

# MODEL PELUNAKAN BUAH PISANG RAJA (*Musa sp.*) YANG DISIMPAN DALAM ATMOSFIR TERMODIFIKASI

## (MODELLING OF TEXTURAL BEHAVIOR OF BANANA (*Musa sp.*) FRUIT STORED IN MODIFIED ATMOSPHERE)

R. Hartanto,<sup>1</sup> Suprodjo,<sup>2</sup> Budi Rahardjo,<sup>2</sup> Tranggono<sup>2</sup>

### ABSTRACT

The banana (*Musa sp.*) cv. Raja fruits were stored at varied modified atmosphere, in the impermeable cuvettes, containing carbon dioxide concentration of 1, 2, 3, and 4%, oxygen concentration of 2, 4, 6, and 8% and nitrogen. The temperature treatments were 12, 20, and 24 C. The gas within the cuvette was replaced daily. The texture of the fruit was measured every two day. The model of textural behavior was developed.

The results showed that the model of textural behavior was fit to predict the banana texture stored in the modified atmosphere condition.

Key words: modelling, modified atmosphere, texture.

### I. PENDAHULUAN

Mutu fisik buah-buahan biasanya dinyatakan dalam sifat fisiknya, yaitu tekstur. Tekstur buah digunakan untuk menyatakan tingkat kelunakan yang sesuai dengan rasa enak di mulut. Tekstur biasanya dinyatakan sebagai kekerasan buah. Kekerasan buah didefinisikan sebagai gaya yang diperlukan untuk mencapai suatu deformasi tertentu pada permukaan buah, atau gaya yang diperlukan untuk menghancurkan potongan tertentu dari buah. Kekerasan buah dapat digunakan untuk menyatakan tingkat kematangan buah. Selama pematangan buah akan kehilangan kekerasannya sampai tingkat tertentu.

Tekstur buah-buahan bergantung pada ketegangan, ukuran, bentuk, dan keterikatan sel-sel, adanya jaringan penunjang dan susunan tanamannya (Pantastico, 1975). Ketegangan disebabkan oleh tekanan isi sel pada dinding sel, bergantung pada konsentrasi zat-zat osmotik aktif dalam vakuola, permeabilitas protoplasma, dan elastisitas dinding sel (Pantastico, 1975). Baik ukuran maupun bentuk sel mempengaruhi tekstur. Sel-sel kecil dengan sedikit ruang antar sel atau ruang antar sel yang kecil membentuk tekstur yang padat; sel-sel yang besar sering disertai dengan ruang-ruang antar sel yang besar, membentuk tekstur yang besar seperti spon (Neuvel, 1959 cit. Pantastico, 1975). Keterikatan sel-sel bergantung pada banyak dan mutu sel-sel sejenis pektin yang tersedia. Proses pematangan menambah jumlah zat-zat pektin terlarut, yang mengakibatkan sel-sel mudah terpisah-pisah. Menurunnya ketegangan ada hubungannya dengan pembentukan zat-zat pektin yang dapat larut dalam air (Doesburg, 1961 cit. Pantastico, 1975).

Pelunakan yang terjadi pada buah-buahan selama proses pematangan disebabkan oleh adanya perubahan turgor sel yang dipengaruhi oleh kadar air dan absorpsi makromolekul pada dinding sel dan sitoplasma (Palmer,

1971; Fennema, 1976). Selama pematangan tekstur buah menjadi lunak yang disebabkan oleh berkurangnya senyawa-senyawa pektin, selulose, dan hemiselulose. Rahardjo dkk. (1998) telah meneliti perilaku tekstural buah sawo selama pematangan.

