

## PENGARUH PENTAHAPAN SUHU DALAM SISTEM PEMANTANGAN BUATAN BUAH-BUAHAN KLIMAKTERIK : PISANG SUSU

Sugiyono<sup>1</sup>, Sutrisno<sup>2</sup> dan Edy Hartulistiyoso<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Alumni Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian, Fakultas Pascasarjana, IPB

<sup>2</sup> Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian, Institut Pertanian Bogor

### ABSTRAK

Permasalahan keseragaman kematangan dalam penanganan pascapanen buah-buahan klimakterik sangat berpengaruh terhadap nilai tambah produk yang bersangkutan. Oleh karena itu pengkondisian ruang pematangan buatan harus dilakukan dengan tepat agar mutu produk dapat dipertahankan atau ditingkatkan. Faktor lingkungan yang mempengaruhi proses pematangan buatan adalah suhu, kelembaban, komposisi gas, sistem ventilasi, serta zat pemacu pematangan. Pemeraman dengan suhu pengendalian menurun (25, 22, 20, dan 18°C) dan suhu meningkat (18, 20, 22, dan 25°C) sangat berpengaruh terhadap laju respirasi buah pisang susu. Rata-rata laju respirasi pemeraman pada suhu pengendalian menurun sebesar 47.4 ml kg<sup>-1</sup> jam<sup>-1</sup>, dan respirasi tertinggi terjadi pada jam ke-96 sebesar 132.5 ml kg<sup>-1</sup> jam<sup>-1</sup> dan pada suhu pengendalian meningkat sebesar 20.68 ml kg<sup>-1</sup> jam<sup>-1</sup> dengan respirasi tertinggi jam ke-92 sebesar 55 ml kg<sup>-1</sup> jam<sup>-1</sup>. Laju respirasi pemeraman pada suhu ruang sebesar 73.03 ml kg<sup>-1</sup> jam<sup>-1</sup> dengan respirasi tertinggi jam ke-52 sebesar 246.97 ml kg<sup>-1</sup> jam<sup>-1</sup>. Pentahapan suhu mempengaruhi jumlah penumpukan CO<sub>2</sub> sehingga menyebabkan perubahan fisiologi buah. Pengaruh jumlah penumpukan CO<sub>2</sub> terhadap perubahan susut bobot dinyatakan dalam persamaan kuadrat, perubahan warna dan total padatan terlarut persamaan linier, serta perubahan kekerasan dan indek kematangan persamaan eksponensial. Pengaruh otomatisasi pematangan buatan terhadap perubahan warna, kekerasan, total padatan terlarut dan indek kematangan pada pengendalian suhu meningkat berbeda nyata (p=0.05) dibandingkan suhu menurun dan ruang. Pengendalian suhu menurun berpengaruh positif terhadap perubahan mutu tetapi tidak sesuai untuk daerah tropis.

**Kata kunci:** pematangan buatan, laju respirasi, penumpukan CO<sub>2</sub>, buah klimakterik.

### ABSTRACT

The problem on ripeness uniformity will affect to added values of tropical fruits during post-harvest handling of climacteric fruits. Therefore conditioning of artificial ripening room should be conducted perfectly in order to maintain the quality of the products. The environment factors that were affected to artificial ripening process are temperature, humidity, gaseous composition, ventilation system, and ripening trigger materials. The result shown that the ripening at stepping-down (25, 22, 20, and 18°C) and stepping-up (18, 20, 22, and 25°C) temperature are decreasing respiration rate of "susu" bananas. The average of respiration rate at stepping-down temperature was 47.4 ml kg<sup>-1</sup> hr<sup>-1</sup> and peak respiration of 132.5 ml kg<sup>-1</sup> hr<sup>-1</sup> was reached after 96 hours. The average of respiration rate was 20.68 ml kg<sup>-1</sup> hr<sup>-1</sup> and peak respiration of 55 ml kg<sup>-1</sup> hr<sup>-1</sup> was reached after 92 hours at stepping-up temperature. The respiration rate at ambient temperature was 73.03 ml kg<sup>-1</sup> hr<sup>-1</sup> and peak respiration was reached 246.97 ml kg<sup>-1</sup> hr<sup>-1</sup> after 52 hours. The automation of artificial ripening by stepping temperatures was affected cumulative quantity of evolved CO<sub>2</sub>, and then physiology changing of fruits. Weight loss pattern was approached by quadratic equation, color and soluble solid content by linear equation, and hardness and maturity index by exponential equation, respectively. The automation of artificial ripening by using stepping-up temperature to change of color, hardness, soluble solid content and maturity index were significant effect (P=0.05) compared to stepping-down and ambient temperature. Artificial ripening by using stepping-down temperature tend to have positive effect to the quality of fruits, but difficult to be done in the tropical condition.

