

PENENTUAN KOEFISIEN PERMEABILITAS FILM EDIBEL TERHADAP TRANSMISI UAP AIR, GAS O₂, DAN GAS CO₂

Determination of Edible Film Permeability Coefficients to Water Vapor, Oxygen, and Carbon Dioxide Transmission

Anang Lastriyanto, Bambang Dwi Argo, Sumardi HS, Nur Komar,
La Choviya Hawa, dan Mochamad Bagus Hermanto

Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya

ABSTRACT

Edible film is commonly used in the preservation of fresh and minimally processed fruits. The suitability to be used for such purpose mainly determined by its physical characteristics like transmission properties, particularly its permeability to water vapour, oxygen and carbon dioxide. The research was conducted to determine the transmission properties of the edible film made up of low methoxyl pectins (LMP) as a primary component combined with stearic acid at a level of 0.25% v/v. Particular study was made to determine the permeability of the film towards water vapour, oxygen and carbon dioxide at various ranges of temperatures (5 to 28°C) and relative humidities (0 to 80%) examined on the film with thicknesses of 20 – 50 µm.

The results indicated that the permeability coefficients of the film varied with transmitted substances. The values were 12.89 – 19.45 g.mm/ (m².day.kPa) for water vapour, 3.26 – 28 mL.mm/ (m².day.kPa) for oxygen and 149 – 129 mL.mm/ (m².day.kPa) for carbon dioxide.

Key words: LMP-based edible film, permeability coefficients

PENDAHULUAN

Penggunaan jenis kemasan primer baru yang bersifat edibel atau dapat dimakan, seperti pelapis edibel atau film edibel, akhir-akhir ini mendapat perhatian serius di kalangan peneliti baik dalam maupun luar negeri. Karena bahan tersebut mempunyai prospek yang aplikatif untuk industri pangan dan farmasi seperti untuk pengemasan produk-produk buah-buahan terolah minimal. Selain itu jenis kemasan tersebut dapat dipadukan dengan usaha-usaha pengawetan lainnya, seperti penggunaan aditif makanan, untuk memperbaiki warna, rasa, tekstur dan pengendalian mikroorganisme.

Berdasarkan komponen utama penyusunnya, Fennema (1985) membagi film edibel menjadi 3 golongan, yakni hidrokloid, lipid dan komposit. Hidrokloid yang sering

digunakan sebagai film edibel terdiri dari pati, alginat, pektin, dan protein, sedangkan golongan lipid yang sering digunakan meliputi lilin, asilgliserol, dan asam lemak. Penilaian dari suatu formulasi film edibel yang sesuai untuk pengemasan produk terolah minimal memerlukan pengkajian yang seksama mengenai sifat “*barrier*” kemasan dari bahan film edibel terhadap perubahan-perubahan kondisi lingkungan.

Sifat “*barrier*” film terhadap uap air dan gas ditunjukkan oleh koefisien permeabilitas yang semakin besar nilainya menunjukkan bahwa film edibel tersebut semakin mudah dilewati uap air dan gas. Dimensi dari permeabilitas adalah massa (volume) permean. Tebal. Luas⁻¹. waktu⁻¹. Beda tekanan⁻¹ dan kondisi suhu dan tekanan standar. Menurut Hagenmaier dan Shaw (1992), satuan standar permeabilitas system metric adalah mL(STP) .mil/ (m².

hari. atm), dimana 1 mil = 0.001 inchi atau 0.0254 mm. Untuk menentukan rasio permeabilitas gas terhadap uap air diperlukan faktor konversi, dimana $1 \text{ g.mil}/(\text{m}^2.\text{hari.atm})=945.600 \text{ ml(STP).mil}/(\text{m}^2.\text{hari. atm})$.

