

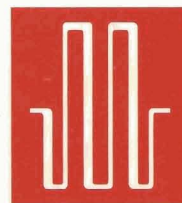
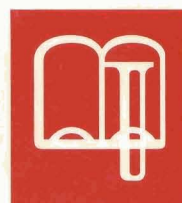
Jurnal

KETEKNIKAN PERTANIAN

ISSN 0216-3365

Terakreditasi "A"
SK No. 395/DIKTI/Kep/2000

VOL. 19, No. 2
AGUSTUS 2005



Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Indonesian Society of Agricultural Engineering

Otomatisasi Sistem Injeksi Etilen Dalam Pematangan Buatan

Automatism of Ethylene Injection System on Artificial Ripening

Sutrisno¹, Sugiyono², Edy Hartulistiyoso³

Abstract

Automation of ethylene injection system was done by controlling the opening time of solenoid valve based on the quantity of material, free volume of artificial ripening room, concentration of ethylene in tube and trigger. The programmable ethylene injection system eases the ripening process and results in good product. The result of the controlling system showed that the coefficient of correlation of ethylene between the experiment and calculation was 0.947 with a standard deviation of 13.95 and standard error of 4.93. Leak of gas must be prevented in the mechanism of ethylene injection system of artificial ripening integrated with temperature and CO₂ control.

Keywords: *ethylene injection system, artificial ripening, trigger, solenoid*

PENDAHULUAN

Pemeraman atau pematangan buatan yang dilakukan secara tradisional dengan istilah "pengemposan" dilakukan dengan pengasapan dari pembakaran ranting, daun-daunan kering, atau jerami yang diyakini dapat mengganti gas asetilen dan etilen. Pemeraman dengan cara ini biasanya dilakukan di daerah sentra produksi buah-buahan. Metode lain yang dilakukan petani atau pedagang buah-buahan dengan istilah "pengkarbitan" karena menggunakan karbid sebagai penghasil asetilen (Satuhu, 1995). Oleh karena itu, untuk menghasilkan keseragaman tingkat kematangan buah dalam jumlah besar masih mengalami kesulitan. Untuk itu perlu dikembangkan metode atau cara-cara pemeraman yang dapat dikendalikan, baik kondisi lingkungan pemeraman maupun

perubahan mutunya.

Pada buah-buahan non-klimaterik efek pemberian gas etilen adalah menaikkan laju respirasi yang mengakibatkan naiknya laju pematangan buah-buahan tersebut. Efek ini sangat erat kaitannya dengan konsentrasi gas yang diberikan, dan tidak berpengaruh terhadap waktu terjadinya puncak klimaterik tersebut. Sedangkan pada buah-buahan klimaterik, pengaruh pemberian etilen adalah mempercepat tercapainya puncak klimaterik, tanpa berpengaruh terhadap tingginya puncak klimaterik. Konsentrasi pemberian etilen erat kaitannya dengan efek terjadinya puncak klimaterik. Menurut Saltveit (1996), bahwa sesaat pematangan buah-buahan klimakterik telah mulai, konsentrasi etilen di dalam buah dengan cepat meningkat sampai batas jenuh dan mempengaruhi kondisi luar pematangan. Pengurangan

¹ Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16002, trisbic@indo.net.id

² Alumni Sekolah Pascasarjana IPB, Taman Yasmin VI Jl. Pinang Perak II No.3 Bogor, sugix75@yahoo.com

³ Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16002, charts@gmx.net

konsentrasi etilen disekitar buah-buahan curah seperti apel, pisang, melon, tomat hampir tidak berpengaruh pada konsentrasi di dalam buah sebab hambatan difusi kulit dan daging buah yang luas.

Penerapan teknologi otomatisasi untuk injeksi etilen dalam pematangan buatan buah-buahan tropika pada kasus pemeraman buah pisang Susu (*Musa sativa* L.) bertujuan untuk melakukan uji coba sistem penginjeksian etilen pada ruang pemeraman serta menganalisa mekanisme penginjeksian etilen selama pemeraman dengan sistem otomatisasi pada berbagai tingkatan suhu.

BAHAN DAN METODE

Bahan utama yang digunakan dalam pengujian sistem injeksi etilen pada pematangan buatan secara otomatis 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. Bahan tambahan proses pemeraman adalah gas etilen dalam tabung dengan konsentrasi 300 ppm.

