

Infiltrasi Poliamina Menghambat Pemasakan Buah Pisang Cavendish

Polyamine Infiltration Inhibited Ripening of Cavendish Banana Fruits

BAMBANG SAPTA PURWOKO*, PUTUT UTORO, MUKHTASAR‡,
SRI SETYATI HARJADI, SLAMET SUSANTO

Jurusan Budi Daya Pertanian, Faperta, Institut Pertanian Bogor, Kampus Darmaga, Bogor 16680

Diterima 19 September 2001/Disetujui 2 November 2001

The experiments were conducted to determine the effect of various kinds and concentrations of polyamines on the ripening process of banana fruits. Cavendish bananas at $\frac{3}{4}$ fully mature were pressure infiltrated (0.3 kg/cm^2 for 3 minutes) with putrescine, spermidine, and spermine. Result of the experiment showed that polyamines inhibited peel color development, fruit softening, and the increase of sugar content. Among the polyamines, spermine was the most effective. The higher concentration of the polyamines the more effective in inhibiting fruit ripening. Further investigation revealed that spermine at 1 mM inhibited the respiration rate as well as ethylene production.

PENDAHULUAN

Tanaman pisang termasuk salah satu komoditas buah-buahan terpenting di dunia ditinjau dari jumlah produksi. Di Indonesia, pisang menduduki urutan pertama ekspor buah-buahan. Salah satu kendala dalam penanganan pasca panen ialah sifat buah yang mudah rusak sehingga tidak dapat menjangkau daerah pemasaran yang jauh. Kehilangan hasil buah-buahan dan sayuran diperkirakan berkisar antara 25-80% (Wills *et al.* 1989).

Buah pisang termasuk buah klimakterik. Proses pemasakannya diiringi laju respirasi dan laju produksi etilena yang relatif tinggi (Kader 1992). Berbagai perubahan fisik dan kimia mengikuti proses pemasakannya di antaranya pelunakan buah, peningkatan kandungan gula, perubahan warna kulit buah, dan peningkatan laju respirasi dan laju produksi etilena. Seperti halnya buah-buahan klimakterik lainnya, proses pemasakan tidak dapat dihentikan, tetapi dapat diperlambat sehingga daya simpan buah dapat diperpanjang. Salah satu cara yang akhir-akhir ini dilaporkan dapat memperlambat proses pemasakan ialah pemakaian poliamina.

Poliamina adalah zat pengatur tumbuh yang secara alami ditemukan pada sel tanaman (Galston & Kaur-Sawhney 1995, Kumar *et al.* 1997, Walden *et al.* 1997). Poliamina yang umum ditemukan pada tanaman ialah putresina, spermidina, dan spermina. Selain peranannya dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman, poliamina dikenal sebagai zat antisenesen yang dapat digunakan untuk menghambat proses pemasakan buah, mempertahankan kekerasan buah tomat

(Davies *et al.* 1990), buah apel (Kramer *et al.* 1991), dan strawberi (Ponappa *et al.* 1993) serta memperpanjang daya simpannya. Purwoko (1995) melaporkan bahwa perendaman buah pisang ambon dalam larutan poliamina kurang efektif dalam menghambat pemasakan buah.

Dominguez dan Vendrell (1993) menjelaskan bahwa faktor penentu dimulainya produksi etilena pada pisang cavendish terjadi karena meningkatnya aktivitas 1-amino-siklo-propana-1-asam karboksilat (ACC) oksidase pada daging buah pisang dan tersedianya ACC dari s-adenosil-metionin (SAM) yang dikatalisis oleh ACC sintase. Apelbaum (1990) menyatakan bahwa poliamina berperan dalam menghambat aktivitas ACC sintase dan ACC oksidase, enzim yang berperan dalam biosintesis etilena sehingga sintesisnya terhambat. Selain itu, dalam biosintesisnya poliamina berkompetisi dalam mendapatkan SAM yang juga diperlukan dalam biosintesis etilena (Galston & Kaur-Sawhney 1995, Kumar *et al.* 1997, Walden *et al.* 1997).

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penggunaan beberapa jenis poliamina, yaitu putresina, spermidina, dan spermina dengan infiltrasi tekanan terhadap penghambatan proses pemasakan dan daya simpan buah pisang Cavendish.

