

PENGARUH SUHU PENYIMPANAN TERHADAP KECEPATAN RESPIRASI: MODEL RESPIRASI PISANG "CAVENDISH"

Effect of Storage Temperature on Respiration Rate: Respiration Model of *Cavendish* Banana

Adrianus Rulianto Utomo^{*)}

Abstract

A respiration model, based on enzyme kinetic, was proposed for predicting respiration rates of Cavendish Banana as a function of O₂ and CO₂. Respiration rate were measured with the close system. Cavendish Bananas were kept in close glass jars, covered with rigid cover. Sampling of head space gas was done every 2x24 hr for 3 weeks and the gas were analyzed for O₂ and CO₂ by gas chromatography. The experiments were conduct at 10°C (refrigeration), 20°C (air conditioner room) and 30°C (room temperature). It was found that maximum respiration rate was affected by storage temperature. Using the Arrhenius plot, it showed that the higher storage temperature the faster respiration rate.

Keywords: respiration, storage, cavendish, model

PENDAHULUAN

Sesuai dengan data yang diperoleh dari Departemen Pertanian Republik Indonesia, produksi pisang di Indonesia pada tahun 1985 tercatat sebesar 1.908.627 ton, pada tahun 1990 tercatat sebesar 12.410.099 ton, dan pada tahun 1995 tercatat sebesar 3.805.431 ton. Berdasarkan data tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa potensi untuk mengekspor pisang dalam keadaan segar sangatlah besar. Akan tetapi pisang memiliki umur simpan yang pendek, yaitu ± 3 minggu, padahal untuk diekspor, pisang tersebut harus tetap dalam keadaan hijau sampai di negara tujuan dalam jangka beberapa hari sampai beberapa minggu.

Laju respirasi merupakan petunjuk yang baik untuk menentukan daya simpan buah dan sayuran setelah dipanen. Intensitas respirasi dianggap sebagai ukuran laju jalannya metabolisme, sehingga sering dianggap sebagai petunjuk mengenai potensi daya simpan buah dan sayuran. Laju respirasi tinggi

akan disertai umur simpan yang pendek (Syarief dan Halid, 1991).

Menurut Susanto (1994), respirasi merupakan perombakan bahan yang lebih kompleks di dalam sel seperti pati, gula dan asam organik dengan bantuan oksigen (oksidatif) menjadi molekul sederhana (CO₂ dan H₂O), sekaligus menghasilkan energi dan molekul lainnya yang bisa dipakai sel untuk reaksi sintesa. Respirasi dapat berlangsung secara aerob dan anaerob, dan pada kondisi lingkungan udara yang mengandung oksigen cukup, respirasi akan berjalan secara aerob. Respirasi aerob merupakan proses katabolik dengan tujuan memperoleh energi yang diperlukan untuk proses kehidupan.

Kader (1987) menyatakan bahwa secara keseluruhan proses, respirasi secara aerob ini meliputi regenerasi ATP (*adenosine triphospate*) dari ADP (*adenosine diphospate*) dan Pa (*phospat anorganik*) dengan membebaskan CO₂ dan H₂O, dengan demikian tujuan utama respirasi adalah mempertahankan kesediaan ATP. Apabila gula heksosa sebagai substrat, maka persamaan reaksi respirasi aerob secara keseluruhan dapat dituliskan sebagai berikut :

^{*)} Staf Pengajar Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya



Kira-kira 42 % dari total energi yang dihasilkan (673 kalori), dipergunakan untuk kegiatan biologis, sedangkan sisanya hilang dalam bentuk panas.

Respirasi anaerob adalah respirasi yang berlangsung tanpa adanya O_2 . Dalam respirasi anaerob ini gula (heksosa) akan diubah menjadi CO_2 dan alkohol, dan dihasilkan 2 mol ATP dan 21 kilo kalori energi.