Pengendalian pematangan buatan dilakukan dalam ruang pemeraman (*chamber*) berukuran 0.42 x 0.42 x 0.71 meter, yang terbuat dari bahan berlapis ganda (*multiplek*) setebal 1 cm, *stereo foam* dengan ketebalan 1,5 cm yang dilapisi dengan aluminium foil. Bagian terdalam dilapisi dengan aluminium 0.2 mm yang tahan karat, sehingga tidak mempengaruhi bahan. Peralatan yang digunakan dalam sistem injeksi etilen secara otomatis adalah solenoid *valve*, flowmeter 10 l/menit, *interface card* PCL-812PG, gas chromatography tipe D-263-50 (kolom porapak Q) serta tabung phenoljack tempat sampel gas dan syringe 10 ml untuk pengambilan sampel gas.

Sistem injeksi etilen secara otomatis

dalam ruang pemeraman dilakukan dengan mekanisme seperti pada Gambar 1, dimana etilen dari tabung 300 ppm diinjeksikan ke dalam chamber dengan konsentrasi 200 ppm atau disesuaikan dengan kondisi optimum *trigger* yang diumpangkan dalam program pengendalian. Pengujian mekanisme injeksi etilen dilakukan dengan konsentrasi 50, 100, dan 150 ppm.

Selama proses injeksi etilen terjadi perubahan tekanan gas di dalam tabung, sehingga untuk mengetahui perkiraan perubahan tersebut dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_{tt} = P_{to} - P_o \left(\frac{V_o}{V_t - V_{ppm}} \right) \quad (1)$$

dimana: P_{tt} = tekanan tabung akhir (N/m^2); P_{to} = tekanan tabung awal (N/m^2); P_o = tekanan yang keluar dari dalam tabung (N/m^2); V_t = Volume tabung awal (m^3); V_o = volume etilen yang digunakan (m^3); V_{ppm} = volume etilen yang sudah dikeluarkan (m^3).

Menurut Kader (1992) persamaan yang digunakan untuk menghitung lama penginjeksian sebagai berikut:

$$t = \frac{(C_2 \times V)}{(F \times C_1)} \quad (2)$$

Dimana: t lama penginjeksian (menit), C_2 konsentrasi *trigger* etilen (ppm), C_1 konsentrasi etilen dalam tabung (ppm), F laju aliran gas (liter/menit), dan V volume bebas (liter).

Akibat injeksi etilen dalam proses pematangan buatan terjadi perubahan laju produksi etilen yang dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$R = \frac{V}{W} \frac{C}{\Delta t} \quad (3)$$

Dimana: R laju produksi etilen ($\mu\text{l/kg-jam}$), C konsentrasi etilen (ppm), V volume bebas (liter), W berat bahan (kg), dan t selang waktu pengamatan (jam).

Analisis validasi hasil simulasi terhadap pengukuran menggunakan pendekatan uji linieritas garis regresi serta analisis data berpasangan menggunakan *pairs comparison (t-test)* untuk mengetahui efek dua perlakuan terhadap hipotesa.

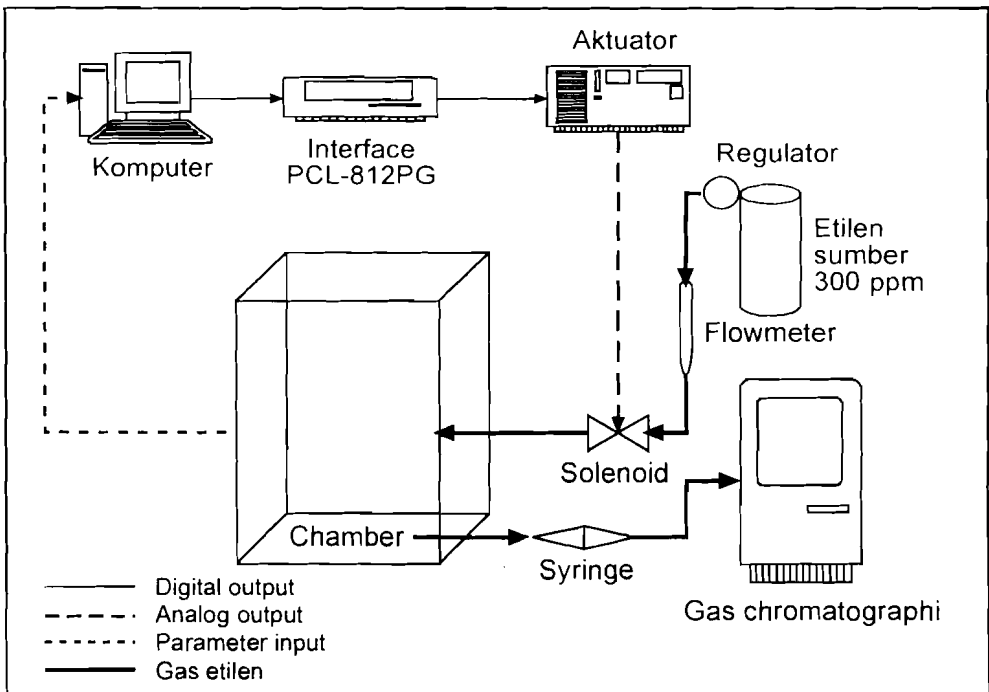
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem Injeksi Etilen