BAHAN DAN METODE

Bahan. Buah pisang Cavendish dengan kriteria kematangan $\frac{3}{4}$ penuh diperoleh dari *Nusantara Tropical Fruit*, Lampung. Buah dipanen dan diangkut pada suhu ambien. Poliamina yang dipakai terdiri atas putresina, spermidina, dan spermina.

Metode. Ada 10 perlakuan yang dicobakan: kontrol, putresina 0.1 mM, putresina 1.0 mM, putresina 10.0 mM, spermidina 0.01 mM, spermidina 0.1 mM, spermidina 1.0 mM,

‡ Alamat kini: Jurusan Budi Daya Pertanian, Faperta, Universitas Bengkulu, Kandang Limun, Bengkulu, 38371

* Penulis untuk korespondensi, Tel. +62-251-629353, Fax. +62-251-629353, E-mail: pspt@indo.net.id

spermina 0.01 mM, spermina 0.1 mM, dan spermina 1.0 mM. Pada percobaan yang terpisah, pengukuran respirasi dan produksi etilena dilakukan pada pisang yang telah diperlakukan dengan spermina 1 mM dan buah yang tidak diberi perlakuan (kontrol).

Percobaan ini disusun menggunakan rancangan acak lengkap dengan tiga ulangan. Setiap satuan percobaan terdiri atas dua buah pisang yang masih bersatu kecuali pada pengukuran produksi etilena sebanyak tiga buah pisang yang masih bersatu. Hasil pengamatan diuji dengan uji F, jika berbeda nyata diuji dengan Uji Jarak Berganda Duncan. Sebanyak 300 buah pisang digunakan dalam pengamatan perubahan kualitas. Pada pengamatan respirasi dan produksi etilena digunakan berturut-turut sebanyak 12 dan 18 buah pisang. Untuk pendugaan daya simpan, persamaan regresi dibuat berdasarkan warna kulit buah (sumbu Y) dan hari pengamatan (sumbu X). Skala warna 6 digunakan sebagai batas daya simpan.

Infiltrasi Poliamina. Pisang yang digunakan diusahakan seseragam mungkin dengan cara membuang pisang yang terletak paling luar dari setiap sisir. Aplikasi poliamina dilakukan dengan infiltrasi tekanan. Buah pisang yang telah dibersihkan dimasukkan ke autoklaf yang dimodifikasi dan berisi larutan poliamina. Udara dari kompresor dialirkan ke dalam autoklaf melalui selang karet sehingga tekanan mencapai 0.3 kg/cm². Pemberian tekanan dilakukan selama tiga menit. Setelah perlakuan poliamina, pangkal pisang dicelupkan ke dalam larutan Benlate 1 000 ppm. Buah dikemas dalam kantong plastik polietilena berlubang delapan dengan diameter 3 mm. Buah disimpan pada suhu ruang (25-30°C).

Pengamatan. Pengamatan dilakukan terhadap warna, kelunakan, susut bobot, kadar gula, dan asam tertitrisasi. Pengamatan terhadap warna, kelunakan, dan susut bobot dilakukan pada 0, 5, 10, 15, dan 18 hari setelah perlakuan (HSP). Pengamatan kadar gula dan asam tertitrisasi dilakukan pada 5, 10, dan 15 HSP. Pengamatan terhadap warna kulit buah dan susut bobot dilakukan pada buah yang sama, sedangkan pengamatan lainnya dilakukan secara destruktif. Pengamatan terhadap respirasi dan produksi etilena dilakukan terhadap pisang yang sama setiap hari.

Kelunakan buah yang masih utuh diukur dengan penetrometer. Warna buah diamati dengan skor 1-8 yang menunjukkan gradasi warna kulit buah (von Losecke 1950), yaitu 1: hijau tua, 2: hijau terang, 3: hijau kekuningan, 4: kuning kehijauan, 5: kuning dengan ujung masih hijau, 6: kuning penuh (masak konsumsi), 7: kuning dengan sedikit bercak cokelat, 8: kuning dengan bercak cokelat meluas. Kadar gula dan asam tertitrisasi diukur dengan metode Sudarmadji *et al.* (1984). Bobot buah ditimbang pada awal percobaan dan interval pengamatan tertentu, susut bobot dihitung dalam persen terhadap bobot awal. Respirasi diukur dengan kosmotektor tipe XP-314 menurut metode Eliyasmi (1993). Etilena diukur dengan cara menginkubasikan buah dalam bejana tertutup selama 5-6 jam menurut metode Mukhtasar (1997). Sampel gas diambil dan diinjeksikan ke dalam gas kromatograf dengan *flame ionization detector*.