Respirasi memegang peranan utama dalam umur pasca panen buah dan sayuran segar, karena alasan sebagai berikut :

a. Kehilangan Substrat

Respirasi dapat mengakibatkan hilangnya cadangan makanan dalam jaringan dan menurunnya rasa (khususnya rasa manis) dan nilai nutrisi dalam bahan pangan bagi konsumen. Jika substratnya adalah gula heksosa, maka 180 gram gula hilang untuk setiap 264 gram CO_2 yang diproduksi.

b. Kebutuhan Oksigen

Oksigen yang tersedia harus cukup untuk mempertahankan respirasi aerob. Hal ini akan berkaitan dengan cara penanganan komoditi pasca panen, misalnya pemilihan lapisan lilin atau bahan pelapis permukaan yang lain, dan untuk pemilihan bahan pengemas. Selain itu penurunan konsentrasi O_2 sampai di bawah 10 % dapat dipergunakan untuk mengontrol kecepatan respirasi dan mengurangi *senescence*.

c. Produksi Karbondioksida

Akumulasi CO_2 yang dihasilkan oleh suatu komoditi di lingkungannya dapat menguntungkan maupun merugikan, tergantung ketahanan yang masih dapat diterima oleh masing-masing komoditi. Pada beberapa komoditi, peningkatan CO_2 disekelilingnya bisa menunda *senescence* dan mencegah pertumbuhan jamur.

d. Pembebasan Energi Panas

Selama respirasi akan dihasilkan energi panas kurang lebih sejumlah 673 kilo kalori untuk setiap mol gula yang digunakan. Hal ini akan berkaitan dengan pengadaan fasilitas pendinginan selama transportasi maupun penyimpanan.

Besar kecilnya respirasi dapat diukur dengan menentukan jumlah substrat yang hilang, O_2 yang digunakan, CO_2 yang dihasilkan, panas yang dihasilkan dan energi yang timbul. Akan tetapi biasanya respirasi ditentukan dengan mengukur laju O_2 yang digunakan atau laju CO_2 yang dihasilkan. Laju respirasi dinyatakan sebagai volume atau berat O_2 yang dipergunakan atau CO_2 yang dihasilkan untuk setiap 1 kg bahan segar per jam.

Menurut Song *et.al* (1992), kecepatan respirasi secara eksperimental dapat dihitung berdasarkan model :

$$R_{O_2} = -\frac{d[O_2]}{dt} \times \frac{(M_{O_2} PV)}{(100RWT)} \dots\dots (1)$$

$$R_{CO_2} = \frac{d[CO_2]}{dt} \times \frac{(M_{CO_2} PV)}{(100RWT)} \dots\dots (2)$$

$[O_2]$ dan $[CO_2]$ adalah persamaan yang terbentuk berdasarkan analisa regresi antara konsentrasi O_2 atau CO_2 terhadap waktu.

Kecepatan respirasi yang telah dihitung dengan model tersebut diatas diuji dengan model kecepatan respirasi prediksi yang dihitung berdasarkan persamaan Michaelis Menten (Lee *et. al.*, 1991) sebagai berikut :

$$R_{O_2} = \frac{V_{m-O_2} [O_2]}{K_{m-O_2} + \left(1 + \frac{[CO_2]}{K_{i-O_2}}\right) [O_2]} \dots\dots (3)$$

$$R_{CO_2} = \frac{V_{m-CO_2} [O_2]}{K_{m-O_2} + \left(1 + \frac{[CO_2]}{K_{i-CO_2}}\right) [O_2]} \dots\dots (4)$$

Persamaan tersebut dapat dituliskan dalam bentuk linier sebagai berikut :

$$\frac{1}{R_{O_2}} = \frac{1}{V_{m-O_2}} + \frac{K_{m-O_2}}{V_{m-O_2} [O_2]} + \frac{1}{K_{i-O_2} V_{m-O_2}} [CO_2] \dots\dots (5)$$

$$\frac{1}{R_{Cq}} = \frac{1}{V_{m-Cq}} + \frac{K_{m-Cq}}{V_{m-Cq} [O_2]} + \frac{1}{K_{i-Cq} V_{m-Cq}} [Cq] \dots\dots (6)$$