Massa pisang, massa jenis pisang, volume ruang pemeraman (*chamber*), tekanan tabung, tekanan yang keluar dari dalam tabung, laju aliran gas, konsentrasi etilen yang dibutuhkan untuk proses pematangan, dan konsentrasi etilen dalam tabung merupakan parameter yang digunakan dalam otomatisasi injeksi etilen. Sistem injeksi etilen secara

kontinyu dan terkendali dengan aliran gas yang sangat kecil harus dikontrol dengan hati-hati. Biasanya dilakukan dengan mengurangi tekanan gas yaitu mengatur dua buah *regulator*, pertama untuk menentukan jumlah gas yang diinjeksikan dan kedua mengatur debit aliran gas.

Sistem injeksi etilen secara otomatis bekerja berdasarkan respon sistem terhadap kerja solenoid untuk membuka saluran pipa etilen. Katub solenoid terbuka pada saat nilai digital output sebesar 255 dan sebaliknya jika digital output sebesar 0 maka katub solenoid tertutup. Jumlah konsentrasi etilen terinjeksi tergantung pada lama pembukaan katub solenoid yang disesuaikan dengan jumlah bahan yang diperam. Oleh karena itu dalam perancangan sistem injeksi etilen dilakukan pengujian bukaan *regulator* untuk melihat pengaruh perubahan tekanan gas terhadap laju (debit) aliran gas etile.

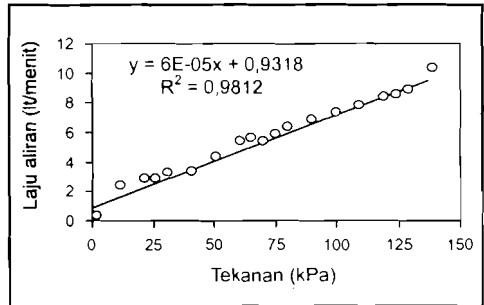


Gambar 1. Skema sistem injeksi etilen secara otomatis.

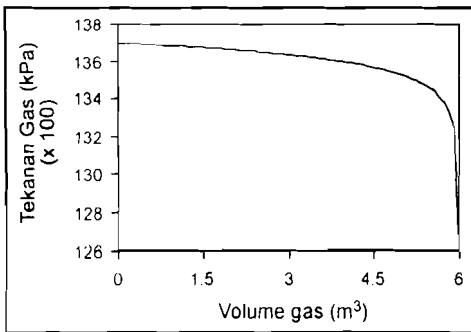
Hubungan tekanan gas tersebut ditunjukkan pada Gambar 3, dimana untuk mencapai laju aliran 10 (// menit) tekanan dari tabung gas sebesar 137 kPa, sedangkan pada laju aliran gas sebesar 5 (// menit) tekanan tabung gas sebesar 58.7 kPa. Demikian juga dengan laju aliran gas sebesar 2.5 (// menit) tekanan sebesar 19.6 kPa. Berdasarkan hubungan tersebut dapat diprediksikan laju aliran gas saat terjadi perubahan tekanan gas keluar dengan pendekatan persamaan $Y = (6 \times 10^{-5}) X + 0.9318$, dengan koefisien korelasi sebesar 0.98, dimana Y adalah laju aliran gas (// menit), sedangkan X adalah tekanan gas (kPa). Selain itu dapat diprediksi perubahan tekanan gas dalam tabung selama injeksi sampai gas dalam tabung habis, seperti disajikan pada Gambar 2. Berdasarkan asumsi volume gas yang diinjeksikan tetap dengan tekanan gas sebesar 98.86 kPa yang tetap maka volume gas dalam tabung habis setelah 6 m³ sampai tekanan gas tidak terdeteksi lagi.

