1988; Tranggono, 1989; Kuo dan Parkin, 1989).

Terjadinya *chilling injury* pada penyimpanan buah tidak dikehendaki karena dapat menurunkan mutu buah dan penerimaan konsumen. Berbagai perlakuan telah dilakukan untuk mencegah *chilling injury*. Perlakuan yang dimaksud antara lain: pelapisan lilin pada buah pisang (Lyons, 1973), penyimpanan hipobarik, pelapisan dengan antioksidan pada buah apel (Kuo dan Parkin, 1989), atmosfer terkendali dan atmosfer termodifikasi (Pantastico, 1989; Skog, 1998), dan pemanfaatan asam giberelat (*gibberellic acid*). Akan tetapi perlakuan yang telah diaplikasikan mempunyai beberapa kelemahan, antara lain; secara teknis tidak praktis dan

hasilnya kurang efektif. Untuk itu, perlu dicari alternatif lain yang dapat mengatasi kelemahan tadi. Salah satu teknologi yang digunakan adalah penggunaan senyawa poliamin. Akhir-akhir ini penggunaan poliamin untuk menghambat *chilling injury* umumnya dilakukan pada buah-buahan non tropis.

Poliamin merupakan senyawa rantai karbon yang mengandung gugus amin lebih dari satu, senyawa asam amino non protein (Rhodes, 2005). Poliamin dilaporkan mampu menunda senescensi, pelunakan tekstur dan menghambat *chilling injury*, mampu berikatan dengan dinding sel, pektin pada lamela tengah dan membran lipida (Leiting dan Wicker, 1987; Valero dkk., 2002). Poliamin bermuatan positif mampu berikatan dengan beberapa molekul bermuatan negatif seperti protein, membran fosfolipida, pektin dan memiliki sifat-sifat hampir sama dengan kalsium dalam kemampuan menunda senescensi dan pelunakan tekstur pada buah apel, strawberry, dan lemon (Valero dkk., 1998; Martinez-Romero, 2002; Abu-Kpawoh dkk., 2002) serta menghambat 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 dan membran sel, sangat sesuai untuk pencegahan kerusakan di tingkat seluler. Kelompok poliamin terdiri dari beberapa senyawa antara lain putresin (2 gugus amin), spermidin (3 gugus amin), dan spermin (4 gugus amin). Poliamin terbentuk secara alami dalam sel tanaman dan memiliki efek reguler yang berhubungan dengan pembelahan sel dan pertumbuhan. Selain itu kandungan poliamin sangat tergantung pada jenis dan tingkat kematangan/kemasakan buah (Valero dkk., 1998).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas poliamin (putresin, spermidin, spermin) terhadap penghambatan kerusakan suhu dingin (*chilling injury*) pada beberapa tingkat kematangan dan kemasakan buah pisang Mas.

METODE PENELITIAN

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/kemasakan buah, yaitu kematangan buah 85 %, buah masak penuh dan lewat masak. Bahan-bahan lain meliputi : senyawa standar putresin (Put), spermidin (Spd), spermin (Spm), asam perklorat (HClO₄), senyawa 1,6 heksandiamin, benzoil klorida, Tween 20, me-

thanol, dietilether, kloroform, trietilamin, gas nitrogen, helium, karbondioksida, bromo thymol blue (BTB), dan bahan-bahan untuk analisis kimia lainnya.

Peralatan yang digunakan adalah Thin Layer Chromatography dan Camag TLC Scanner 3 "dummy" S/N 081124 (1.14.16) untuk analisis poliamin, 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*, almari pendingin 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.