Menurut Yang dan Chinnan (1988) dalam Lee *et. al.* (1991), penggunaan persamaan Michaelis - Menten untuk menghitung kecepatan respirasi tersebut adalah berdasarkan asumsi bahwa prinsip kinetika enzim dapat dipergunakan untuk memodelkan produk respirasi. Enzim *allosteric* akan mengkatalis reaksi enzimatik yang terjadi selama respirasi, dan daya larut maupun penyebaran O_2 dan CO_2 dalam jaringan tanaman merupakan pembatas kecepatan respirasi.

Menurut Song *et. al.* (1992) pengaruh suhu terhadap kecepatan respirasi dapat dihitung berdasarkan persamaan Arrhenius sebagai berikut:

$$V_m = A_r e^{E_a/RT} \quad \dots\dots (7)$$

$$\text{atau : } \ln V_m = \ln A_r + \frac{E_a}{RT} \quad \dots\dots (8)$$

karena A_r dan $\frac{E_a}{R}$ merupakan konstanta, maka persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\ln V_m = A + B \frac{1}{T} \quad \dots\dots (9)$$

Apabila nilai $\ln V_m$ dan $\frac{1}{T}$ diplotkan dalam sebuah grafik kemudian ditarik garis regresinya, maka A adalah intersep dan B adalah Slope, sehingga A_r dan E_a dapat dihitung.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan respirasi pisang *Cavendish* pada beberapa tingkat suhu penyimpanan. Sebagai ukuran kecepatan respirasi dilakukan pengukuran terhadap laju penggunaan O_2 dan laju pengeluaran CO_2 . Hasil penelitian ini diharapkan dapat dipergunakan sebagai dasar perencanaan penanganan pasca panen yang sesuai untuk pisang *Cavendish*.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Widya Mandala

Surabaya. Sedangkan Analisa Gas O_2 dan CO_2 dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analisa, Pusat Penelitian Nuklir Yogyakarta.

Bahan yang dipergunakan adalah pisang *Cavendish* masak hijau (umur 90 hari setelah penyerbukan) yang diperoleh dari perkebunan pisang *Cavendish* di Kabupaten Lumajang -Jawa Timur. Alat yang dipergunakan adalah wadah gelas (toples) yang bervolume 3,25 liter dengan tutup berbentuk lingkaran (d : 9,25 cm), neraca (*top loading*), lemari pendingin, ruangan ber-AC, tabung *venoject*, jarum *venoject*, dan kromatografi gas.

Dipergunakan cara percobaan respirasi dengan sistem tertutup, yaitu dengan memasukkan 3 buah pisang yang beratnya $0,45 \pm 0,01$ kg ke dalam wadah gelas. Wadah gelas tersebut ditutup rapat dan pada bagian pertemuan tutup dengan wadah diberi lem agar tidak bocor. Dilakukan pula pengukuran volume bebas dalam wadah. Pada bagian samping wadah diberi lubang yang ditutup dengan sumbat karet untuk mengambil sampel gas. Percobaan tersebut dikondisikan pada 3 tingkatan suhu penyimpanan, yaitu $10^\circ C$, $20^\circ C$ dan suhu kamar. Perlakuan ini diulang 3 kali. Pengambilan sampel gas dilakukan setiap 2 hari sekali selama 3 minggu. Analisa gas O_2 dan CO_2 dilakukan dengan alat kromatografi gas.