Penyimpanan buah-buahan dengan atmosfer termodifikasi, merupakan suatu cara untuk memanipulasi atmosfer mikro penyimpanan, diyakini dapat menunda pematangan, menunda peranan etilen bagi pematangan, menunda proses perubahan warna, dan menunda pelunakan (Pantastico, 1975; Tranggono dkk., 1992; Yang dan Chinnan, 1987). Sudiarti dan Sutrisno (1998) telah meneliti pengaruh kondisi penyimpanan atmosfer termodifikasi terhadap tingkat kekerasan buah mangga terolah minimal. Yantarasri dkk. (1994) telah meneliti pengaruh penyimpanan atmosfer termodifikasi terhadap sifat-sifat fisik buah mangga.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan parameter-parameter pelunakan dari buah pisang raja berdasarkan *impact* pada berbagai perlakuan atmosfer termodifikasi. Model matematika digunakan untuk mengestimasi tingkat kematangan buah pisang raja berdasarkan parameter-parameter pelunakannya.

### Teori

Dengan menggunakan  $P$  untuk menyatakan parameter *impact*, parameter bergantung waktu dinyatakan sebagai model kinetika orde pertama:

$$\frac{dP(t)}{dt} = -kP(t) \dots\dots\dots (1)$$

Untuk penurunan tekstur selama pematangan, kondisi awal  $P(t=0)=P_0$  dan kondisi batas  $P(t=\infty)=0$ . Penyelesaian persamaan (1) adalah sebagai berikut:

$$\frac{P(t)}{P_0} = \exp(-kt) \dots\dots\dots (2)$$

Laju penurunan tekstur atau pelunakan dinyatakan sebagai:

$$\frac{dP(t)}{dt} = C \exp(-kt) \dots\dots\dots (3)$$

$$\frac{P(t) - P_0}{P_0} = A[1 - \exp(-kt)] \dots\dots\dots (4)$$

Persamaan (2) atau (4) dapat digunakan untuk menyatakan perilaku tekstural buah pisang raja selama pematangan individual pada perlakuan atmosfer termodifikasi. Perbedaan perlakuan dalam atmosfer termodifikasi dapat dinyatakan dalam perbedaan nilai  $P(t)$ ,  $A$  dan  $k$ .

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung, Lampung

<sup>2</sup> Guru Besar Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

## II. BAHAN DAN METODE

### a. Sampel

Buah pisang raja yang telah tua optimal digunakan sebagai sampel. Buah diperoleh dari kebun penduduk daerah Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Bahan pendukung seperti gas O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> digunakan untuk menyusun atmosfer termodifikasi. Gas diperoleh dari PT. Aneka Gas Cabang Yogyakarta.

### b. Alat

Kuvet yang tidak permeabel terhadap udara digunakan untuk menyimpan sampel. Volume masing-masing kuvet adalah 3300 ml. Refrigerator digunakan untuk perlakuan suhu 12 dan 20 °C dan ruang ber-AC digunakan untuk perlakuan suhu 24 °C. *Lloyd Universal Instrument* digunakan untuk pengujian tekstur.

### c. Cara Penelitian

Dipilih sampel lima buah pisang Raja, dibersihkan, dicelup dalam larutan benlate 0,1% selama beberapa menit, dilap diangin-anginkan, kemudian dimasukkan ke dalam kuvet. Kuvet ditutup rapat, udara di dalamnya diambil dengan pompa vakum, kemudian diisi gas N<sub>2</sub>. Diambil gas N<sub>2</sub> dari kuvet sebanyak O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> yang akan ditambahkan, kemudian dimasukkan gas-gas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> (Tabel 1). Komposisi gas-gas penyimpanan dikembalikan pada kondisi semula pada setiap hari.

Pada setiap dua hari sekali dilakukan pengukuran tingkat kekerasan, gaya yang diperlukan untuk memotong secara melintang, buah pisang Raja

Table 1. Gas compositions to store the banana samples and temperature treatments.