Pelaksanaan Penelitian

Buah pisang Mas dipanen langsung dari kebun, kemudian disortasi berdasarkan tingkat kematangan dan kemasakan buah, yaitu: kematangan buah 85 %, buah masak penuh, dan buah lewat masak. Buah sesuai tingkat kematangan dan kemasakan kemudian direndam dalam berbagai jenis larutan poliamin yakni putresin (put), spermidin (spd), spermin (spm) dan kontrol. Buah direndam dalam larutan poliamin konsentrasi 1,5 mM yang mengandung 0,2 % tween 20 pada tekanan 1 atmosfer + 200 mmHg selama 8 menit. Perendaman buah sebanyak 600 g per liter larutan poliamin. Penambahan tween 20 untuk memperbaiki penyerapan larutan poliamin ke dalam kulit buah. Setelah perendaman dilakukan penirisan buah pada kertas crepe. Selanjutnya buah dimasukkan ke dalam almari pendingin untuk dilakukan penyimpanan pada suhu 10 °C selama 10 hari dan dilakukan pengamatan meliputi: laju emisi etilen, laju respirasi, tekstur, dan indeks *chilling injury* (nekrosis dan *pitting*). Pengamatan dilakukan setiap 2 hari pada suhu kamar (± 27 °C), kecuali pengamatan laju emisi etilen dilakukan setiap hari secara *real time* menggunakan spektrometer foto akustik (SFA) pada penyimpanan dingin (suhu 10 °C).

Analisis Laju Emisi Etilen dan Respirasi

Pengukuran laju emisi etilen menggunakan metode spektrometer fotoakustik (Kumeri dkk., 1988), sedangkan pengukuran laju respirasi menggunakan metode spektrofotometer (Santoso dan Gardjito, 1991).

Pengukuran Tekstur

Pengukuran tekstur buah menggunakan Humbold Universal Penetrometer H-1250 (Noridge dan Illinois, 1999).

Pengukuran tekstur buah dilakukan pada 12 titik yang berbeda bagian ujung, tengah dan pangkal buah. Hasil pengukuran kemudian dirata-rata. Nilai tekstur dinyatakan dalam satuan mm.

Pengukuran Indeks *Chilling Injury*

Pengukuran indeks *chilling injury* (nekrosis dan *pitting*) menurut metode 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 dan *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*.

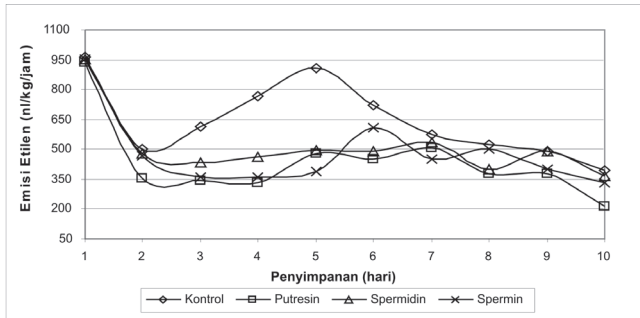
Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Petak Terbagi (RPT). Sebagai petak utuh adalah tingkat kematangan dan kemasakan buah pisang Mas (K), terdiri dari 3 taraf : K₁ = Kematangan buah 85 %; K₂ = Buah masak penuh (*full ripe*); K₃=Buah lewat masak (*over ripe*) dan sebagai petak bagian adalah jenis senyawa poliamin (P), terdiri dari 4 taraf: P₀ =Tanpa perendaman poliamin (Kontrol); P₁= Perendaman dalam larutan putresin (Put); P₂=Perendaman dalam larutan spermidin (Spd); P₃= Perendaman dalam larutan spermin (Spm). Hasil pengamatan dilakukan analisis keragaman (ANAKA) pada jenjang nyata 5 %. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dilakukan Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) pada jenjang nyata 5 % (Gomez and Gomez, 1984).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Emisi Etilen

Laju emisi etilen buah pisang Mas pada berbagai perlakuan jenis poliamin pada tingkat kematangan buah 85 %, masak penuh (*full ripe*) dan lewat masak (*over ripe*) selama 10 hari penyimpanan pada suhu 10°C berturut-turut disajikan pada Gambar 1, 2 dan 3.