HASIL

Perubahan Peubah Kualitas. Skor warna kulit buah mengalami peningkatan selama penyimpanan dari warna kulit buah hijau menjadi kuning berbercak cokelat. Pengaruh poliamina terlihat nyata pada 18 HSP (Tabel 1). Perlakuan spermidina dan spermina pada konsentrasi 1.0 mM lebih efektif menghambat perubahan warna kulit buah dibandingkan putresina dan kontrol.

Tabel 1. Pengaruh poliamina terhadap perubahan warna kulit buah pisang.

Perlakuan	Skor warna kulit*				
	0 HSP	5 HSP	10 HSP	15 HSP	18 HSP
Kontrol	1.0a	3.0a	3.6a	5.3a	7.3ab
Putresina 0.1 mM	1.7a	2.3a	4.0a	5.7a	7.7a
Putresina 1.0 mM	1.3a	2.0a	3.3a	5.0a	7.3ab
Putresina 10 mM	1.3a	2.0a	2.7a	5.3a	6.7abcd
Spermidina 0.01 mM	1.7a	2.7a	3.3a	5.7a	7.7a
Spermidina 0.1 mM	1.3a	2.3a	2.7a	4.3a	7.0abc
Spermidina 1.0 mM	1.0a	2.0a	2.3a	3.7a	5.7d
Spermina 0.01 mM	1.3a	2.3a	2.7a	4.0a	6.3bcd
Spermina 0.1 mM	1.0a	2.0a	3.0a	4.7a	6.3bcd
Spermina 1.0 mM	1.3a	2.0a	2.7a	4.0a	6.0cd

HSP: hari setelah perlakuan, angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan 5%.

*Skor warna kulit: 1. hijau tua, 2. hijau terang, 3. hijau kekuningan, 4. kuning kehijauan, 5. kuning dengan ujung masih hijau, 6. kuning penuh (masak konsumsi), 7. kuning dengan sedikit bercak cokelat, 8. kuning dengan bercak cokelat meluas.

Peningkatan nilai penetrasi selama penyimpanan menunjukkan bahwa pisang semakin lunak. Aplikasi spermidina 1.0 mM, spermina 0.1 mM, dan spermina 1.0 mM efektif menghambat pelunakan pada 15 dan 18 HSP. Pada konsentrasi 1.0 mM, spermidina dan spermina lebih efektif menghambat pelunakan dibandingkan dengan putresina (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh poliamina terhadap perubahan kelunakan buah pisang.

Perlakuan	0 HSP	5 HSP	10 HSP	15 HSP	18 HSP
	(mm/147.5 g/5 detik)				
Kontrol	1.6a	1.9a	2.2a	9.3ab	10.0ab
Putresina 0.1 mM	1.6a	1.9a	1.9a	10.9a	11.4a
Putresina 1.0 mM	1.7a	1.5a	2.1a	9.1ab	9.4ab
Putresina 10 mM	1.7a	1.7a	2.1a	4.1c	7.7abc
Spermidina 0.01 mM	1.6a	2.0a	2.0a	7.8b	10.3ab
Spermidina 0.1 mM	1.5a	1.8a	2.0a	3.1c	8.8ab
Spermidina 1.0 mM	1.6a	1.8a	1.9a	2.0c	4.1c
Spermina 0.01 mM	1.6a	1.9a	2.0a	3.1c	6.7bc
Spermina 0.1 mM	1.6a	1.9a	2.0a	2.6c	4.8c
Spermina 1.0 mM	1.6a	1.8a	2.0a	2.1c	3.9c

HSP: hari setelah perlakuan, angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan 5%.

Persentase susut bobot meningkat selama penyimpanan. Perlakuan poliamina tidak memberikan pengaruh nyata pada 5, 10, 15, dan 18 HSP (Tabel 3). Nilai persentase susut bobot pada 18 HSP relatif kecil, yaitu berkisar antara 3.6 sampai 4.9 persen. Susut bobot pada percobaan ini relatif rendah karena pisang dikemas dengan kantong plastik.

Kadar gula pisang pada 0 HSP ialah 0.6 persen. Pada periode selanjutnya kadar gula semakin meningkat dengan makin lama waktu penyimpanan (Tabel 4). Aplikasi poliamina

Tabel 3. Pengaruh poliamina terhadap susut bobot buah pisang.