Menurut Satu (1995) syarat volume bebas dalam ruang penyimpanan atau pemeraman adalah ¼ dari volume ruang (*chamber*) yang digunakan untuk proses tersebut. Oleh karena itu berat buah yang dimasukkan ke dalam *chamber* tidak boleh mengakibatkan volume bebas lebih kecil dari ¼ volume *chamber*. Perbandingan volume bebas dengan berat bahan seperti yang disimulasi pada

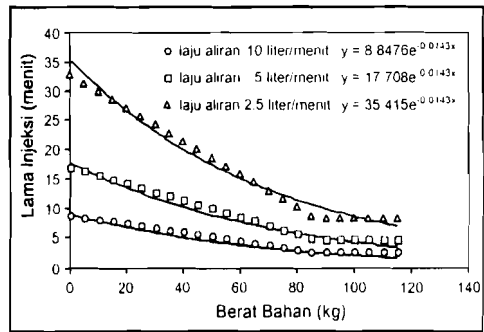
Gambar 4 menunjukkan semakin banyak bahan yang diperam maka lama injeksi etilen untuk trigger semakin cepat, tetapi kecepatan injeksi tersebut juga dipengaruhi oleh laju aliran gas selama injeksi. Oleh karena itu, berat disesuaikan dengan kapasitas pemeraman dengan batasan *head space* ¼ dan laju aliran gas disesuaikan dengan konsentrasi etilen sumber sebesar 300 ppm dan lama injeksinya sehingga trigger etilen lebih efektif. Berdasarkan Tabel 1 terlihat semakin cepat laju aliran gas maka lama injeksi etilen juga semakin cepat, demikian juga semakin banyak bahan dalam sistem pematangan buatan maka lama injeksi juga semakin cepat. Injeksi etilen dengan laju aliran gas 10 (//menit), berat bahan 100 kg diperlukan lama injeksi etilen sebesar 2.05 menit, sedangkan untuk laju aliran 2.5 (//menit) diperlukan lama injeksi sebesar 8.18 menit.



Gambar 3. Hubungan tekanan gas terhadap laju aliran gas.



Gambar 2. Perubahan tekanan gas dalam tabung saat injeksi etilen.



Gambar 4. Perbedaan lama penginjeksian etilen pada berbagai laju aliran gas

Tabel 1. Simulasi laju aliran dan berat bahan terhadap lama injeksi etilen.

Laju aliran gas (// menit)	Berat bahan (kg)	Lama injeksi (menit)	R ²
2.5	Tanpa bahan	32.73	0.97
	50	18.54	
	100	8.18	
5	Tanpa bahan	16.36	0.97
	50	9.27	
	100	4.09	
10	Tanpa bahan	8.18	0.97
	50	4.64	
	100	2.05	

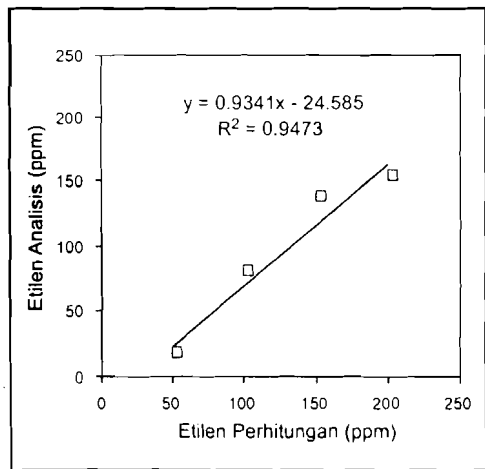
Mekanisme Injeksi Etilen

Penginjeksian etilen dilakukan berdasarkan lama pembukaan katup solenoid pada tekanan gas etilen sebesar 1 Pa dan laju aliran gas yang digunakan pada percobaan 10 (// menit). Periode waktu pembukaan katup solenoid dihitung berdasarkan jumlah etilen yang digunakan untuk *trigger* pematangan. Pengujian dilakukan dengan menginjeksikan gas etilen dari tabung ke dalam *chamber* pada empat perlakuan konsentrasi etilen yaitu 50, 100, 150, dan 200 ppm. Hubungan sistem injeksi dilihat dari linearitas konsentrasi etilen perlakuan dengan konsentrasi etilen hasil pengujian.