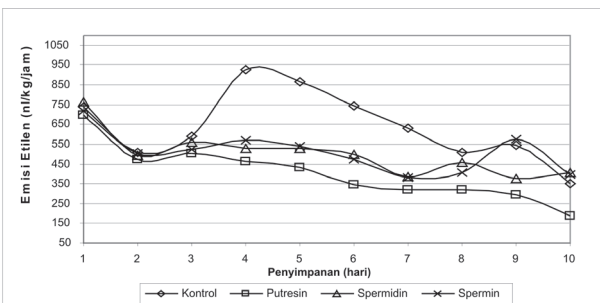


Gambar 1. Emisi etilen (nl/kg/jam) buah pisang Mas pada tingkat kematangan 85 % dengan perlakuan jenis poliamin selama 10 hari penyimpanan pada suhu 10 °C

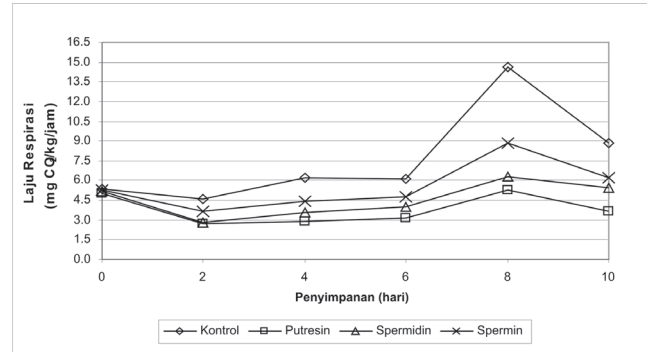
Gambar 1 menunjukkan bahwa kontrol menghasilkan laju emisi etilen yang relatif besar pada buah tingkat kematangan 85 %, sedangkan perlakuan perendaman dalam larutan poliamin (putresin, spermidin, spermin) mampu menghambat laju emisi etilen buah pisang Mas. Hal ini disebabkan karena senyawa poliamin dapat berikatan dengan dinding sel dan membran sel sehingga sel menjadi lebih stabil dan tahan dari pengaruh eksternal termasuk suhu dingin (Leiting dan Wicker, 1987).

Pada kontrol, mulai hari ke 1 sampai penyimpanan hari ke 6 menghasilkan etilen yang relatif rendah dan stabil tetapi mulai hari ke 7, emisi etilen mengalami peningkatan yang tajam dan mencapai puncaknya pada hari ke 8. Peningkatan etilen yang tajam kemungkinan karena buah sudah mengalami *chilling injury* akibat adanya tekanan/stress suhu dingin (Lyons, 1973; Tranggono, 1989; Suparmo, 1998). Terjadinya *chilling injury* dapat memacu aktivitas enzim ACC (*1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid*) sintase dalam mensintesis etilen (Weichman, 1987).

Sebagaimana buah pisang Mas tingkat kematangan 85 % (Gambar 1), buah pisang Mas masak penuh (Gambar 2) dan lewat masak (Gambar 3), emisi etilen terbesar juga dihasilkan buah kontrol dibandingkan buah yang diberikan perlakuan poliamin untuk semua tingkat kematangan dan kemasakan buah pisang Mas.



Gambar 2. Emisi etilen (nl/kg/jam) buah pisang Mas pada buah masak penuh (*full ripe*) dengan perlakuan jenis poliamin selama 10 hari penyimpanan



Gambar 3. Emisi etilen (nl/kg/jam) buah pisang Mas pada buah lewat masak (*over ripe*) dengan perlakuan jenis poliamin selama 10 hari penyimpanan pada suhu 10 °C.

Perlakuan perendaman dalam larutan poliamin (putresin, spermidin, spermin) dapat menghambat emisi etilen pada buah pisang Mas. Besarnya penghambatan masing-masing adalah sebagai berikut: (1) tingkat kematangan buah 85 % (penghambatan oleh putresin 56,42 %, spermidin 51,71 %, spermin 51,68 %); (2) buah masak penuh (penghambatan oleh putresin 32,7 %, spermidin 23,6 %, spermin 19,1 %); (3) Buah lewat masak (penghambatan oleh putresin 36 %, spermidin 18,5 %, spermin 17 %). Hal ini karena senyawa poliamin dapat 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 dinding sel menjadi lebih kuat dan tahan dari pengaruh luar, termasuk suhu dingin sehingga kerusakan akibat suhu dingin (*chilling injury*) dapat dicegah (Shen dkk., 2000; Valero dkk., 2002).