**Keywords:** artificial ripening, respiration rate, evolved CO<sub>2</sub>, climacteric fruits.

## PENDAHULUAN

Sistem pematangan buatan secara komersial di Indonesia masih dilakukan dengan metode dan teknologi tradisional. Kondisi lingkungan dan fisiologi bahan dalam pematangan buatan (pengemposan) masih belum dikaji serta metode yang digunakan belum terintegrasi secara sistematis. Permasalahan pengkondisian lingkungan maupun ruang penanganan pasca panen harus dilakukan dengan teliti agar mutu produk dapat dipertahankan bahkan pada kondisi tertentu dapat ditingkatkan. Faktor lingkungan yang sangat berpengaruh pada proses pematangan buatan adalah suhu dan kelembaban, konsentrasi gas, sistem ventilasi, serta zat pemacu pematangan. Metode pematangan buatan dengan pemberian etilen secara tradisional telah banyak dilakukan oleh petani atau pedagang buah-buahan dengan istilah "pengkarbitan" atau "pengemposan", karena menggunakan karbid sebagai penghasil etilen (Satuhu, 1995). Cara lain yang sering digunakan adalah menghembuskan asap hasil pembakaran daun-daun kering ke dalam ruang pengemposan.

Proses penjadwalan pematangan buatan dengan pentahapan suhu antara 14,4–17,8°C untuk pisang selama 4–8 hari. Dalam sistem tersebut dilakukan perlakuan etilen 100-150 ppm selama 24 jam dengan pembukaan ventilasi ruang pematangan selama 15-20 menit setelah perlakuan selesai. Namun pada penjadwalan tersebut tidak dijelaskan keunggulan mutu buah setelah pematangan buatan dengan pentahapan suhu, tetapi diberikan gambaran perubahan indek kematangan yang dicapai pada setiap tingkat penjadwalan (Catalytic Generators, 2003).

Kea'au Banana Plantation (2002), melakukan penjadwalan pematangan dengan metode pentahapan suhu selama 5 hari, mulai dari awal pematangan sampai buah matang. Proses pentahapan suhunya terlihat hari pertama dan kedua suhu pematangan 17,8°C, hari ketiga diturunkan menjadi 16,7°C sampai warna terbentuk merata dan pada hari keempat suhu diturunkan lagi menjadi 15,6°C. Pada tahap akhir penjadwalan suhu diturunkan lagi menjadi 14,4°C sampai buah matang penuh. Sutrisno (1994), melakukan proses pematangan buah pear varietas La France dengan menaikkan suhu penyimpanan dari 1°C menjadi 5°C selama 5 hari sebelum pematangan dengan pemberian etilen sebesar 200 ppm, kemudian suhu pemeraman diturunkan secara bertahap 15°C, 13°C dan 10°C masing-masing selama 2 hari.

Oleh karena itu dilakukan penerapan teknologi otomatisasi dalam pematangan buatan buah-buahan tropika seperti pada pisang Susu (*Musa sativa* L). Tujuan khusus penelitian adalah; (i) melakukan pengendalian pentahapan suhu ruang pemeraman secara otomatis dengan sistem kendali *Fuzzy*, dan (ii) mengamati perubahan fisiologi buah pisang Susu selama pemeraman dengan sistem otomatisasi.

## BAHAN DAN METODE

Bahan utama yang digunakan dalam pengujian otomatisasi pemeraman buatan adalah buah Pisang Susu (*Musa sativa* L.) dengan tingkat ketuaan optimum kurang lebih pada umur panen 90 hari dengan kondisi buah  $\frac{3}{4}$  bulat penuh yang diperoleh dari kebun pisang di daerah Mega Mendung, Ciawi. Bahan tambahan untuk proses pemeraman adalah gas etilen dengan konsentrasi 300 ppm.

Peralatan yang digunakan dalam sistem otomatisasi pemeraman adalah tachometer, flowmeter 10 l/menit, thermometer, *interface card* PCL-812PG, cosmotector tipe XPO-318 dan XPO-314, gas chromatographi Hitachi tipe D-263-50 (kolom porapak Q). Peralatan untuk pengujian mutu meliputi: rheometer tipe CR-300 untuk mengukur kekerasan, timbangan digital untuk mengukur susut bobot, chromameter CR-310 untuk

menentukan indeks warna dan refractometer tipe PR-201 untuk mengukur total padatan terlarut. Tabung phenoljack sebagai tempat sampel gas dan syringe 10 ml untuk pengambilan sampel gas.