Gambar 5 menunjukkan perbandingan konsentrasi etilen yang diinjeksikan dengan konsentrasi etilen pengukuran. Dari grafik tersebut diperoleh persamaan regresi yaitu $y_1 = 0.9341x_1 - 24.585$ dengan koefisien korelasi (r^2) sebesar 0.9473, dengan kondisi batas $x_1=0, y_1=0$ dan variabel y_1 menunjukkan konsentrasi etilen pengukuran (ppm) dan variabel x_1 merupakan konsentrasi etilen yang diinjeksikan (ppm). Berdasarkan

perhitungan konsentrasi etilen 150 ppm waktu yang dibutuhkan untuk penginjeksian adalah 6.3 menit, hasil pengukuran konsentrasi etilen dalam *chamber* menunjukkan 132.5 ppm. Demikian juga perhitungan konsentrasi etilen 100 ppm waktu yang dibutuhkan untuk penginjeksian adalah 4.2 menit, hasil pengukuran konsentrasi etilen dalam *chamber* menunjukkan 75.17 ppm. Pada pengujian dengan konsentrasi etilen 200 ppm diperoleh hasil sebesar 148.18 ppm.

Hasil uji linieritas penginjeksian etilen secara otomatis berdasarkan lama pembukaan katub solenoid dengan standar deviasi sebesar 13.95, standar error sebesar 4.93. Hal ini menunjukkan konsentrasi etilen penginjeksian secara otomatis berbeda nyata dibandingkan dengan perhitungan. Oleh karena itu, sistem injeksi masih belum memenuhi kebutuhan *trigger* secara tepat, tetapi mekanisme injeksi secara otomatis dapat dilakukan dengan menentukan lama pembukaan katub solenoid. Penyimpangan nilai injeksi dengan perhitungan disebabkan sistem aktif pada saat sistem pengendalian tinggi permukaan air dan suhu juga aktif, sehingga etilen terbawa keluar ruang pemeraman melalui celah sirkulasi dan



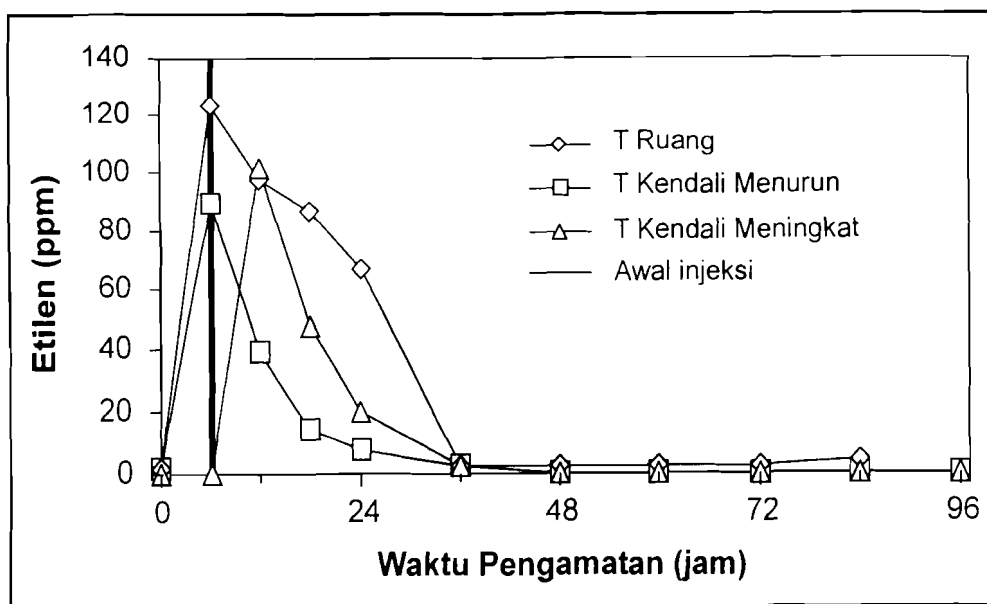
Gambar 5. Perbandingan konsentrasi etilen injeksi dengan pengukuran

ventilasi udara. Dengan demikian, sistem harus dilakukan dengan mempertimbangkan waktu trigger dan sirkulasi udara agar tidak terjadi kebocoran etilen terinjeksi.

