PENENTUAN DIFUSIVITAS MASSA BUAH MANGGA (Mangifera indica L.)

Measurement of Mass Diffusivity of Mangoes

Wiludjeng Trisasiwi[1] dan Kamaruddin Abdullah[2]

ABSTRACT

Mass diffusivity of materials (D) can be determinated by two methods, thats are direct numerical and analytical methods. Meanwhile, thermal conductivity, specific heat, and density of material used for calculation by indirect method. The result shows that the value of mass diffusivity (D) is 0.077699 cm^2/menit, 0.079978 cm^2/menit and 0.05852 cm^2/menit for numerical, analitical, and indirect methods respectively.

PENDAHULUAN

Perlakuan pendinginan merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memperpanjang umur simpan sekaligus mempertahankan kualitas buah asalkan suhu, lama pendinginan serta parameter-parameter lain yang berpengaruh sesuai dengan karakteristik buah yang didinginkan (Pantastico, 1975). Demikian pula perlakuan panas baik menggunakan air panas, uap air maupun kombinasi keduanya dengan fungisida hangat merupakan metoda yang direkomendasikan sebagai perlakuan pendahuluan dalam penanganan segar buah-buahan untuk menekan pertumbuhan jamur penyebab penyakit pasca panen (Couey, 1989).

Baik pendinginan maupun pemanasan berkaitan erat dengan proses pindah panas. Agar dapat merancang suatu sistem pendinginan maupun proses pemanasan yang tepat, diperlukan masukan parameter sifat-sifat thermal buah dan karakteristik pindah panas dari sistem tersebut. Difusivitas massa dan panas jenis bahan merupakan sifat thermal yang berperan penting dalam proses pendinginan maupun pemanasan sebab sifat thermal ini akan menentukan kecepatan perubahan suhu buah selama perlakuan, sehingga bisa ditentukan kebutuhan energi dan waktu perlakuan yang tepat (Kamaruddin, A. dan Y. Sagara, 1992).

Difusivitas massa didefinisikan sebagai laju panas yang didifusikan keluar bahan. Dalam hubungannya dengan sifat thermal yang lain difusivitas massa merupakan rasio konduktivitas panas k (Watt/m K) dengan kapasitas panas volumetrik C (J/g K) dikalikan dengan densitas ρ (kg/m^3) (Mohsenin, 1980) yang dinyatakan dengan Persamaan (1).

$$D = k/C\rho \qquad \ldots\ldots(1)$$

Kapasitas panas menentukan jumlah panas yang diabsorpsi, sedangkan konduktivitas panas menentukan laju perambatan panas.

Dimensi difusivitas massa ini sama dengan dimensi dua koefisien pindah panas yang lain yaitu viskositas kinematik dan koefisien difusi, yaitu kuadrat panjang dibagi waktu. Invers (kebalikan) dari satuan difusivitas massa ini (jam/m^2) merupakan suatu ukuran waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suatu level suhu tertentu. Jadi rasio waktu pemanasan untuk dua bahan yang mempunyai ketebalan yang sama berbanding terbalik dengan difusivitas massanya.

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{\Delta\theta_2}{\Delta\theta_1} \qquad \ldots\ldots(2)$$

dimana :
D = ketebalan (m)
θ = waktu (jam)

METODOLOGI

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah buah mangga Indramayu matang yang berasal dari pedagang buah Bogor. Peralatan yang digunakan terdiri dari : refrigerator, thermocouple, digital data logger, neraca, thermal conductivity meter, kalorimeter, gelas ukur, ember plastik,

1 Staf Pengajar Fakultas Pertanian UNSOED
2 Staf Pengajar Jurusan Mekanisasi Pertanian, IPB

pisau, kaliper dan meteran. Percobaan ini dilakukan di laboratorium Energi dan Elektrifikasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, pada bulan Oktober sampai Nopember 1996.