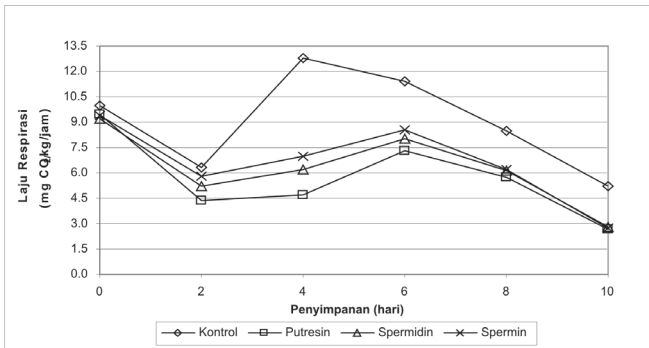
Penghambatan paling besar dihasilkan pada perlakuan dengan perendaman dalam larutan senyawa putresin (Put). Hal ini karena putresin adalah salah satu senyawa poliamin yang memiliki gugus amin paling rendah (2 gugus amin) sehingga lebih mudah berikatan dengan senyawa penyusun lamela tengah (pektin) dan penyusun membran sel (fosfolipida) membentuk senyawa kompleks yang ikatannya lebih kuat, dibandingkan dengan senyawa spermidin (Spd) dan spermin (Spm) yang memiliki gugus amin lebih banyak yakni masing-masing memiliki 3 dan 4 buah gugus amin (Rhodes, 2005).

Laju Respirasi

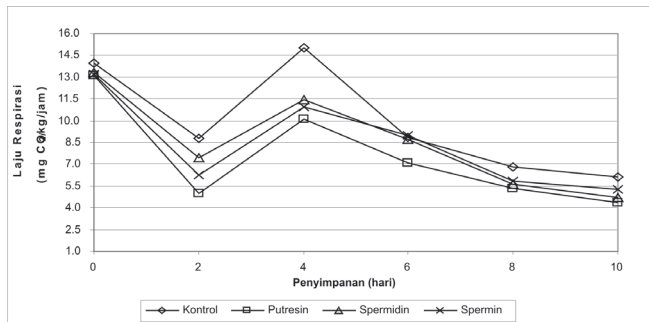
Laju respirasi buah pisang Mas pada berbagai perlakuan jenis poliamin pada tingkat kematangan buah 85 %, buah masak penuh (*full ripe*) dan buah lewat masak (*over ripe*) selama 10 hari penyimpanan pada suhu 10 °C, berturut-turut disajikan pada Gambar 4, Gambar 5 dan 6.

Gambar 4 memperlihatkan bahwa pada kontrol mulai hari pertama penyimpanan sampai hari ke 6 menghasilkan

laju respirasi yang relatif rendah dan stabil tetapi pada hari ke 7 laju respirasi mengalami peningkatan yang tajam dan puncaknya pada hari ke 8. Peningkatan laju respirasi yang tajam kemungkinan disebabkan karena buah pisang Mas sudah mengalami *chilling injury* akibat adanya tekanan/stress suhu dingin (Lyons, 1973; Tranggono, 1989; Suparmo, 1998). Terjadinya peningkatan laju respirasi yang tajam juga diikuti oleh peningkatan laju emisi etilen tajam (Gambar 1 – 3).



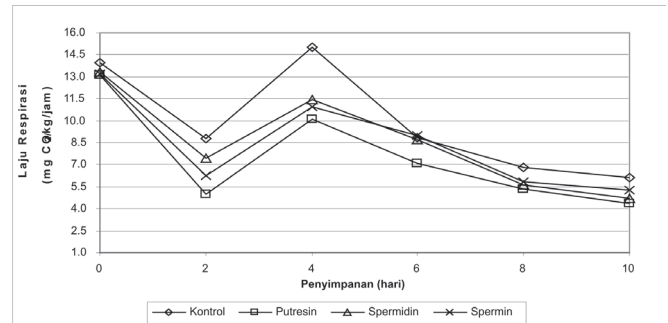
Gambar 4. Laju respirasi (mgCO₂/kg/jam) buah pisang Mas pada tingkat kematangan 85 % dengan perlakuan jenis poliamin selama 10 hari penyimpanan