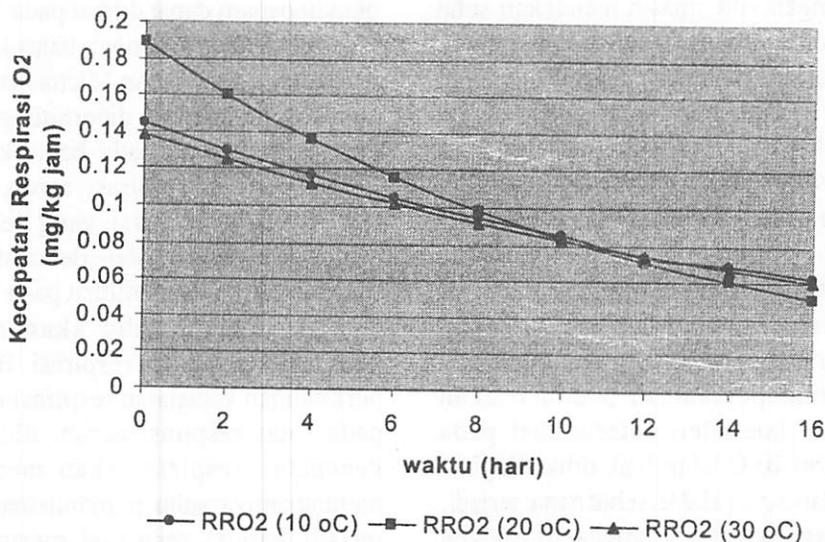
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi O_2 dan konsentrasi CO_2 yang dilakukan secara periodik, kemudian dibentuk persamaan regresi antara perubahan konsentrasi O_2 dan CO_2 terhadap waktu. Adapun persamaan yang tersusun adalah sebagaimana tertulis dalam Tabel 1.

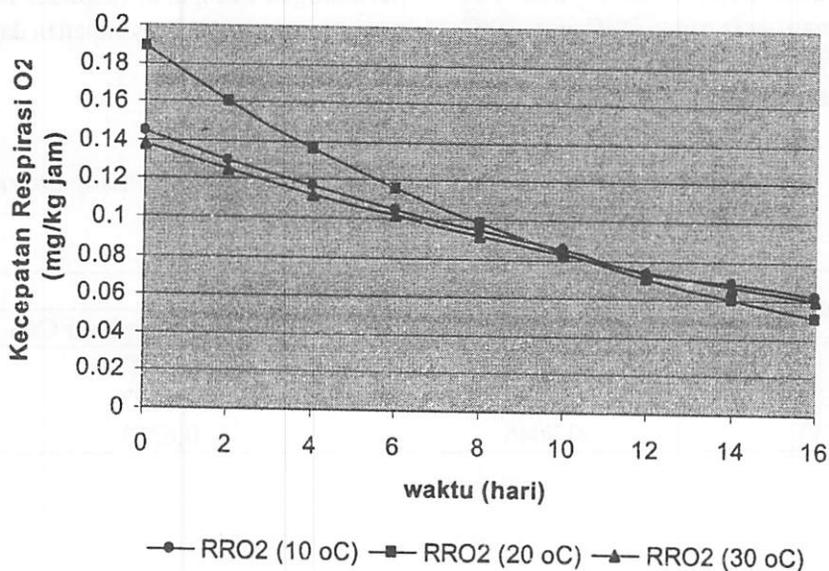
Untuk menentukan kecepatan respirasi secara eksperimental, maka berdasarkan persamaan regresi yang tersusun, dilakukan perhitungan sesuai persamaan 1 dan 2. Hasil perhitungan kecepatan respirasi untuk setiap periode waktu pengamatan secara grafik dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Tabel 1. Persamaan perubahan konsentrasi O₂ dan CO₂ terhadap waktu pada berbagai tingkat suhu penyimpanan

Suhu (°C)	Persamaan [O ₂] vs t	Persamaan [CO ₂] vs t
10	$[O_2] = 16,6195.e^{-0.0601.t}$	$[CO_2] = -0,1879 + 0,9307.t - 0,0195.t^2$
20	$[O_2] = 14,3787.e^{-0.0819.t}$	$[CO_2] = 0,7391 + 3,2186.t - 0,0896.t^2$
30	$[O_2] = 16,6195.e^{-0.0518.t}$	$[CO_2] = 0,0458 + 3,8243.t - 0,0962.t^2$