No.	CO <sub>2</sub> :O <sub>2</sub> :N <sub>2</sub>	Temp. (C)
1	1:2:97	12
2	1:4:95	12
3	1:6:93	12
4	1:8:91	20
5	2:2:96	12
6	2:4:94	12
7	2:6:92	12
8	2:8:90	20
9	3:2:95	12
10	3:2:95	20
11	3:2:95	24
12	3:4:93	12
13	3:6:91	12
14	3:8:89	20
15	4:2:94	24
16	4:4:92	24
17	4:6:90	24
18	4:8:88	20
19	0:21:79	24

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai-nilai parameter pelunakan buah pisang Raja dan koefisien determinasinya disajikan pada Tabel 2. Grafik observasi dan prediksi pelunakan buah pisang Raja pada masing-masing perlakuan penyimpanan disajikan dalam Gambar 1.

Perlakuan penyimpanan dengan komposisi gas-gas CO<sub>2</sub> = 1, 2, 3, dan 4%, O<sub>2</sub> = 2, 4, 6, dan 8% dan N<sub>2</sub> sisanya dapat menunda pematangan buah pisang raja antara 4

sampai 20 hari. Model perubahan pelunakan dengan persamaan (4) dapat digunakan untuk menduga dengan tepat perubahan pelunakan sesuai dengan kondisi atmosfer termodifikasi sebagai perlakuan penyimpanan.

Atmosfir termodifikasi dapat menunda pematangan, terutama menunda proses autokatalitis dari etilen dalam pematangan. Pada perlakuan dengan CO<sub>2</sub> 1% dan O<sub>2</sub> berturut-turut 6, 4, dan 2% kekerasan dapat dipertahankan berturut-turut sampai hari ke-16, 18, dan 20, dari kekerasan mula-mula sebesar 42,94 N menjadi 6—7 N. Pada perlakuan CO<sub>2</sub> 2 dan 3% dan O<sub>2</sub> berturut-turut 6, 4, dan 2% kekerasan dapat dipertahankan sampai hari ke-20 dengan nilai kekerasan akhir menjadi sekitar 6—9 N. Kecuali pada perlakuan CO<sub>2</sub> 2% dan O<sub>2</sub> 2% hingga hari ke-20 nilai kekerasan tetap tinggi (37,26 N).

Puncak klimakterik paling lambat terjadi pada hari ke-15, yaitu pada perlakuan-perlakuan CO<sub>2</sub> 1, 2, dan 3% dan O<sub>2</sub> 2% suhu 12 °C. Sampai dengan konsentrasi 1—3% CO<sub>2</sub> buah pisang raja tampaknya masih toleran, demikian pula dengan konsentrasi 2% O<sub>2</sub> ternyata dapat menekan laju respirasi (Hartanto dkk., 2001) dan mempertahankan kekerasan pada 37,26 N.

Table 2 *A* and *k* constant values and R<sup>2</sup> of Raja banana fruits stored in the various modified atmosphere conditions.

No.	CO <sub>2</sub> :O <sub>2</sub> :N <sub>2</sub>	T (°C)	<i>A</i>	<i>k</i>	R <sup>2</sup>
1	1:2:97	12	56.199	0.1035	0.878
2	1:4:95	12	55.946	0.0882	0.714
3	1:6:93	12	61.084	0.1055	0.811
4	1:8:91	20	52.655	0.2155	0.85
5	2:2:96	12	40.693	0.008	0.216
6	2:4:94	12	52.886	0.1257	0.856
7	2:6:92	12	51.976	0.046	0.48
8	2:8:90	20	37.133	0.1918	0.77
9	3:2:95	12	53.826	0.0841	0.861
10	3:2:95	20	51.045	0.2403	0.742
11	3:2:95	24	51.891	0.127	0.737
12	3:4:93	12	59.124	0.1129	0.767
13	3:6:91	12	61.68	0.1191	0.781
14	3:8:89	20	31.29	0.1851	0.654
15	4:2:94	24	36.994	0.2167	0.798
16	4:4:92	24	31.496	0.2067	0.735
17	4:6:90	24	60.358	0.1194	0.923
18	4:8:88	20	33.112	0.1858	0.613
19	0:21:79	24	52.249	0.1528	0.703