Sifat-sifat *barrier* film edibel terhadap uap air dan gas ditentukan dengan mengukur transmisi uap air/ gas atau permean yang melewati film uji. Besarnya kecepatan transmisi gas dan uap air melalui film edibel dipengaruhi oleh gaya pendorong (*driving force*), kondisi bahan dan lingkungan. Pengujian sifat suatu kemasan terhadap transmisi uap air dengan metode cawan (*dish*) mengikuti standar ASTM E-96 (Rizvi et al., 1992), sedangkan sifat *barrier* suatu film kemasan terhadap gas dilakukan dengan metode monometrik (ASTM D 1434) dan metode isostatis (ASTM D 3985), (Brown, 1992). Sehubungan dengan pengujian sifat *barrier* terhadap gas, Moyls (1992) menentukan sifat transmisi gas pada suatu film dengan metode *exponential decay*.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menguji sifat transmisi film terhadap uap air, gas O₂, dan CO₂.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang dipergunakan untuk penelitian adalah formulasi bahan pelapis edibel yang nantinya akan diterapkan untuk melapisi buah-buahan yang terolah minimal (Setiasih et al., 1997). Komponen utama pelapis edibel adalah pektin dengan gugus metoksil rendah (LMP), gliserol, dan asam stearat. Bahan untuk pengujian film edibel meliputi gas O₂, CO₂, N₂, akuades, dan garam KNO₃.

Peralatan yang dipergunakan terdiri dari dua kelompok, yakni:

Peralatan untuk produksi film edibel, meliputi: nampan pencetak film edibel, nampan penampung larutan film edibel dan larutan CaCl₂ dan kemasan lembaran film.

Peralatan untuk pengujian permeabilitas film edibel terhadap gas dan uap air yang meliputi sel permeabilitas rancangan University of California – Davis, USA, lengkap dengan sistem perpipaannya,

lemari pendinginan, ruang pengatur kelembaban, *humidifier*, *dehumidifier*, timbangan analitis mikrometer, mikromanometer, perangkat pengukur dan perekam konsentrasi gas yang berupa: CO₂ *analyzer* merek Fuji Electric, O₂ *analyzer* merek Servomex dan *stopwatch*. Peralatan untuk menguji permeabilitas terhadap uap air berupa cawan uji diameter 100 mm, tinggi 40 mm (Gambar 1).

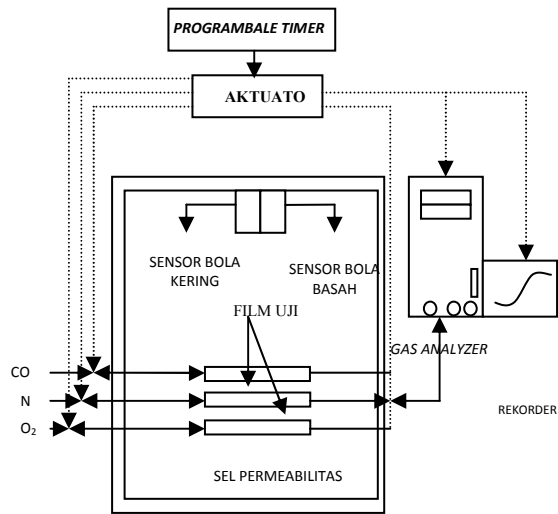
Metode Penelitian

Memperhatikan sifat film edibel yang mudah rusak karena mekanis, maka metode pengujian yang sesuai untuk menentukan transmisi terhadap gas (*Gas Transmission Rate/ GTR*) dipergunakan metode isostatis (ASTM D 3985) dengan mengukur konsentrasi di dalam sel uji tiap periode tertentu.

Dalam pelaksanaan percobaan, film edibel yang akan diuji diletakkan di dalam sel permeabilitas sehingga membaginya menjadi tiga bagian yakni bagian atas, tengah dan bawah. Sel bagian atas dialiri gas CO₂, sedangkan bagian bawah dialiri gas O₂ dan bagian tengah dialiri gas pembawa berupa gas N₂, bagian keluaran dari tengah sel permeabilitas dihubungkan dengan CO₂ dan O₂ *analyzer* yang dioperasikan secara otomatis dengan *programmable timer*. Hasil pembacaan diteruskan ke rekorder, keseluruhan sistem pengujian secara skematis ditunjukkan pada Gambar 1.

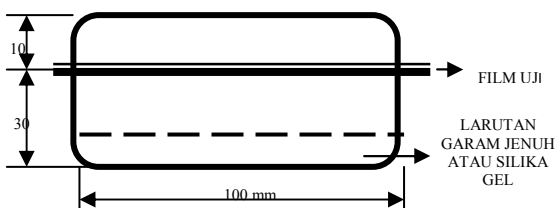
Kecepatan transmisi uap air melalui film edibel ditentukan dengan metode gravimetric (penimbangan) atau metode cawan. Percobaan ini didasarkan pada standar ASTM E96 yang terdiri dari dua cara, yakni cara basah (*water method*) dan cara kering (*dry method*).