Gambar 1. Kecepatan respirasi O₂ Pisang Cavendish pada berbagai suhu penyimpanan



Gambar 2. Kecepatan respirasi CO₂ Pisang Cavendish pada berbagai suhu Penyimpanan

Berdasarkan hasil pembacaan pada grafik yang terdapat dalam gambar tersebut diatas, secara umum dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya waktu, maka kecepatan respirasi akan menurun. Fenomena yang perlu dicermati adalah pada kecepatan respirasi O₂ (Gambar 1.), dimana kecepatan respirasi pada suhu 10°C dan 20°C memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan kecepatan respirasi pada suhu 30°C. Hal tersebut dapat terjadi, karena kisaran suhu penyimpanan 10°C sampai dengan 20°C masih mendekati suhu dingin (*chilling*) untuk pisang Cavendish yaitu 14°C. Kader (1987) menyatakan bahwa pada suhu dingin (*chilling*) dapat terjadi perubahan yang sangat menyolok pada kecepatan glikolisis dan respirasi mitokondria, yang mengakibatkan kecepatan respirasi lebih tinggi dibandingkan suhu bukan suhu dingin (*chilling*).

Apabila hasil perhitungan kecepatan respirasi secara eksperimental tersebut diuji dengan persamaan respirasi prediksi / persamaan Michaelis Menten sesuai persamaan 5 dan 6 akan didapatkan hasil koefisien determinasi pada penyimpanan suhu 10°C lebih baik dibandingkan pada suhu 20°C dan 30°C. Hal tersebut dapat terjadi, karena penggunaan persamaan Michaelis Menten akan menghasilkan hasil yang sah (*valid*) bila respirasi berjalan aerob (Lee et. al., 1992). Sedangkan perubahan konsentrasi O₂ dan CO₂ selama penyimpanan pada suhu 20°C dan 30°C memungkinkan terjadinya respirasi anaerob. Dalam percobaannya untuk *blueberry*, Song et. al. (1992)

menentukan bahwa batas konsentrasi O₂ dan CO₂ yang memungkinkan terjadinya respirasi aerob adalah konsentrasi O₂ < 1,5% dan konsentrasi CO₂ > 20%. Demikian pula menurut Kader (1987) pada penyimpanan sayuran segar, respirasi anaerob akan terjadi pada konsentrasi O₂ < 2% dan konsentrasi CO₂ > 20%. Diluar batas konsentrasi tersebut akan terjadi respirasi aerob.

Hasil pengujian selengkapnya (nilai koefisien determinasi untuk setiap tingkatan suhu penyimpanan) dapat dilihat pada Tabel 2.

Sehubungan dengan batas konsentrasi untuk berlakunya persamaan Michaelis Menten, apabila dari data percobaan, diperhitungkan hanya untuk data yang berada pada batas konsentrasi yang memungkinkan respirasi aerob, akan diperoleh koefisien determinasi yang lebih baik. Hasil selengkapnya koefisien determinasi pada batas respirasi aerob dapat dilihat pada Tabel 3.

Perubahan suhu akan mengakibatkan perubahan kecepatan respirasi. Berdasarkan hasil perhitungan kecepatan respirasi maksimum (V_m) pada batas respirasi aerob, didapatkan bahwa kecepatan respirasi akan meningkat dengan meningkatnya suhu penyimpanan. Hal ini dapat terjadi karena respirasi merupakan kegiatan metabolisme yang melibatkan sejumlah reaksi enzimatik dan sangat dipengaruhi suhu. Hasil perhitungan kecepatan respirasi maksimal (V_m) pada berbagai suhu penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Koefisien Determinasi untuk pengujian kecepatan respirasi Pisang *Cavendish* dengan persamaan Michaelis Menten