Perlakuan	5 HSP	10 HSP	18 HSP	
			5 HSP	18 HSP
Persen				
Kontrol	0.3a	1.8a	3.0a	4.5a
Putresina 0.1 mM	0.3a	2.0a	3.6a	4.2a
Putresina 1.0 mM	0.4a	1.9a	3.3a	4.9a
Putresina 10 mM	0.5a	1.8a	2.9a	3.8a
Spermidina 0.01 mM	0.3a	1.9a	3.1a	4.6a
Spermidina 0.1 mM	0.2a	1.8a	2.7a	3.6a
Spermidina 1.0 mM	0.4a	2.0a	2.9a	4.4a
Spermina 0.01 mM	0.3a	1.7a	2.9a	3.9a
Spermina 0.1 mM	0.5a	2.1a	3.5a	4.3a
Spermina 1.0 mM	0.4a	1.8a	3.0a	3.8a

HSP: hari setelah perlakuan, angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan 5%.

Tabel 4. Pengaruh poliamina terhadap kandungan gula dan asam buah pisang.

Perlakuan	Gula (%)			Total asam (%)		
	5 HSP	10 HSP	15 HSP	5 HSP	10 HSP	15 HSP
	Persen			Persen		
Kontrol	1.6a	2.8a	20.9a	0.28a	0.32a	0.40a
Putresina 0.1 mM	1.5a	2.4a	19.5ab	0.26a	0.32a	0.56a
Putresina 1.0 mM	1.7a	2.1a	18.5ab	0.27a	0.31a	0.40a
Putresina 10 mM	1.7a	1.7a	15.9bc	0.29a	0.30a	0.34a
Spermidina 0.01 mM	1.8a	2.5a	17.2abc	0.28a	0.33a	0.35a
Spermidina 0.1 mM	1.7a	2.4a	12.9c	0.27a	0.34a	0.33a
Spermidina 1.0 mM	1.8a	2.4a	8.3d	0.28a	0.31a	0.34a
Spermina 0.01 mM	1.7a	2.3a	7.7d	0.28a	0.32a	0.35a
Spermina 0.1 mM	1.6a	2.0a	2.5e	0.28a	0.30a	0.31a
Spermina 1.0 mM	1.7a	2.3a	2.9e	0.28a	0.30a	0.31a

HSP: hari setelah perlakuan; angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan 5%.

hanya memberikan pengaruh nyata pada 15 HSP. Perlakuan putresina 10.0 mM, spermidina 0.1 mM, spermidina 1.0 mM dan semua konsentrasi spermina menghambat kenaikan kadar gula. Urutan kemampuan poliamina dalam penghambatan kenaikan kadar gula berturut-turut dari yang paling kuat ialah spermina, spermidina, dan putresina. Peningkatan konsentrasi spermidina dan spermina semakin menghambat peningkatan kadar gula.

Total asam tertrifikasi yang dinyatakan dalam persen asam malat ialah 0.3 persen pada 0 HSP. Nilai tersebut mengalami sedikit peningkatan selama 15 hari penyimpanan, namun semua perlakuan poliamina tidak menunjukkan perbedaan nyata.

Laju Respirasi dan Produksi Etilena. Kontrol buah pisang menunjukkan peningkatan laju respirasi dari sekitar 10.0 mg CO₂/kg/jam (praklimakterik) menjadi 48.6 mg CO₂/kg/jam (puncak klimakterik), kemudian turun menjadi sekitar 30.0 mg CO₂/kg/jam. Pemberian spermina 1.0 mM efektif dalam menekan puncak klimakterik (34.5 mg CO₂/kg/jam) dan menunda terjadinya puncak klimakterik sehari setelah kontrol (Gambar 1).

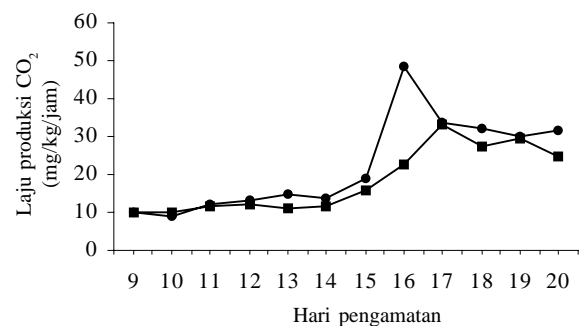
Buah tanpa perlakuan (kontrol) dan yang diperlakukan dengan spermina mencapai puncak produksi etilena berturut-turut pada level 4.65 ul/kg/jam dan 2.63 ul/kg/jam (Gambar 2). Puncak produksi etilena pada buah kontrol terjadi pada hari ke-14 atau sehari sebelum puncak produksi etilena pada buah yang diperlakukan dengan spermina.