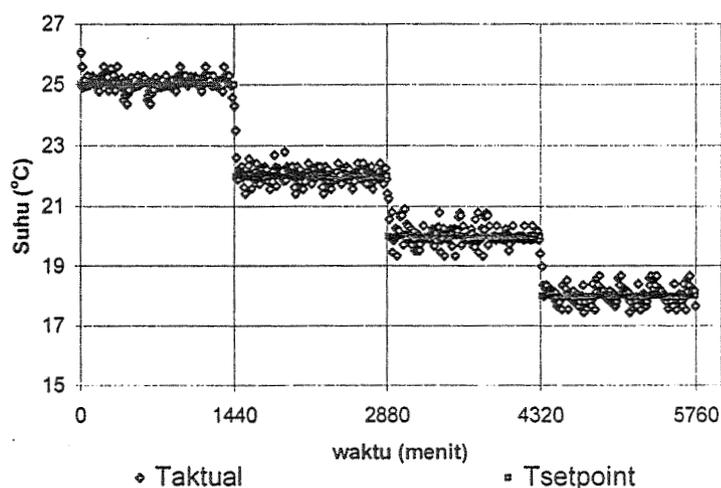
Proses pengendalian pentahapan suhu pada dua kondisi yaitu; suhu pengendalian meningkat (18, 20, 22 dan 25°C) dan suhu pengendalian menurun (25, 22, 20, dan 18°C) (Sugiyono, 1999). *Trigger* etilen dengan konsentrasi 200 ppm dilakukan selama 24 jam. Berkaitan dengan kecepatan respirasi bahan, maka dilakukan pengendalian ambang batas konsentrasi CO<sub>2</sub> yang tidak melebihi 5%. Pengendalian ambang batas tersebut dilakukan dengan mengatur tinggi permukaan air sebagai mekanisme pembukaan celah. Untuk pengendalian tinggi permukaannya ditentukan pada level 6,1 cm dari dasar sensor tinggi permukaan air atau 9,1 cm dari dasar tanki air. Parameter yang diamati dalam pematangan buatan adalah suhu, etilen, akumulasi CO<sub>2</sub>, laju respirasi, susut bobot, kekerasan, total padatan terlarut (TPT), warna kulit buah, serta indek kematangan.

Analisis ragam satu jalur (One-Way ANOVA); dengan Statistical Analysis System (SAS) untuk menganalisa keterkaitan perubahan mutu atau fisiologi buah terhadap otomatisasi. Analisis sidik ragam juga menguraikan keragaman total data menjadi komponen sumber keragaman. Perbandingan pengaruh perlakuan menggunakan uji lanjut DMRT (Duncan Multiple Range Test), untuk menganalisa perbedaan pengaruh nyata atau sangat nyata. Analisis validasi simulasi terhadap pengukuran menggunakan pendekatan regresi linier serta analisis data berpasangan menggunakan *pairs comparison (t-test)* untuk mengetahui efek dua perlakuan terhadap hipotesa.

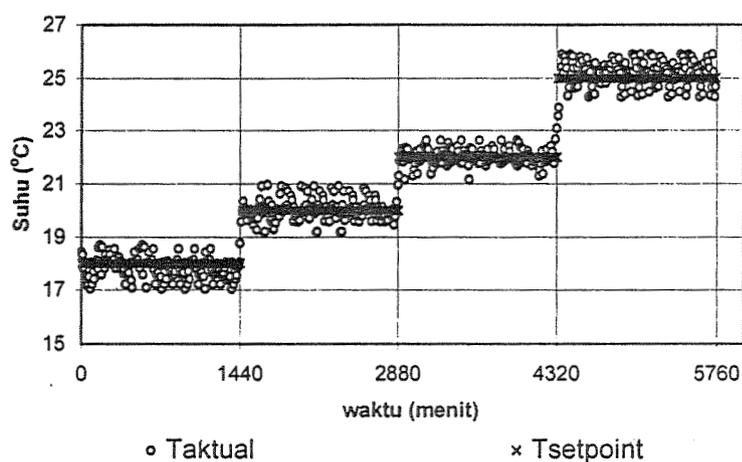
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Pentahapan Suhu Pematangan Buatan

Pengendalian suhu pematangan buatan dilakukan pada dua kondisi suhu yang berbeda. Kondisi pertama adalah pengendalian suhu menurun dengan setpoint suhu 25, 22, 20 dan 18°C. Hasil pengendalian seperti disajikan pada Gambar 1, terlihat fluktuasi suhu  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Perubahan tersebut masih relatif besar sehingga mekanisme pengendalian suhu dengan presisi yang tinggi belum tercapai. Akan tetapi mekanisme pentahapan suhu secara menurun dalam pematangan buatan dapat dilakukan dengan baik. Standar deviasi pengendalian suhu dengan tahapan menurun sebesar 0,29 dan standar error sebesar 0,012. Berdasarkan uji perbandingan berpasangan *t-test* dengan nilai T sebesar -4,58 menunjukkan suhu aktual dan setpoint tidak berbeda nyata sehingga pengendalian tahapan suhu menurun mampu mencapai setpoint. Selain itu, ketepatan pengendalian dapat dilihat dari respon sistem terhadap pencapaian setpoint. Berdasarkan analisis ragam *root mean square error* (RMSE) sebesar 0,29 dan  $R^2 = 0,987$  menunjukkan interaksi yang erat antara suhu aktual dan setpoint dengan persamaan  $T_{\text{aktual}} = 1,009T_{\text{setpoint}} - 0,132$ .