Pada awal proses pematangan untuk semua perlakuan suhu, etilen relatif kecil sehingga tidak terdeteksi seperti ditunjukkan Gambar 6. Enam jam berikutnya dilakukan penginjeksian etilen sebesar 200 ppm, sehingga etilen dalam ruang pemeraman meningkat menjadi 122.94 ppm untuk suhu ruang, 89.35 ppm untuk suhu pengendalian bertahap menurun dan 101.26 untuk suhu pengendalian bertahap meningkat (12 jam berikutnya). Selama 24 jam *trigger* etilen terjadi penurunan konsentrasi etilen sampai 66.36 ppm suhu ruang, 7.39 ppm suhu pengendalian bertahap menurun dan 20.25 ppm suhu pengendalian bertahap meningkat yang disebabkan oleh aktivitas sistem sirkulasi udara secara kontinyu dan terintegrasi. Oleh karena itu, injeksi etilen dan produksi etilen tidak dapat dibedakan pengaruhnya. Menurut Kyamuhangire, et al (1999) pada awal proses pemeraman

dengan metode rak dan penimbunan dalam tanah etilen tidak terdeteksi. Etilen terendah yang terdeteksi sebesar 60 ppm dicapai setelah 10-12 jam pemeraman untuk kedua metode tersebut. Pada hari kedua tanah penutup dibuang, sehingga konsentrasi etilen turun drastis di bawah 60 ppm sampai akhirnya tidak terdeteksi.

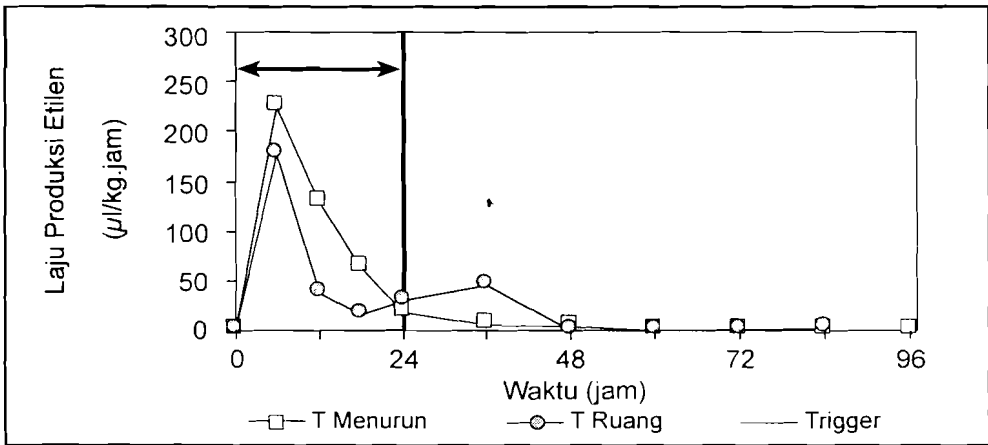
Pematangan buatan biasa dilakukan dengan memberikan *trigger* etilen untuk mempercepat kematangan. Etilen merupakan hormon tumbuhan yang berbentuk gas, memiliki fungsi dalam metabolisme tanaman dimana dapat mempercepat proses pematangan. Komponen gas ini sangat penting dan perlu diamati keberadaannya dalam ruang penyimpanan dan pematangan buah-buahan. Gas ini mempunyai efek fisiologi yang sangat besar pada buah-buahan, terutama pada aktivitas respirasi dan pematangan. Dengan demikian, produksi gas etilen harus selalu dimonitor bersamaan dengan pengukuran kecepatan respirasi agar umur simpan dapat diperpanjang dan pematangan terjadwal (Inaba et al., 1989).