Gambar 5. Laju respirasi (mg CO₂/kg/jam) buah pisang Mas pada buah masak penuh (*full ripe*) dengan perlakuan jenis poliamin selama 10 hari penyimpanan

Pada buah pisang Mas tingkat kematangan 85 % (Gambar 4), buah pisang Mas masak penuh (Gambar 5) dan buah pisang Mas lewat masak (Gambar 6) menunjukkan bahwa pada kontrol menghasilkan laju respirasi terbesar dibandingkan perlakuan perendaman poliamin untuk semua tingkat kematangan dan kemasakan buah., sedangkan perlakuan poliamin (putresin, spermidin, spermin) dapat menghambat laju respirasi. Penghambatan masing-masing adalah sebagai berikut: (1) tingkat kematangan buah 85 % (penghambatan oleh putresin 45,39 %, spermidin 35,95 %, spermin 23,66 %); (2) buah masak penuh (penghambatan oleh putresin 36,06 %, spermidin 30,19 %, spermin 26,48 %); (3) Buah lewat masak (penghambatan oleh putresin 25,17 %, spermidin 14,58 %, spermin 14,15 %). Hal ini disebabkan karena senyawa po-

liamin dapat berikatan kuat dengan pektin pada lamela tengah dan membran sel sehingga sel menjadi lebih stabil dan tahan dari pengaruh eksternal seperti oksigen, suhu dingin (Leiting and Wicker, 1987).



Gambar 6. Laju respirasi (mg CO₂/kg/jam) buah pisang Mas pada buah lewat masak (*overripe*) dengan perlakuan jenis poliamin selama 10 hari penyimpanan

Indeks *Chilling Injury* (Nekrosis dan *Pitting*)

Hasil analisis indeks "chilling injury" (nekrosis dan *pitting*) buah pisang Mas pada berbagai perlakuan jenis poliamin dan tingkat kematangan/kemasakan buah selama 10 hari penyimpanan pada suhu 10 °C disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Indeks "chilling injury" buah pisang Mas pada berbagai perlakuan jenis poliamin dan tingkat kematangan/kemasakan buah selama 10 hari penyimpanan

Kombinasi Perlakuan	Lama penyimpanan (hari)					
	0	2	4	6	8	10
K ₁ P ₀	0	0	0	1	2	3
K ₁ P ₁	0	0	0	0	0	1
K ₁ P ₂	0	0	0	0	1	1
K ₁ P ₃	0	0	0	1	1	1
K ₂ P ₀	0	0	2	2	3	3
K ₂ P ₁	0	0	0	1	1	2
K ₂ P ₂	0	0	0	1	2	2
K ₂ P ₃	0	0	0	2	2	3
K ₃ P ₀	0	2	3	3	3	3
K ₃ P ₁	0	1	1	2	2	3
K ₃ P ₂	0	1	2	2	2	3
K ₃ P ₃	0	1	1	2	3	3

Keterangan : K₁=kematangan buah 85%; K₂=Masak penuh (*full ripe*); K₃=Lewat masak (*over ripe*); P₀= Tanpapoliamin; P₁=Putresin (Put); P₂=Spermidin (Spd); P₃= Spermin (Spm) 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 =nekrosis & *pitting* lebih besar dari 50 % (*symptom berat*).

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa indeks *chilling injury* (CI) buah pisang Mas pada kontrol (tanpa perendaman dalam larutan poliamin) menghasilkan angka indeks CI yang besar (*symptom* berat) dibandingkan buah yang diberi perlakuan perendaman dalam larutan poliamin untuk semua tingkat kematangan dan kemasakan buah. Hal ini membuktikan bahwa poliamin mampu menghambat terjadinya nekrosis dan *pitting* selama penyimpanan. Penghambatan paling besar pada perlakuan putresin kemudian berikutnya spermidin dan spermin. Nekrosis dan *pitting* adalah terjadinya bercak-bercak dan bintik-bintik coklat-kehitaman pada kulit buah pisang, merupakan salah satu *symptom* terjadinya *chilling injury*.