Gambar 1. Profil suhu pengendalian dengan setpoint menurun



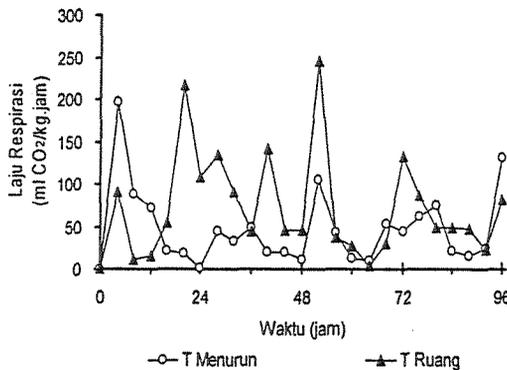
Gambar 2. Profil suhu pengendalian dengan setpoint meningkat

Kondisi kedua adalah pengendalian suhu dengan setpoint meningkat seperti yang disajikan pada Gambar 2 di atas terlihat fluktuasi suhu  $\pm 1^\circ\text{C}$  dengan waktu pencapaian suhu pengendalian sekitar 20 menit. Sebaran suhu pengendalian dengan standar deviasi sebesar 0,44 dan standar error sebesar 0,018. Berdasarkan uji perbandingan berpasangan *t-test* dengan nilai T sebesar -0,95. Hal ini menunjukkan suhu aktual dan setpoint tidak berbeda nyata yang berarti pengendalian tahapan suhu meningkat mampu mencapai setpoint. RMSE dari analisis ragam sebesar 0,42 dengan koefisien korelasi sebesar 0,977, maka hubungan data pengamatan dan setpoint mendekati. Model pengendalian pentahapan suhu semakin valid dengan persamaan validasi dinyatakan  $T_{\text{aktual}} = 1,045T_{\text{setpoint}} - 0,9275$ . Oleh karena itu, sistem pengendalian suhu dalam ruang pematangan buatan dapat dilakukan secara bertahap. Proses pentahapan suhu dapat digunakan untuk penjadwalan periode pematangan dan penyimpanan. Pengendalian suhu pada selang waktu tertentu menghasilkan pematangan buatan terjadwal dengan baik.

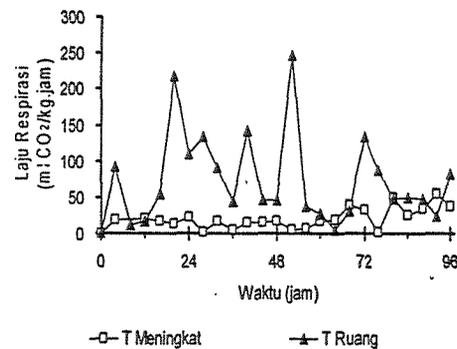
### Verifikasi Sistem Otomatisasi Pematangan dengan Buah Pisang

Selama proses perkembangan terjadi akumulasi  $\text{CO}_2$  pada ambang batas tertentu. Konsentrasi  $\text{CO}_2$  yang tinggi dalam ruang pematangan dapat mengakibatkan kerusakan buah yang disebabkan oleh metabolisme abnormal dengan  $\text{CO}_2$  yang tinggi dan  $\text{O}_2$