PEMBAHASAN

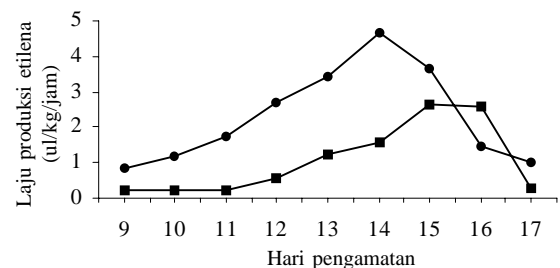
Perubahan Fisika-Kimia dan Fisiologi. Perlakuan poliamina dapat menghambat perkembangan warna kulit buah pisang meskipun perkembangan warna tetap terjadi. Peningkatan skor warna menunjukkan adanya degradasi klorofil selama proses pemasakan yang diikuti dengan munculnya warna kuning dari pigmen karotenoid dan xantofil (Simmonds 1966). Mattoo *et al.* (1993) menyatakan kegiatan klorofilase maksimum pada buah pisang dan apel terjadi pada saat klimakterik sehingga klorofilase dianggap bertanggung jawab atas terjadinya perombakan klorofil. Lambatnya perkembangan warna kulit buah menandakan terhambatnya proses senesen. Tertekannya produksi etilena (Gambar 2) berperan dalam penghambatan senesen tersebut.

Apelbaum (1990) menjelaskan bahwa kemampuan poliamina menghambat sintesis etilena bergantung pada jumlah ion positif yang dikandung. Jadi kemampuan penghambatan perubahan warna pada perlakuan spermidina dan spermina lebih besar dibandingkan dengan putresina (Tabel 1) karena lebih banyak ion positif yang dimiliki oleh kedua senyawa tersebut.

Ponappa *et al.* (1993) menunjukkan bahwa buah yang mendapat perlakuan spermidina dan spermina memiliki tingkat kelunakan buah yang sama dengan buah yang mendapatkan perlakuan infiltrasi CaCl₂. Hal ini disebabkan poliamina dan CaCl₂ memiliki kemampuan yang sama dalam menstabilkan dinding sel. Putresina paling tidak efektif dalam mempertahankan kekerasan buah dibandingkan jenis poliamina lain. Pengaruh penghambatan pelunakan oleh poliamina semakin besar dengan semakin meningkatnya konsentrasi.



Gambar 1. Laju respirasi buah pisang kontrol dan yang diperlakukan dengan spermina. 1 Kontrol, 2 Spermina 1.0 mM.



Gambar 2. Laju produksi etilena buah pisang kontrol dan yang diperlakukan dengan spermina. 1 Kontrol, 2 Spermina 1.0 mM.

Aplikasi poliamina menghambat pelunakan buah dengan cara membentuk ikatan ion dengan pektin di lamela tengah dinding sel (Ponappa *et al.* 1993). Kramer *et al.* (1991) menyatakan poliamina mempertahankan kekerasan buah dengan membuat dinding sel kurang sesuai untuk bekerjanya enzim pelunak dinding sel. Pendapat ini didasarkan pada adanya penghambatan aktivitas poligalakturonase oleh poliamina dengan cara membentuk ikatan ion dengan dinding sel (Kramer *et al.* 1989).

Susut bobot selama penyimpanan terutama disebabkan transpirasi dan respirasi. Dalam percobaan ini buah dibungkus dalam plastik sehingga kelembapan udara relatif di sekitar buah tinggi dan laju transpirasi rendah. Menurut Burdon *et al.* (1994) pisang yang disimpan pada kelembapan udara relatif lebih dari 95 persen selama 15 hari mengalami susut bobot kurang dari dua persen. Susut bobot lebih dari 14 persen terjadi pada pisang yang disimpan pada kelembapan udara rendah 30 sampai 40 persen.