Percobaan penentuan difusivitas massa ini dilakukan dalam dua cara, yaitu :

1. Cara langsung dengan metode numerik dan analitik.

a. Metode numerik dengan Persamaan (3).

$$D = \frac{(\Delta r)^2}{(\Delta t)} \frac{V_n^{m+1} - V_n^m}{V_{n+1}^m - 2V_n^m + V_{n-1}^m} \quad ...(3)$$

dimana:

D = difusivitas massa buah (cm^2/menit)
V = T x r (cm °C)
T = suhu buah pada tiap titik pengukuran (°C)
r = jarak titik pengukuran dari pusat buah (cm)
Δr = jarak antar titik pengukuran (cm)
ΔT = selang waktu pengukuran suhu (menit)
m = indek selang waktu pengukuran suhu
n = indek untuk jarak antar titik pengukuran

b. Metode analitik dengan Persamaan (4).

$$\frac{\partial T}{\partial t} = D\left[\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial T}{\partial r}\right] \quad .....(4)$$

dimana :
t = waktu pengukuran (menit)

2. Metode tidak langsung dengan menggunakan Persamaan (1).

Pengamatan yang dilakukan meliputi : suhu titik-titik pengukuran tiap selang waktu tertentu selama 5 jam, konduktivitas panas, densitas (massa jenis), kapasitas panas dan dimensi buah. Selanjutnya dengan menggunakan Persamaan (1), (3) dan (4) dihitung nilai difusivitas massa buah.

Untuk melihat apakah nilai difusivitas massa yang diperoleh benar, maka nilai D ini digunakan untuk menghitung suhu tiap-tiap titik pengukuran dengan menggunakan Persamaan (5).

$$V_n^{m+1} = \lambda\left(V_{n+1}^m + V_{n-1}^m\right) - (2\lambda - 1)V_n^m \quad ...(5)$$

dimana :

$$\lambda = D\frac{\Delta t}{(\Delta r)^2} \quad ...(6)$$

Selanjutnya suhu hasil perhitungan diplotkan dengan suhu pengukuran untuk melihat kesesuaiannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan difusivitas massa buah mangga dengan metode numerik

Difusivitas massa buah mangga dihitung dengan asumsi bahwa kadar air buah tetap dan nilainya tidak tergantung pada perubahan suhu ruang pendingin. Nilai difusivitas massa ini dapat dihitung setelah data suhu selama waktu pendinginan tertentu, pada tiap titik-titik pengukuran pada jarak tertentu dari pusat buah, tiap selang waktu pengukuran diketahui, dengan menggunakan Persamaan (3).

Sebaran suhu buah mangga ini dihitung pada 5 titik pengukuran, tiap selang waktu 15 menit selama 5 jam. Penurunan suhu yang terjadi selama 5 jam pendinginan adalah 14.5 - 15 °C untuk mangga contoh 1 dan untuk contoh 2 penurunan suhu sebesar 12 - 13.5 °C.

Dari hasil percobaan diperoleh nilai D rata-rata pada ketiga titik pengukuran berbeda, semakin jauh dari pusat buah difusivitas massa makin besar. Dalam percobaan ini D dirata-rata dari seluruh data dan diperoleh nilai D untuk mangga contoh 1 dan contoh 2 sebesar 0.077699 cm^2/menit.

Penentuan Difusivitas massa buah mangga dengan metode analitik

Difusivitas massa buah mangga dihitung dengan asumsi bahwa buah mangga berbentuk bulat, karena itu dalam percobaan ini dicari buah mangga yang bentuknya mendekati bulat karena persamaan yang digunakan persamaan untuk bola. Pada perhitungan dengan metode analitik ini diperlukan juga sebaran suhu tiap titik pengukuran.