rendah. Oleh karena itu pembatasan akumulasi CO<sub>2</sub> dalam ruang pemeraman dapat mengurangi penurunan mutu buah. Laju akumulasi CO<sub>2</sub> pematangan buatan pada suhu ruang rata-rata sebesar 73,03 ml CO<sub>2</sub>/kg-jam, sedangkan pada suhu pengendalian menurun rata-rata sebesar 47,4 ml CO<sub>2</sub>/kg-jam. Pada buah-buahan klimakterik biasanya pada saat pematangan diikuti dengan laju respirasi yang maksimal. Pada pemeraman pisang susu tanpa pengendalian (suhu ruang) respirasi tertinggi dicapai pada jam ke-52 sebesar 246,97 ml CO<sub>2</sub>/kg-jam. Puncak akumulasi CO<sub>2</sub> tertinggi tidak sama dengan pencapaian respirasi tertinggi, dimana terjadi perbedaan waktu 8 jam. Perbedaan selang waktu 4 jam sebelum respirasi maksimal disebabkan oleh fluktuasi suhu dan akumulasi yang tidak tetap (Gambar 3a). Respirasi tertinggi pada suhu pengendalian menurun tercapai pada jam ke-96 sebesar 132,5 ml CO<sub>2</sub>/kg-jam. Laju respirasi pemeraman pada suhu pengendalian meningkat (Gambar 3b) rata-rata sebesar 20,68 ml CO<sub>2</sub>/kg-jam. Respirasi tertinggi dicapai pada jam ke-92 sebesar 55 ml CO<sub>2</sub>/kg-jam, sedangkan akumulasi terbesar dicapai pada jam ke-88. Waktu pencapaian respirasi dan akumulasi CO<sub>2</sub> tertinggi berbeda 4 jam, selang tersebut merupakan selang laju respirasi. Dengan demikian pencapaian puncak akumulasi dan respirasi dapat disamakan. Laju respirasi tersebut jauh lebih kecil dibanding suhu ruang dan pengendalian menurun.



Gambar 3a. Laju akumulasi CO<sub>2</sub> pada pentahapan suhu menurun.



Gambar 3b. Laju akumulasi CO<sub>2</sub> pada pentahapan suhu meningkat.

Pemeraman pisang dengan suhu pengendalian meningkat menghasilkan laju respirasi terendah dibanding suhu pengendalian menurun dan suhu ruang, dimana proses respirasi cenderung lebih lambat. Oleh karena itu, suhu pengendalian meningkat lebih baik diarahkan pada penyimpanan sebelum pemeraman. Awal pemeraman suhu dikendalikan lebih rendah pada kisaran 18°C. Perbedaan waktu untuk mencapai puncak klimakterik dipengaruhi tingkat akumulasi CO<sub>2</sub> buah pisang selama pemeraman, dimana produksi CO<sub>2</sub> meningkat pada suhu tinggi. Produksi CO<sub>2</sub> yang tinggi selama pemeraman dapat menghambat reaksi kematangan seperti gas etilen. Respirasi klimakterik proses pematangan terjadi pada saat mendekati proses kelayuan. Pemeraman buah pisang dengan suhu ruang mencapai klimakterik tercepat dibanding perlakuan suhu meningkat dan menurun.

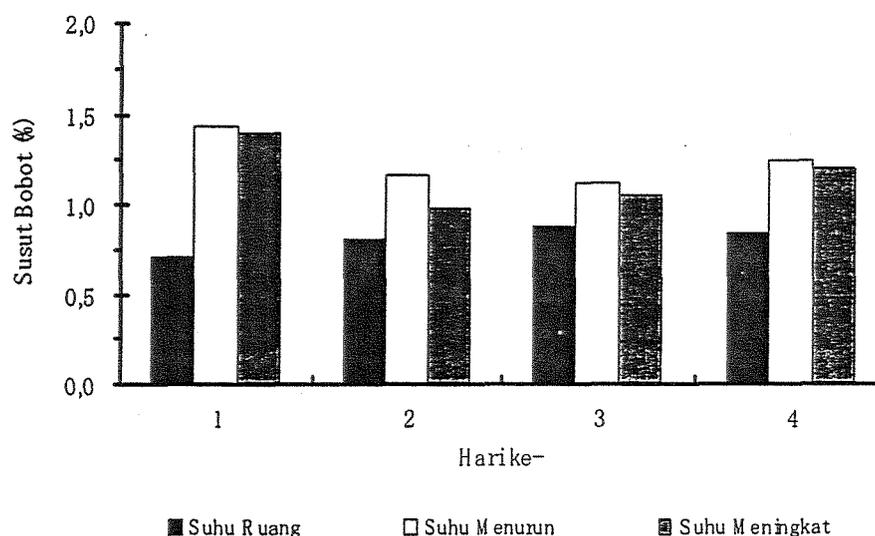
Pematangan buatan biasa dilakukan dengan trigger etilen. Etilen merupakan hormon tumbuhan yang berbentuk gas berfungsi dalam metabolisme tanaman, dimana dapat mempercepat proses pematangan. Komponen gas etilen sangat penting dan perlu diamati keberadaannya dalam ruang penyimpanan dan pematangan buah-buahan. Gas etilen mempunyai efek fisiologi yang sangat besar pada buah-buahan, terutama pada aktivitas respirasi dan pematangan. Dengan demikian, produksi gas etilen harus selalu

diamati bersamaan dengan pengukuran kecepatan respirasinya agar umur simpan dapat diperpanjang (Inaba *et al.*, 1989).