Suhu (°C)	Koefisien Determinasi	
	Kecepatan Respirasi O ₂	Kecepatan Respirasi CO ₂
10	0.8934	0.8109
20	0.7190	0.5807
30	0.7046	0.6373

DAFTAR PUSTAKA

- Kader, A.A., 1987, Respiration and Gas Exchange of Vegetables, dalam J. Weichman (ed) : *Postharvest Physiology of Vegetables*, pp. 25-43, Marcel Dekker, Inc. New York and Basel.
- Lee, D.S., P.E. Hagggar, J. Lee, K.L. Yam, 1991, Model for Fresh Produce Respiration in Modified Atmosphere Based on Principles of Enzyme Kinetic, *Journal of Food Science*, 56:1580-1585
- Song, Yoonseok, Hyu Ku Kim, and Kit L.Y., 1992, Respiration Rate of Blueberry in Modified Atmosphere at Various Temperatures, *Journal of The American Society for Horticultural Science*, 117(6):925-929
- Susanto, 1994, *Fisiologi dan Teknologi Pasca Panen*, Akademika, Yogyakarta
- Syarief, R., H. Halid. 1991, *Teknologi Penyimpanan Pangan*, Arcan, Jakarta

Tabel 3. Koefisien Determinasi untuk pengujian kecepatan respirasi Pisang *Cavendish* dengan persamaan Michaelis Menten pada batas respirasi aerob

Suhu (°C)	Koefisien Determinasi	
	Kecepatan Respirasi O ₂	Kecepatan Respirasi CO ₂
10	0,8934	0,8109
20	0,9192	0,8940
30	0,9944	0,9991

Tabel 4. Kecepatan respirasi maksimum (Vm) Pisang *Cavendish* pada berbagai suhu penyimpanan

Suhu (°C)	Kecepatan Respirasi Maksimum (mg/kg 24 jam)	
	Respirasi O ₂	Respirasi CO ₂
10	3,45	3,51
20	4,31	16,18
30	5,35	21,55

Reaksi enzimatik merupakan awal dari reaksi kimia, dengan demikian pengaruh suhu terhadap kecepatan reaksi dapat diprediksi dengan persamaan Arrhenius. Hasil plot Arrhenius yang menunjukkan hubungan antara $\ln V_m$ dengan $1/T$ dapat dijelaskan dengan persamaan 10 dan 11.

$$\ln V_{m_{O_2}} = 7,8784 - 1879,36 1/T \quad \dots\dots (10)$$

$$\ln V_{m_{CO_2}} = 29,1437 - 7481,59 1/T \quad \dots\dots (11)$$

Koefisien determinasi untuk kedua persamaan tersebut sangat baik, yaitu 0,9998 untuk O₂ dan 0,8782 untuk CO₂, hal ini menunjukkan bahwa reaksi enzimatik pada proses respirasi yang terjadi pada Pisang *Cavendish* sangat dipengaruhi oleh suhu.

KESIMPULAN

- Berdasarkan perhitungan kecepatan respirasi dengan persamaan Michaelis Menten, didapatkan kecepatan respirasi maksimum (Vm) pada berbagai suhu adalah :
 - Suhu 10°C : $V_{m_{O_2}} = 3,45$ mg/kg 24 jam dan $V_{m_{CO_2}} = 3,51$ mg/kg 24 jam
 - Suhu 20°C : $V_{m_{O_2}} = 4,31$ mg/kg 24 jam dan $V_{m_{CO_2}} = 16,18$ mg/kg 24 jam
 - Suhu 30°C : $V_{m_{O_2}} = 5,35$ mg/kg 24 jam dan $V_{m_{CO_2}} = 21,55$ mg/kg 24 jam
- Hasil plot Arrhenius yang menggambarkan hubungan antara $\ln V_m$ dengan $1/T$ menunjukkan bahwa kecepatan respirasi akan meningkat dengan bertambahnya suhu penyimpanan.