Langkah pertama yang dilakukan setelah data suhu diperoleh adalah menentukan persamaan polinomial suhu terhadap waktu dan suhu terhadap jarak titik-titik pengukuran. Fungsi suhu terhadap waktu T(t) dihitung sampai turunan pertama.

sedangkan fungsi suhu terhadap jarak T(r) dihitung sampai turunan kedua. Selanjutnya dari hasil perhitungan persamaan polinomial tersebut dimasukkan ke persamaan (4) untuk menghitung nilai difusivitas massa secara analitik.

Dari Gambar (3) dan (4) dapat dilihat bahwa nilai D rata-rata untuk mangga contoh 1 sebesar 0.08425 cm^2/menit, sedangkan untuk mangga contoh 2, D rata-rata sebesar 0.075707 cm^2/menit. Dari kedua contoh ini diperoleh nilai D rata-rata sebesar 0.079978 cm^2/menit.

Nilai rata-rata D numerik yang diperoleh dipakai untuk memprediksi sebaran suhu pada tiap titik pengukuran dengan menggunakan persamaan (5) dan selanjutnya dibandingkan dengan suhu pengukuran dengan cara diplotkan pada grafik. Dari gambar (1) dan (2) dapat dilihat bahwa suhu hitung dengan nilai D ini mendekati suhu pengukuran.

Penentuan Difusivitas massa buah mangga dengan metode tidak langsung

Hasil rata-rata penentuan kapasitas panas menggunakan metode campuran dengan menggunakan alat kalorimeter adalah 3.7 J/g °C. Sedangkan dengan metode Siebel diperoleh hasil kapasitas panas buah mangga sebesar 2.058 J/g °C. Dalam percobaan ini data kapasitas panas yang digunakan adalah yang berasal dari metode Siebel.

Dari penentuan konduktivitas panas pada daging buah mangga (tanpa biji) dengan menggunakan alat thermal conductivity meter diperoleh hasil untuk mangga contoh 1, k_1 sebesar 0.6418 Watt/mK, k_2 sebesar 0.6231 Watt/mK, k_3 sebesar 0.6248 Watt/mK dan rata-rata 0.6299 Watt/mK. Sedangkan untuk mangga contoh 2 dari tiga kali pengukuran diperoleh nilai k masing-masing sebesar 0.6287 Watt/mK, 0.6260 Watt/mK, dan 0.6277 Watt/mK dengan nilai rata-rata k sebesar 0.6274 Watt/mK. Dari dua contoh buah mangga ini diperoleh nilai konduktivitas panas rata-rata sebesar 0.6287 Watt/mK.

Hasil penentuan massa jenis (densitas) buah mangga adalah sebesar 0.87 kg/m^3.

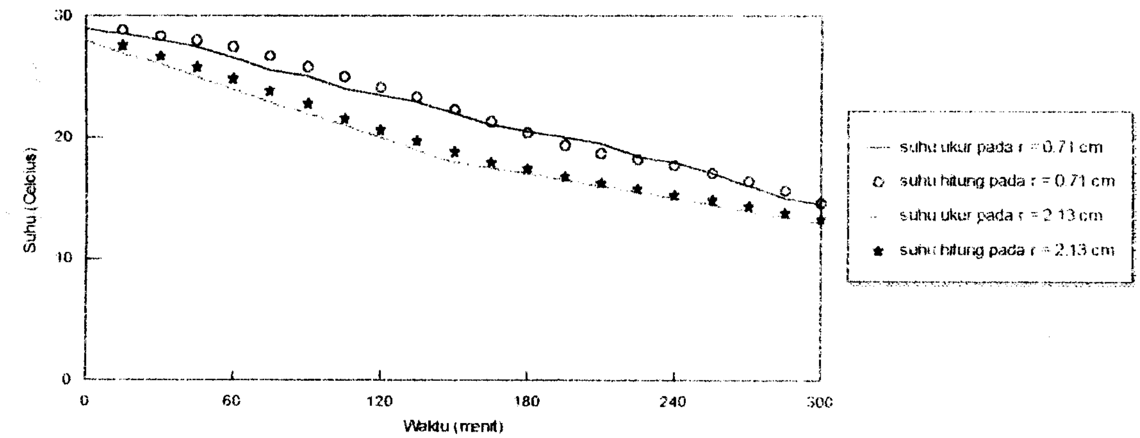
Data sifat-sifat thermofisik ini digunakan untuk menghitung nilai difusivitas massa (D) secara tidak langsung dengan menggunakan Persamaan (1) dan diperoleh nilai D rata-rata sebesar 0.05852 cm^2/menit.