### Pengaruh Otomatisasi Pematangan terhadap Perubahan Mutu

#### Susut bobot.

Persentase susut bobot pada perlakuan suhu pengendalian meningkat lebih rendah dibandingkan suhu pengendalian menurun dengan perbedaan tidak berbeda nyata. Namun demikian, buah pisang yang diperam pada suhu ruang memiliki persentase terendah dibanding perlakuan lainnya. Perbedaan susut bobot disebabkan konsentrasi  $O_2$  mengalami penurunan yang kecil, sehingga ketersediaan  $O_2$  masih cukup banyak dalam ruang pemeraman. Ketersediaan  $O_2$  yang tinggi dan fluktuasi suhu mempercepat proses penguapan air, sehingga susut bobot buah pada pengendalian suhu bertahap lebih tinggi dibandingkan suhu ruang. Selain itu, hilangnya air dan komponen lain sebagai penyusun daging buah melalui penguapan air juga menyebabkan peningkatan susut bobot. Kehilangan air tidak berpengaruh langsung terhadap kehilangan kuantitatif (susut bobot), tetapi juga menyebabkan kerusakan tekstur seperti kelunakan dan kelembekan, kerusakan kandungan gizi, dan kerusakan lain seperti kelayuan dan pengerutan (Kader, 1992). Perubahan susut bobot buah selama pemeraman dapat dilihat pada Gambar 4. Pemeraman dengan suhu pengendalian menurun mempunyai rata-rata susut bobot sebesar 1,2%, sedangkan pada suhu pengendalian meningkat sebesar 1,1%. Pemeraman pada suhu ruang mengalami rata-rata susut bobot yang terendah, yaitu sebesar 0,8 %.



Gambar 4. Pengaruh suhu pengendalian terhadap susut bobot.

Tabel 1. Pengaruh pentahapan suhu terhadap perubahan mutu buah pisang

Perlakuan Hari Suhu	Chroma	Hue (o)	Kekerasan (kgf)	TPT (%Brix)
<b>Bertahap Menurun</b>				
0	25,06 ± 0,36 <i>a</i>	114,93 ± 0,98 <i>b</i>	3,37 ± 0,25 <i>a</i>	12,18 ± 3,61 <i>a</i>
2	26,87 ± 1,36 <i>a</i>	110,14 ± 0,33 <i>b</i>	0,67 ± 0,30 <i>b</i>	22,58 ± 1,12 <i>a</i>
4	34,77 ± 2,78 <i>a</i>	98,24 ± 4,80 <i>b</i>	0,22 ± 0,05 <i>b</i>	23,86 ± 0,80 <i>a</i>
<b>Bertahap Meningkatkan</b>				
0	24,27 ± 0,88 <i>a</i>	116,89 ± 0,18 <i>a</i>	3,15 ± 0,54 <i>a</i>	11,77 ± 2,90 <i>a</i>
2	25,32 ± 1,35 <i>a</i>	115,24 ± 0,12 <i>a</i>	1,50 ± 0,51 <i>a</i>	16,48 ± 2,26 <i>b</i>
4	25,76 ± 1,08 <i>b</i>	113,53 ± 1,68 <i>a</i>	1,11 ± 0,15 <i>a</i>	18,89 ± 3,79 <i>b</i>
<b>Ruang</b>				
0	23,76 ± 1,08 <i>a</i>	115,47 ± 0,95 <i>a</i>	3,41 ± 0,16 <i>a</i>	11,51 ± 0,23 <i>a</i>
2	26,18 ± 2,03 <i>a</i>	111,24 ± 0,91 <i>b</i>	0,43 ± 0,16 <i>b</i>	24,60 ± 2,55 <i>a</i>
4	32,31 ± 4,31 <i>a</i>	94,85 ± 7,46 <i>b</i>	0,15 ± 0,04 <i>b</i>	26,76 ± 0,78 <i>a</i>

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (DMRT)

#### Kekerasan,

Pisang yang digunakan dalam pemeraman dengan pengendalian suhu pada hari ke-0 (sebelum pemeraman) memiliki kekerasan tidak berbeda nyata seperti disajikan pada Tabel 1, dimana suhu ruang digunakan sebagai control. Hasil pemeraman hari ke-2 dengan perlakuan suhu pengendalian meningkat kekerasan buah (1,50 kgf) berbeda nyata dibandingkan perlakuan suhu menurun dan control. Demikian juga pada hari ke-4 (akhir pemeraman) kekerasan buah (1,11 kgf) berbeda nyata dibandingkan suhu menurun dan ruang. Pemeraman dengan pengendalian suhu dapat mempertahankan tingkat kekerasan buah dibandingkan suhu ruang. Perubahan kekerasan tertinggi pada buah pisang yang diperam dengan suhu ruang, sedangkan terendah terjadi pada suhu pengendalian meningkat yang disebabkan lambatnya kematangan buah, akibat terhambatnya aktivitas etilen pada suhu rendah. Pada suhu pengendalian menurun dan suhu ruang, pemberian etilen dilakukan pada suhu tinggi dan tingkat pra klimakterik yang merupakan waktu efektif untuk pemberian etilen, dimana konsentrasi etilen yang diberikan berpengaruh terhadap pemacuan respirasi.