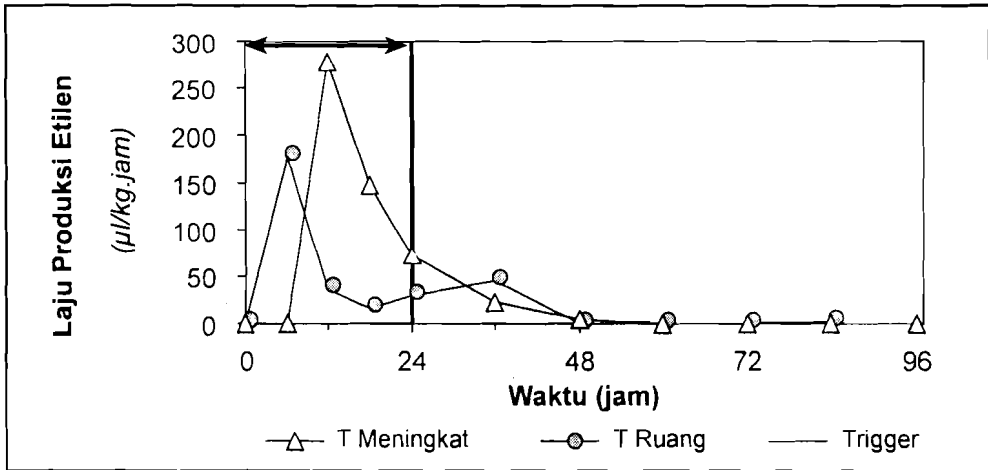
Gambar 6. Perubahan etilen selama perlakuan suhu pematangan buatan.

Pematangan buatan dengan perlakuan suhu yang berbeda diharapkan dapat menunjukkan pengaruh perilaku etilen sebagai *trigger*. Gambar 7(a) menunjukkan injeksi etilen 200 ppm saat awal proses pematangan dengan pengendalian suhu bertahap menurun (25, 22, 20 dan 18°C), laju produksi etilennya sebesar 224.44 l kg⁻¹ jam⁻¹ lebih besar dibanding pemeraman pada suhu ruang (30°C) sebesar 176.26 l kg⁻¹ jam⁻¹. Sedangkan pada Gambar 7(b), laju produksi tertingginya sebesar 276.4 l kg⁻¹ jam⁻¹ tetapi pola laju produksi etilennya bergeser lebih lama. Hal ini

menunjukkan perlakuan suhu meningkat (18, 20, 22, dan 25°C) berpengaruh pada *trigger* pematangan dan efektivitasnya. Sutrisno et al., (1996) menyatakan produksi etilen secara bertahap kecepatan produksinya meningkat dari 0.1 l kg⁻¹ jam⁻¹ menjadi 3.2 l kg⁻¹ jam⁻¹ pada hari ke-80 dengan suhu 1°C. Pada saat suhu dinaikkan menjadi 5°C maka produksi etilen meningkat menjadi 6.1 l kg⁻¹ jam⁻¹, disamping itu saat suhu meningkat secara drastis laju produksi juga meningkat dengan cepat. Dengan demikian, pengaruh suhu pematangan terhadap *trigger* etilen sangat besar.



Gambar 7(a) Suhu menurun



Gambar 7(b) suhu meningkat

Gambar 7. Laju produksi etilen selama trigger pematangan.

KESIMPULAN

1. Laju aliran, tekanan gas etilen dalam tabung, serta sirkulasi udara dalam ruang pematangan buatan sangat mempengaruhi ketepatan injeksi etilen.
2. Sistem penginjeksian etilen secara otomatis berdasarkan lama pembukaan katub solenoid pada tekanan 1 Pa dan laju aliran gas 10 l/menit dengan standar error sebesar 4.93 dan koefisien korelasi 0.947.
3. Laju produksi etilen pada pematangan buatan dengan *trigger* etilen pada suhu pengendalian menurun lebih besar dari pada suhu ruang, tetapi pola laju produksinya bergeser lebih lama.

Saltveit, M.E. 1996. Physical And Physiological Change In Minimally Processed Fruits And Vegetables. In: Phytochemistry Of Fruit And Vegetables. F.A. Tomas-Barberan (ed) Oxford univ. Press.

Satuhu, S. 1995. Teknik Pemeraman Buah. Penebar Swadaya, Jakarta.

Sutrisno, Seo, Y., Sagara, Y. and Kawagoe, Y. 1996. Otomatisasi Pada Sistem Pengukuran Respirasi Komoditas Hortikultura Selama Penyimpanan. Makalah Seminar Nasional, PERTETA, Bogor.

UCAPAN TERIMA KASIH

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

PUSTAKA

- Inaba, A., Y. Kubo, and R. Nakamura. 1989. Automated Microcomputer System For Measurement Of O₂ Uptake, CO₂ Output, And C₂H₄ 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 Postharvest technology of horticultural crops. University of California. Oakland, California.
- 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.