Sesuai pendapat Wills dkk. (1981) dan Lyons (1973) yang menyebutkan bahwa peristiwa *chilling injury* disebabkan terjadinya kerusakan/kematian sel-sel dan jaringan yang peka karena terakumulasinya metabolit toksis seperti asetaldehid, etanol, oksalasetat, dan lain-lain, akibatnya terjadi perlukaan (*injury*), nekrosis dan *pitting* (bercak-bercak dan bintik-bintik coklat-hitam), perubahan warna pada permukaan dan bagian dalam dari buah, buah mengalami kegagalan pemasakan, berkembangnya *off flavor* (flavor yang tidak dikehendaki), tumbuhnya jamur pada permukaan dan terjadinya pembusukan.

Tekstur

Hasil pengukuran tekstur (kekerasan) buah pisang Mas pada berbagai perlakuan jenis poliamin dan tingkat kematangan/kemasakan buah selama 10 hari penyimpanan pada suhu 10 °C disajikan pada Tabel 2. Tabel tersebut menunjukkan bahwa tekstur buah pisang Mas pada kontrol menghasilkan angka tekstur yang besar (tekstur lebih lunak) dibandingkan buah yang diberi perlakuan perendaman dalam larutan poliamin untuk semua tingkat kematangan/kemasakan buah pisang Mas. Hal ini membuktikan bahwa senyawa poliamin mampu menekan terjadinya pelunakan tekstur buah selama penyimpanan.

Perlakuan poliamin (putresin, spermidin, spermin) dapat menghambat pelunakan tekstur buah dan penghambatan paling besar dihasilkan pada perlakuan senyawa putresin (Put). Hal ini karena senyawa poliamin dapat 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 dinding sel menjadi lebih kokoh dan tahan dari pengaruh luar termasuk suhu dingin sehingga kerusakan akibat suhu dingin (*chilling injury*) dapat dicegah (Shen dkk., 2000; Valero dkk., 2002).

Tabel 2. Tekstur (mm) buah pisang Mas pada berbagai perlakuan jenis poliamin dan tingkat kematangan/kemasakan buah selama 10 hari penyimpanan

Kombinasi Perlakuan	Lama penyimpanan (hari)					
	0	2	4	6	8	10
K ₁ P ₀	1,63	1,86	2,17	2,37	2,71	3,12
K ₁ P ₁	1,61	1,78	1,90	1,96	2,08	2,16
K ₁ P ₂	1,69	1,89	1,98	2,09	2,16	2,29
K ₁ P ₃	1,60	1,97	2,22	2,31	2,37	2,53
K ₂ P ₀	3,82	3,98	4,18	4,38	4,52	4,67
K ₂ P ₁	3,28	3,62	3,69	3,84	3,91	3,99
K ₂ P ₂	3,51	3,74	3,86	3,99	4,07	4,16
K ₂ P ₃	3,63	3,82	3,93	4,06	4,21	4,30
K ₃ P ₀	11,42	11,78	12,13	12,42	12,79	13,02
K ₃ P ₁	10,08	10,37	10,63	10,91	11,15	11,25
K ₃ P ₂	10,23	10,57	10,61	10,82	11,08	12,66
K ₃ P ₃	10,49	10,53	11,15	11,29	11,35	12,92

Keterangan : K₁=kematangan buah 85%; K₂=Masak penuh (*full ripe*); K₃=Lewat masak (*over ripe*); P₀= Tanpa poliamin; P₁=Putresin (Put); P₂=Spermidin (Spd); P₃= Spermin (Spm). Angka tekstur semakin besar menunjukkan tekstur semakin lunak.