#### Total Padatan Terlarut (TPT)

Perubahan fisiologi dan kimia selama pematangan seperti penguraian glukosa yang ditandai dengan meningkatnya rasa manis daging buah yang ditunjukkan oleh kadar total padatan terlarut (TPT). Perubahan kadar TPT selama pemeraman dengan perlakuan pengendalian suhu dapat dilihat pada Tabel 1, Pada hari ke-0 (sebelum pemeraman) rataan TPT tidak berbeda nyata pada semua perlakuan suhu, artinya bahan yang digunakan seragam, Kadar TPT dengan perlakuan pengendalian suhu secara otomatis meningkat pada hari ke-2. Pemeraman dengan pengendalian suhu meningkat menunjukkan peningkatan TPT yang berbeda nyata dibanding perlakuan suhu menurun dan ruang. Akhir pemeraman TPT dengan suhu pengendalian meningkat sebesar 18,89%brix yang merupakan kadar terendah dibandingkan pada suhu pengendalian menurun sebesar 23,86%brix, dan pada suhu ruang mencapai 26,76%brix saat buah mulai timbul bercak kecoklatan. Dengan demikian, perlakuan pengendalian suhu

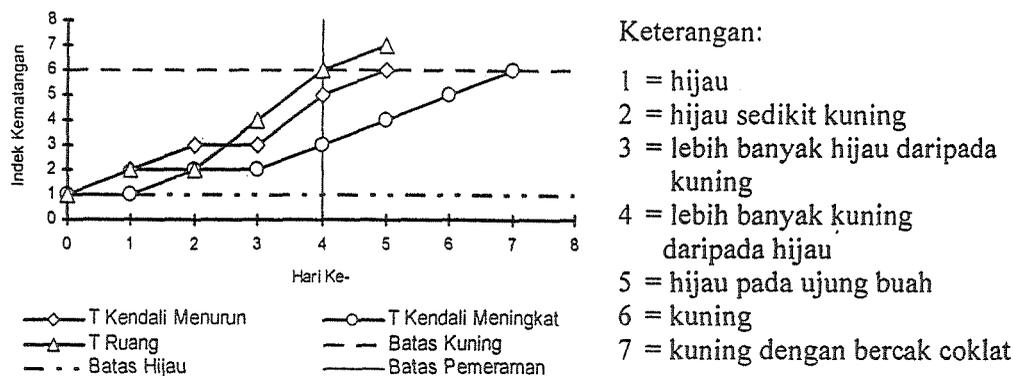
meningkat memperlambat peningkatan total padatan terlarut dan waktu pencapaian tingkat kemanisan yang optimal dapat dijadwalkan.

#### Perubahan warna

Warna kulit buah pisang susu selama pemeraman mengalami peningkatan nilai *L*, *a*, *b*, *chroma* (*C*) dan hue *angel*. Hari ke-0 (sebelum pemeraman) warna kulit buah pisang berbeda nyata, dimana nilai hue *angle* pada perlakuan suhu pengendalian meningkat lebih kecil dibanding suhu ruang dan menurun. Pada hari kedua dan keempat pemeraman dengan suhu ruang dan menurun warna kuning ( $113,53^\circ$ ) meningkat dan berbeda nyata dibandingkan suhu meningkat seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Demikian juga, tingkat kecerahan kulit buah pada suhu pengendalian meningkat dari rata-rata 24,27 sebelum pemeraman menjadi 25,76 yang berbeda nyata dibandingkan perlakuan suhu menurun dan ruang (kontrol), dimana tingkat kecerahan sebesar 25,06 hari ke-0 meningkat menjadi 34,77 pada akhir pemeraman dengan pengendalian suhu menurun. Perubahan tingkat kecerahan tersebut tidak berbeda nyata dibandingkan suhu ruang, seperti dinyatakan pada Tabel 1.