### Pengaruh Suhu

Pada perlakuan CO<sub>2</sub> 3% dan O<sub>2</sub> 2% dengan suhu yang berbeda-beda (12, 20 dan 24 °C), dengan menggunakan Arrhenius plot diperoleh angka energi aktivasi (*E<sub>a</sub>*) sebesar 34,392 KJ/mol (R<sup>2</sup>=0,319). Pengaruh suhu dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$k = k_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (5)$$

dengan *k<sub>0</sub>* = konstanta laju reaksi pada 1/*T* = 0 atau konstanta Arrhenius, *E<sub>a</sub>* = energi aktivasi, KJ/mol, *R* = tetapan gas, 8,314 J/mol.K, dan *T* = suhu mutlak, K.

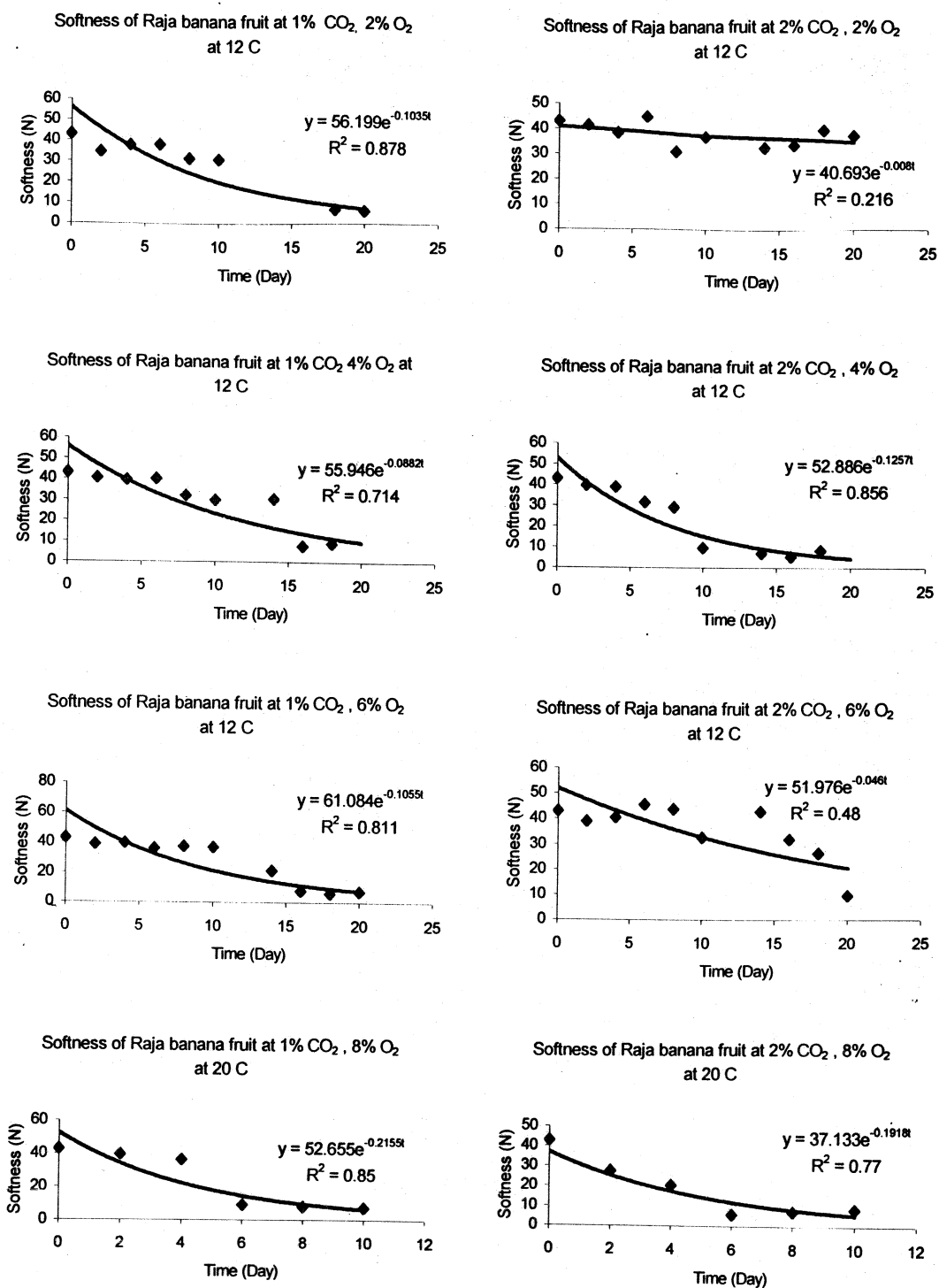


Fig. 1 Softness change rate of Raja banana fruits (♦ observed; — predicted) stored in various modified atmosphere conditions.

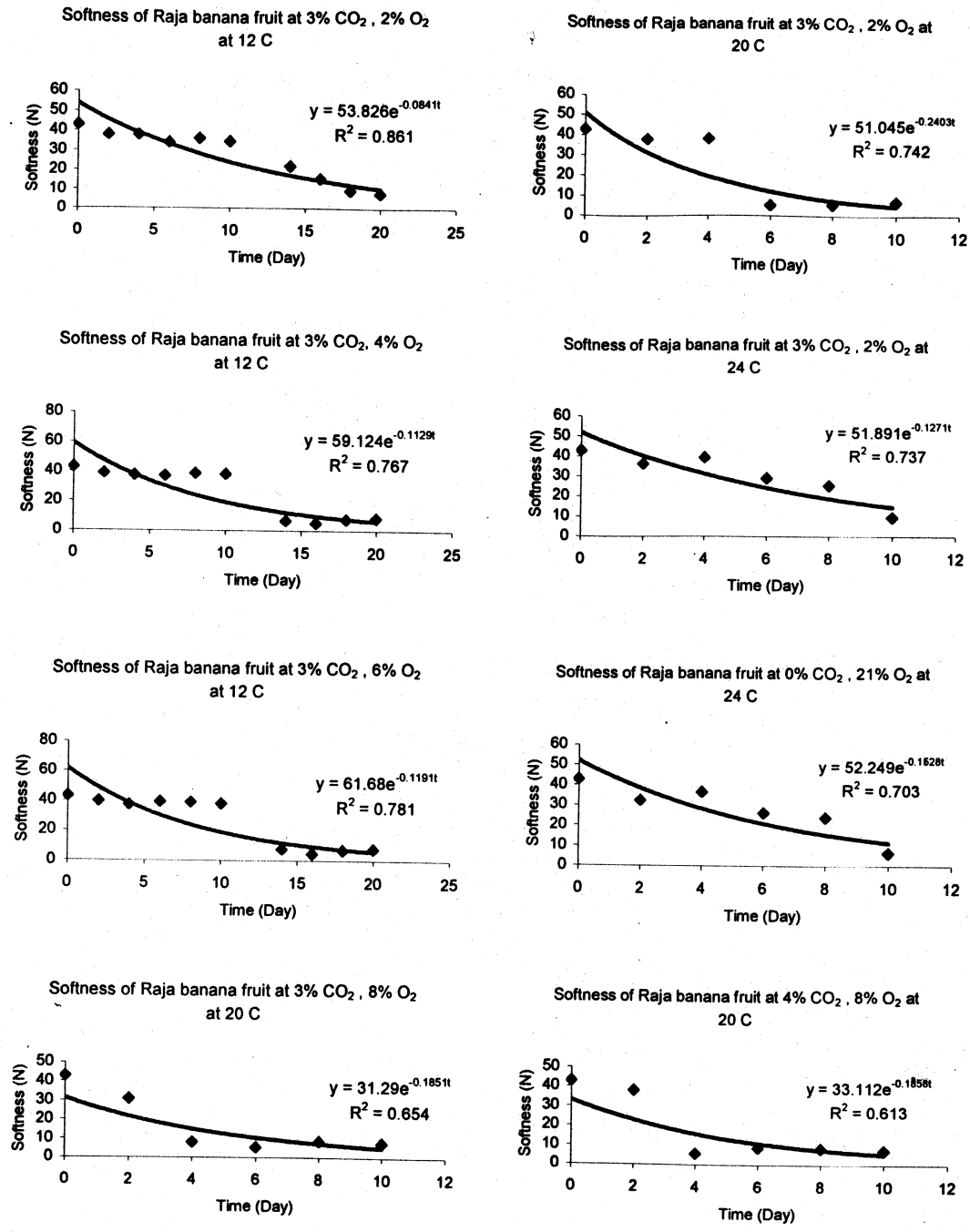
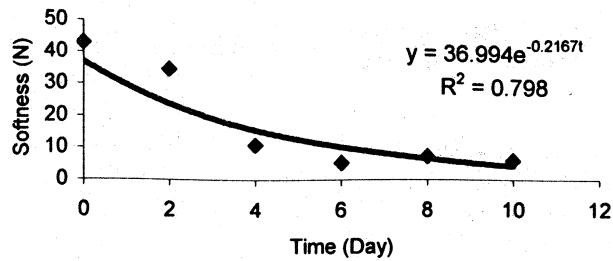
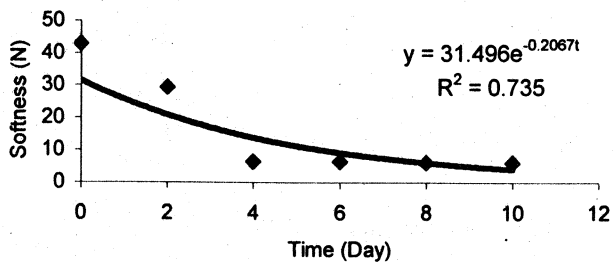