KESIMPULAN

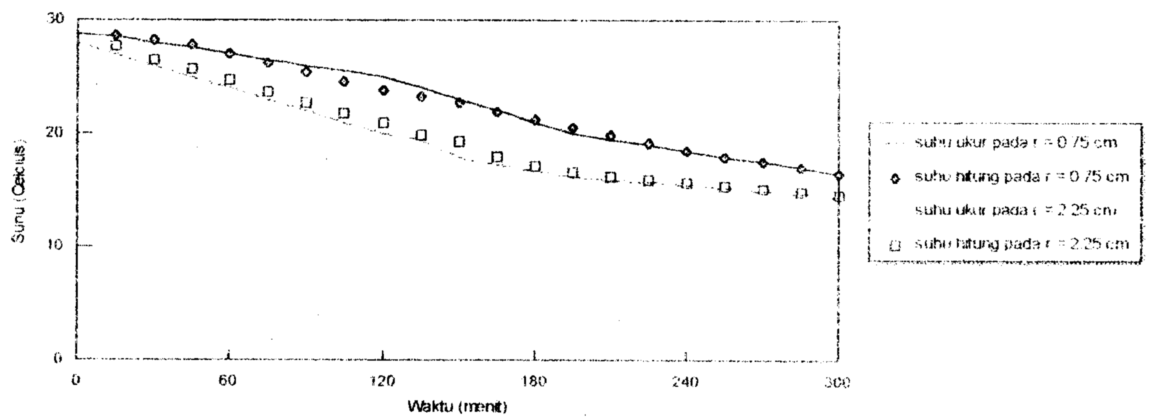
Dari perhitungan difusivitas massa (D) buah mangga yang dihitung dengan menggunakan beberapa metode diperoleh hasil : D numerik sebesar 0.077699 cm^2/menit, D analitik sebesar 0.079978 cm^2/menit dan dengan cara tidak langsung D sebesar 0.05852 cm^2/menit. Dari ketiga cara ini didapat nilai D rata-rata sebesar 0.072067 cm^2/menit atau 0.000432 m^2/jam. Nilai ini mendekati nilai difusivitas massa buah apel yaitu sebesar 0.000455 m^2/jam (Mohsenin, N.N., 1980).

DAFTAR PUSTAKA

1. Couey, E.E. 1989. Heat Treatment for Control Postharvest Diseases and Insect Pests of fruits. Hort. Sci. 24: 198-202.
2. Harsitorukmi, M.G. 1987. Difusivitas panas Buah Semangka. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, IPB-Bogor.
3. Kamaruddin, A. and Y. Sagara. 1992. Thermophysical Properties of Tropical Agricultural Product. Paper presented in ASAE International Summer Meeting. North Carolina-USA.
4. Mohsenin, N.N. 1980. Thermal Properties of Foods and Agricultural Materials. Gordon and Breach Science Publishers. New York.
5. Pantastico, E.B., T.K. Chattopadhyay, and H. Subramanyam. 1975. Storage and Comercial Storage Operations. In : Postharvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Sub-tropical Fruits and Vegetables. Pantastico (ed). The AVI Publishing Co.Inc. Westport-Connecticut.



Gambar 1. Perbandingan suhu ukur dan suhu hitung menggunakan difusivitas massa yang dihitung secara numerik buah mangga contoh 1.



Gambar 2. Perbandingan suhu ukur dan suhu hitung menggunakan difusivitas massa yang dihitung secara numerik buah mangga contoh 2