Peacock (1972) menyatakan bahwa konsentrasi etilena endogen dapat meningkat sampai mampu menginduksi respirasi klimakterik. Pendapat ini diperkuat oleh Dominguez dan Vendrell (1993), pada pisang Cavendish produksi etilena meningkat dan mencapai puncaknya sehari sebelum puncak klimakterik sedangkan perkembangan ACC oksidase mirip dengan produksi etilena. Pada penelitian ini puncak produksi etilena pada buah kontrol dan buah yang diperlakukan dengan spermina terjadi dua hari sebelum puncak respirasi (Gambar 1 dan 2). Apelbaum (1990) melaporkan spermina dan jenis poliamina lain mampu menghambat biosintesis etilena dengan cara menghambat aktivitas ACC oksidase dan pembentukan ACC pada buah avokad yang termasuk buah klimakterik. Poliamina mungkin membentuk ikatan ion dengan membran sasaran sehingga menghalangi fungsi ACC oksidase. Selain itu, Apelbaum (1990) juga menjelaskan penghambatan lebih besar terjadi pada awal klimakterik. Oleh karena itu, penghambatan sintesis etilena akan menghambat laju respirasi.

Terdapat korelasi positif antara kadar gula dan skor warna. Hal ini berarti semakin tinggi kadar gula semakin tinggi pula skor warna (warna buah pisang semakin kuning). Dominguez dan Vendrell (1993) menunjukkan bahwa peningkatan kadar gula dan degradasi klorofil diinduksi oleh peningkatan kepekaan jaringan buah pisang terhadap etilena. Terdapat korelasi yang positif antara kadar gula dan tingkat kelunakan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar gula, buah semakin lunak. Peningkatan kadar gula dalam penelitian ini

disebabkan oleh hidrolisis pati yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan gula untuk proses respirasi. Pantastico (1993) menyatakan sebagian besar perbedaan tekstur disebabkan oleh perbedaan kandungan zat pati, kalsium pektinat, dan pektinat total.

Pendugaan Daya Simpan Pisang. Daya simpan yaitu periode waktu mulai buah pisang diberi perlakuan sampai batas akhir buah pisang disukai konsumen berdasarkan warna. Peubah warna memiliki korelasi positif dengan kadar gula, sedangkan kadar gula berkorelasi positif dengan kelunakan buah sebagaimana dibahas sebelumnya. Dengan demikian perubahan warna secara visual tampak terjadi bersamaan dengan perubahan kelunakan dan kadar gula.

Pendugaan daya simpan berdasarkan peubah warna (Tabel 1) dilakukan dengan membuat persamaan regresi untuk masing-masing perlakuan. Skala 6 (warna kuning) digunakan sebagai batas daya simpan (Tabel 5). Berdasarkan peubah warna, aplikasi poliamina dapat memperpanjang daya simpan. Peningkatan konsentrasi masing-masing poliamina dapat memperpanjang daya simpan. Hasil terbaik dari perlakuan putresina ialah 10.0 mM, sedangkan spermidina dan spermina pada konsentrasi 1.0 mM. Berdasarkan peubah warna, perlakuan putresina 10.0 mM, spermidina 1.0 mM, dan spermina 1.0 mM dapat memperpanjang daya simpan berturut-turut 1.0 hari, 3.5 hari dan 2.8 hari lebih lama dibandingkan dengan kontrol.

Hasil pendugaan daya simpan tersebut sesuai dengan pengamatan laju respirasi yang sering digunakan sebagai penduga daya simpan. Hal sama juga terjadi pada laju produksi etilena. Perlakuan 1.0 mM spermina dapat menekan laju respirasi dan laju produksi etilena serta menunda terjadi puncak klimakterik buah pisang sehari setelah kontrol sehingga daya simpan buah pisang dapat diperpanjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Hibah Bersaing IV/1 dan IV/2. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi atas dukungan dana lewat Proyek Peningkatan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Apelbaum A. 1990. Interrelationship between polyamines and ethylene and its implication for plant growth and fruit ripening. Di dalam: Flores HE, Arteca RN, Shannon JC (ed). *Polyamine and Ethylene: Biochemistry, Physiology and Interactions*. Rockville: Amer Soc Plant Physiol hlm 278-294.
- Burdon JN, Dori S, Lomaniec E, Marinansky R, Pesis E. 1994. The postharvest ripening of water stressed banana. *J Hort Sci* 69:799-804.
- Davies PJ, Rastogi R, Law DM. 1990. Polyamines and their metabolism in ripening tomato fruit. Di dalam: Flores HE, Arteca RN, Shannon JC (ed). *Polyamine and Ethylene: Biochemistry, Physiology and Interactions*. Rockville: Amer Soc Plant Physiol hlm 112-125.
- Dominguez M, Vendrell M. 1993. Ethylene biosynthesis in banana fruit: evolution of EFE activity and ACC levels in peel and pulp during ripening. *J Hort Sci* 68:63-70.