Fig. 1 (Continued)

Softness of Raja banana fruit at 4% CO<sub>2</sub>, 2% O<sub>2</sub> at 24 C



Softness of Raja banana fruit at 4% CO<sub>2</sub>, 4% O<sub>2</sub> at 24 C



Softness of Raja banana fruit at 4% CO<sub>2</sub>, 6% O<sub>2</sub> at 24 C

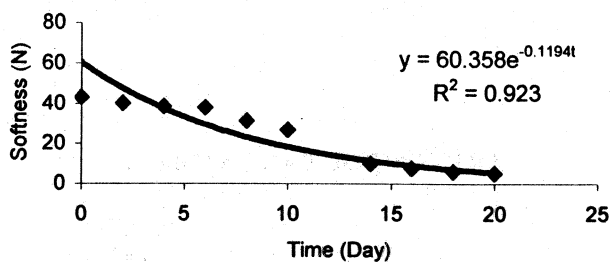


Fig. 1 (Continued)

Pada suhu 20 dan 24 °C, perlakuan CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>=3/2/95 buah pisang raja sudah lunak masing-masing pada hari ke-10 dan 6. Sedangkan pada suhu 12 °C kekerasan dapat dipertahankan hingga hari ke-20 (7,63N). Pada perlakuan yang lain CO<sub>2</sub> 1, 2, 3, dan 4% dan O<sub>2</sub> 8% dengan suhu 20 °C semua buah sudah mengalami pelunakan antara hari ke-4 hingga ke-6. Hal ini dapat disebabkan oleh keadaan konsentrasi O<sub>2</sub> tinggi, sehingga cukup untuk mensuplai metionin dalam pembentukan C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> yang secara autokatalitik merangsang pematangan.