#### Indek Kematangan (IK)

Indek kematangan pada buah pisang sebelum pemeraman (hari ke-0) menunjukkan skor 1 yang berarti buah masih hijau (Gambar 5). Pada hari pertama pemeraman buah dengan suhu yang dikendalikan menurun dan suhu ruang skor IK=2, Skor IK=3 dihasilkan dengan suhu yang dikendalikan menurun pada hari ke-3, sedangkan pada suhu ruang sudah mencapai skor IK=4. Indek kematangan pada suhu pengendalian meningkat masih mencapai skor IK=2, Hari ke-4 pemeraman dengan suhu yang dikendalikan menurun memberikan skor IK=5, pada suhu pengendalian meningkat mencapai IK=3, pada suhu ruang sudah mencapai IK=6, berarti telah mencapai warna kuning penuh. Indek kematangan skor 6 buah yang diperam dengan suhu pengendalian meningkat tercapai pada hari ke-7 setelah pemeraman. Secara visual buah pisang setelah pemeraman dengan suhu pengendalian menurun menunjukkan skor IK=5, warna buah kuning, dengan sedikit hijau pada ujung buah dan tingkat kecerahan serta kepekatan warna tertinggi dibandingkan perlakuan lain. Dengan demikian, kecepatan pembentukan indek kematangan yang tepat menentukan metode pematangan yang sesuai dan dapat mempertahankan mutu buah. Metode pematangan dengan pengendalian suhu meningkat memperlihatkan kecepatan indek kematangan rendah, sehingga untuk mempertahankan warna buah sangat baik tetapi pencapaian tingkat kematangan lambat dan dapat mengakibatkan penurunan mutu. Kyamuhangire dan Pehrson (1999) menyatakan pemeraman dengan metode rak dan penimbunan dalam tanah menghasilkan IK=6 (kuning penuh) setelah 4 hari pemeraman.



Gambar 5. Perubahan indeks kematangan terhadap pengendalian suhu

### KESIMPULAN

1. Pentahapan suhu dengan FLC dapat mengendalikan suhu pemeraman dengan fluktuasi  $\pm 1^\circ\text{C}$  dan standar error lebih kecil 0,02.
2. Pemeraman dengan suhu pengendalian menurun dan meningkat dapat menekan laju respirasi buah pisang susu. Laju respirasi rata-rata pemeraman dengan suhu pengendalian menurun sebesar 47,4 ml  $\text{CO}_2/\text{kg}/\text{jam}$ , dan pada suhu pengendalian meningkat sebesar 20,68 ml  $\text{CO}_2/\text{kg}/\text{jam}$ , sedangkan laju respirasi rata-rata pada suhu ruang yang lebih kecil sebesar 73,03 ml  $\text{CO}_2/\text{kg}/\text{jam}$ . Akibat otomatisasi pematangan buatan, laju respirasi pada suhu ruang mencapai puncak jam ke-52 sebesar 246,97 ml  $\text{CO}_2/\text{kg}/\text{jam}$ , pada suhu pengendalian menurun jam ke-96 sebesar 132,5 ml  $\text{CO}_2/\text{kg}/\text{jam}$ , dan pada suhu pengendalian meningkat jam ke-92 sebesar 55 ml  $\text{CO}_2/\text{kg}/\text{jam}$ .
3. Perubahan warna, kekerasan, total padatan terlarut dan indeks kematangan pada pematangan buatan dengan pengendalian suhu meningkat berbeda nyata ( $p=0,05$ ) dibandingkan pengendalian suhu menurun dan ruang, serta pentahapan suhu menurun berpengaruh positif pada pemeraman secara otomatis.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Program Riset Unggulan Terpadu (RUT IX) yang telah membiayai penelitian, tim peneliti dan teknisi yang terkait.

### DAFTAR PUSTAKA

- Catalytic Generators. 2003. Suggest Banana Ripening Tips. <http://www.catalyticgenerators.com> catalyticgenerators\_1777\_326530.jpg, [15 Maret 2003]

- Inaba, A., Y. Kubo and R. Nakamura, 1989. Automated Microcomputer System For Measurement Of O<sub>2</sub> Uptake, CO<sub>2</sub> Output, And C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> Evolution By Fruits And Vegetables, *J,Japan,Soc,Hort,Sci*, 58(2):443-448. Okayama.
- Kader, A.A. 1992. Methods of Gas Mixing, Sampling, and Analysis: in Post-harvest technology of horticultural crops. University of California, Oakland, California,
- Kea'au Banana Plantation. 2002. Ripening instruction for Williams bananas. [3 Januari 2003],
- Kyamuhangire, W. and R. Pehrson. 1999. Conditions in banana ripening using the rack and pit traditional methods and their effect on juice extraction. *J. Sci Food Agric*, 79:347-352.
- Satuhu, S. 1995. Teknik Pemeraman Buah. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Sugiyono. 1999. Kajian Pengembangan Sistem Kontrol Otomatis Menggunakan Logika Fuzzy Pada Pemeraman (Artificial Ripening) Untuk Buah-Buahan Tropika. [Skripsi], Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Bogor.
- Sutrisno. 1994. A Fundamental Study On Storage And Ripening Of The La France Pear [Disertation]. The University Of Tokyo, Graduate School, Division Of Agric, Sci,,Agric,Eng,Course,Tokyo.