Poliamin juga menstimulir aktivitas enzim PME (pektin metil esterase) (Leiting and Wicker, 1997) akibatnya terjadi "demetilasi" (pemecahan gugus metil) pada senyawa pektin sehingga tersedia lebih banyak gugus karboksil yang dapat berikatan dengan gugus amin dari senyawa poliamin, baik poliamin endogen maupun poliamin eksogen. Poliamin bermuatan positif dan memiliki sifat-sifat hampir sama dengan kalsium dalam kemampuan menunda pelunakan tekstur dan senesensi serta menghambat *chilling injury* (Valero dkk., 2002).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perendaman buah dalam larutan poliamin (putresin, spermidin, spermin) mampu menghambat laju respirasi, emisi etilen, indeks *chilling injury* (nekrosis dan *pitting*), penurunan kadar gula reduksi dan pelunakan tekstur buah pisang Mas untuk semua tingkat kematangan dan kemasakan buah.
2. Jenis poliamin yang paling efektif untuk menghambat *chilling injury* pada buah pisang Mas untuk semua tingkat kematangan dan kemasakan buah adalah senyawa putresin, kemudian berikutnya spermidin dan spermin.
3. Senyawa putresin paling efektif menghambat *chilling injury* buah pisang Mas pada tingkat kematangan 85 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia, yang telah memberikan dana penelitian melalui Program Penelitian Hibah Bersaing Nomor : 145/SP2H/PP/DP2M/III/2007, tanggal 29 Maret 2007.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu-Kpawoh, J.C., Xi, Y.F., Zhang Y.Z. dan Jin, Y.F (2002). Polyamine accumulation following hot-water dips influences chilling injury and decay in 'friar' plum fruit. *Journal of Food Science* **67**: 2649-2653.
- Banyuro-Partha, I.B., Suparmo, Wasono, M.A.J. dan Ulfah, M. (2006). Deteksi dini "chilling injury" pada buah pisang Mas (*Musa paradisiaca* L) berdasarkan pola emisi etilen yang diukur menggunakan spektrometer fotoakustik. *Prosiding Seminar Nasional PATPI*, 2-3 Agustus 2006, Yogyakarta
- Kader, A.A. (1992). *Postharvest Biology and Technology: An Overview*. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, USA: 15 – 20.
- Kuo, S. dan Parkin, K.L. (1989). Chilling injury in cucumbers (*Cucumis sativa* L.) associated with lipid peroxidation as measured by ethane evolution. *Journal of Food Science* **54**: 1488-1499.
- Leiting, V.A. dan Wicker, L. (1997). Inorganic cations and polyamines moderate pectinesterase activity. *Journal of Food Science* **62**: 253-255, 275.
- Lyons, J.M. (1973). Chilling injury in plants. *Annual Review of Plant Physiology* **24**: 445-466.
- Martinez-Romero, Valero, D., Serrano, M., Burlo, F., Carbonell, A., Burgos, L. dan Riquelme, E.(2000). Exogenous polyamines and gibberellic acid effect on peach (*Prunus persica*, L.) storability improvement. *Journal of Food Science* **65**: 288-294.
- Martinez-Romero, Serrano, M., Carbonell, A., Burgos, L., Riquelme, F. dan Valero, D. (2002). Effect of postharvest putrecine treatment on extending shelf life and reducing mechanical damage in Apricot. *Journal of Food Science* **67**: 1706-1711.
- Rhodes, D. (2005). *Polyamines, nonprotein amino acids and alkaloids*. HORT640-Metabolic Plant Physiology. Department of Horticulture & Landscape Architecture. Purdue University, West Lafayette.
- Serrano, M., Martinez-Madrid, M.C., Riquelme, F. dan Romero, F. (1995). Endogenous polyamines and abscisic acid in pepper fruits during growth and ripening. *Physiologia Plantarum* **95**: 73-76.
- Shen, W., Nada, K. dan Tachibana, S. (2000). Involvement of Polyamines in the chilling Tolerance of Cucumber Cultivars. *Plant Physiology* **124**: 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. *Prosiding 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). *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **46**: 2102-2109.
- Wills, R.B.H., Lee, T.H., Graham, D., McGlasson, W.B. dan Hall, E.G. (1981). *Postharvest an Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables*. The AVI Publishing Company Inc., Westport.