#### IV. KESIMPULAN

Model pelunakan buah pisang raja yang disimpan di dalam atmosfer termodifikasi mengikuti persamaan eksponensial dengan nilai *k* sebagai parameter pelunakan bergantung waktu dan *A* bervariasi bergantung kondisi penyimpanan.

Model pelunakan dapat digunakan untuk menduga tingkat pelunakan buah pisang raja yang disimpan di dalam atmosfer termodifikasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Fennema, O. R. 1976. *Principle of Food Science*. Part I .Marcel Dekker Inc. New York.
- Gautz, L. D. and D. N. Bhambare. 1990. Relation between Viscoelastic Properties and Maturity of Mangoes. *ASAE Paper No. 90-6043*.
- Hartanto, R., Sri Hidayati dan Agus Haryanto. 2001. *Penggunaan Fotoakustik untuk Penentuan Kinetika Kemunduran Mutu Buah dalam Penyimpanan Atmosfir Termodifikasi: Optimasi untuk Mendukung Potensi Ekspor Buah Tropik*. Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian Universitas Lampung (Tidak Dipublikasikan).
- Pantastico, Er. B. (Ed.). 1975. *Postharvest Physiology: Handling and Utilization of Tropical and Sub-Tropical Fruits and Vegetables*. The AVI Connecticut.
- Palmer, J. K. 1971. The Banana. In Hulme, A. C. (ed.). *The Biochemistry of Fruits and Their Products*. Vol. 2. Academic Press. London.
- Rahardjo, B., Tranggono and J. S. Dethan. 1998. Textural Behavior of Ripening Sapota Fruits. *Indonesian Food and Nutrition Progress*, Vol 5. No. 2. 43-48.
- Sudiarti, Ni Made dan Sutrisno. 1998. Pengkajian Karakteristik Penyimpanan Produk 'Minimally Processed' Buah Nangka Pada Sistem MAP. *Prosiding Seminar dan Kongres PERTETA*. Yogyakarta. 158-169.
- Tranggono. 1992. Fisiologi Pasca panen. Fakultas Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Hal. 69.
- Tranggono, Suhardi dan Umar Santoso. 1992. *Memperpanjang Umur Simpan Buah Salak Pondoh dengan Penyimpanan dalam Atmosfir Termodifikasi*. Laporan Penelitian (Tidak Dipublikasikan). PAU Pangan dan Gizi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Yang, C. C. and M. S. Chinnan. 1987. Modeling of Color Development of Tomatoes In Modified Atmosphere Storage. *Trans. of The ASAE*. Vol 30(2): 548-553.
- Yantarasri, T., J. Uthaibutra, J. Sornsrivichai, W. Kumpuan, V. Sardud, and N. Kana-Thum. 1993. Modified Atmosphere Packaging by Perforated Polymeric Film and Its Effect on Physical Properties of Mango Fruit. In *Postharvest Handling of Tropical Fruits: Proceedings of an International Conference*, Chiang May, Thailand. 438-440.
- Weichmann, J., 1987. *Postharvest Physiology of Vegetables*. Marcel Dekker Inc. New York.
- Wills, R. B. H., T. H. Lee, D. Graham, W. B. McGlasson and E. G. Hall. 1981. *Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruits and Vegetables*. New South Wales University Press Ltd., Kensington, N. S. W. Australia.

## ARTI SIMBOL DAN LAMBANG

$A$	: konstanta	$O_2$	: oksigen
$C$	: konstanta	$P$	: kelunakan, N
$CO_2$	: karbon dioksida	$R$	: konstanta gas, J/mol
$E_a$	: energi aktivasi, KJ/mol.K	$R^2$	: koefisien determinasi
$k$	: konstanta	$t$	: waktu
$N_2$	: nitrogen	$T$	: suhu absolut, K