Tabel 5. Pengaruh poliamina terhadap daya simpan buah pisang.

Perlakuan	Persamaan regresi	Dugaan daya simpan (hari)
Kontrol	$y=0.0071x^2+0.1905x+1.2558$	15.7
Putresina 0.1 mM	$y=0.0146x^2+0.0644x+1.6919$	15.1
Putresina 1.0 mM	$y=0.0168x^2+0.1323x+1.3791$	16.2
Putresina 10 mM	$y=0.0170x^2-0.0063x+1.3690$	16.7
Spermidina 0.01 mM	$y=0.0181x^2-0.0084x+1.8630$	15.4
Spermidina 0.1 mM	$y=0.0190x^2-0.0623x+1.5585$	17.0
Spermidina 1.0 mM	$y=0.0133x^2-0.0074x+1.2110$	19.2
Spermina 0.01 M	$y=0.0146x^2-0.0185x+1.5259$	18.1
Spermina 0.1 mM	$y=0.0106x^2+0.0923x+1.0820$	17.6
Spermina 1.0 mM	$y=0.0140x^2-0.0133x+1.4344$	18.5

- Eliyasm R. 1993. Pengaruh umur panen dan cara penyimpanan serta cara pemeraman terhadap sifat fisika kimia pisang Raja Sereh. [Tesis]. Bogor: Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Galston AW, Kaur-Sawhney R. 1995. Polyamines as endogenous growth regulators. Di dalam: Davies PJ (ed). *Plant Hormones: Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology*. Dordrecht: Kluwer. hlm 158-178.
- Kader AA. 1992. *Postharvest Biology and Technology of Horticultural Crops*. Davis: Univ of California.
- Kramer GF, Wang CY, Conway ES. 1989. Correlations of reduced softening and increased polyamine levels during low-oxygen storage of 'McIntosh' apples. *J Amer Soc Hort Sci* 114:942-946.
- Kramer GF, Wang CY, Conway ES. 1991. Inhibition of softening by polyamine application in 'Golden Delicious' and 'McIntosh' apples. *J Amer Soc Hort Sci* 116:813-817.
- Kumar A, Altabella T, Taylor MA, Tiburcio AF. 1997. Recent advances in polyamine research. *Trends Plant Sci* 2:124-130.
- Mattoo AK, Chachin K, Phan CT, Pantastico EB. 1993. Perubahan-perubahan kimiawi selama pematangan dan penuaan. Di dalam: Pantastico EB (ed). *Fisiologi Pasca Panen dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika*. (Terjemahan oleh Kamariyani). Yogyakarta: Gadjah Mada Univ Pr. hlm 160-197.
- Mukhtasar. 1997. Pengaruh poliamin dan asam amino terhadap fisiologi pemasakan buah pisang (*Musa acuminata* var *cavendishii*) selama penyimpanan. [Tesis]. Bogor: Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Pantastico EB. 1993. Susunan buah-buahan dan sayur-sayuran. Di dalam: Pantastico EB (ed). *Fisiologi Pasca Panen dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika*. Yogyakarta: Gadjah Mada Univ Pr. hlm 1-37.
- Peacock BC. 1972. Role of ethylene in the initiation of ripening. *Queensland J Agric Animal Sci* 29:137-145.
- Ponappa T, Scheerens JC, Miller AR. 1993. Vacuum infiltration of polyamines increases firmness of strawberry slices under various storage conditions. *J Food Sci* 58:361-364.
- Purwoko BS. 1995. Studi tentang poliamina dan suhu dingin dalam mempertahankan beberapa kriteria kualitas buah pisang. *Hayati* 2:80-84.
- Simmonds NW. 1966. *Banana*. London: Longman.
- Sudarmadji S, Haryono B, Suhardi. 1984. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Von Losecke HW. 1950. *Bananas*. London: Interscience.
- Walden R, Cordeiro A, Tiburcio AF. 1997. Polyamines: small molecules triggering pathways in plant growth and development. *Plant Physiol* 113:1009-1013.
- Wills RBH, McGlasson WB, Graham D, Lee TH, Hall EG. 1989. *Postharvest an Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables*. New York: van Nostrand Reinhold.