Film edibel yang akan diuji cara basah diletakkan di atas cawan yang diisi larutan garam jenuh, dalam percobaan dipergunakan larutan gawram KNO₃. Kontak antara permukaan cawan dengan film edibel yang diuji diberi lak (*seal*) dari lilin atau *vacuum grease*. Kemudian cawan yang berisi larutan KNO₃ jenuh yang telah ditutup dengan film edibel diletakkan didalam ruangan yang terkendali suhu dan kelembabannya. Dalam percobaan dipergunakan tiga suhu yakni suhu ruang 28°C, 10°C, dan 5°C.



Gambar 1. Skema pengukuran permeabilitas CO_2 dan O_2 .

Secara periodik perubahan berat diukur dengan timbangan analitis dengan ketelitian kurang dari 1% terhadap besarnya perbedaan berat yang diukur dari periode ke periode berikutnya. Dari data berat dan waktu dapat ditentukan besarnya laju transmisi uap air (*Water Vapour Rate Transmission*/WVTR). Gambar 2 menunjukkan skema cawan uji permeabilitas film edibel terhadap uap air



Gambar 2. Cawan uji transmisi film edibel terhadap uap air

Analisis Permeabilitas Film Edibel terhadap Uap Air

Berdasarkan data pengamatan perubahan berat dan waktu, besarnya laju transmisi uap air (WVTR) dan permeabilitas dihitung dengan persamaan 1 dan 3, dimana WVTR menyatakan besarnya laju transmisi uap pada kondisi seimbang (steady) dalam

satuan gram per hari per m^2 luasan (Rizvi dan Mittal, 1992).

$$WVTR = \frac{24 M_v}{t.A} \quad (1)$$

dimana:

M_v = penambahan/pengurangan massa uap air (gram)
 t = periode penimbangan (jam)
 A = luas film edibel yang diuji (m^2)

Besarnya permean uap air (P_r) dinyatakan sebagai:

$$P_r = \frac{WVTR}{\Delta P} = \frac{WVTR}{P_s (RH_1 - RH_2)} \quad (2)$$

dimana:

P_s = Tekanan Jenuh uap air pada suhu yang bersangkutan (kPa)
 RH_1 = Kelembaban relative bagian dalam cawan (%)
 RH_2 = Kelembaban relatif bagian luar cawan (%)

Permeabilitas (P_m) dihitung dengan persamaan:

$$P_m = P_r \times \text{ketebalan} \quad (3)$$

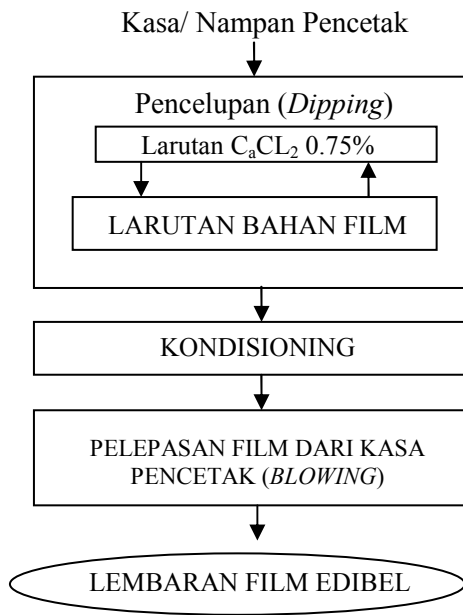
dimana:

P_m adalah Permeabilitas [$\text{g H}_2\text{O} \cdot \text{mm} / (\text{m}^2 \cdot \text{hari} \cdot \text{kPa})$]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi Film Edibel

Untuk melakukan evaluasi terhadap formulasi larutan edible sebagai bahan baku pelapis edible, diperlukan kajian sifat transmisi terhadap gas dan uap air. Untuk itu diperlukan suatu lembaran tipis (film) sebagai analog terhadap sifat pelapis edible yang diterapkan pada pengemasan buah. Bagan alir proses produksi film edible ditunjukkan pada Gambar 3.

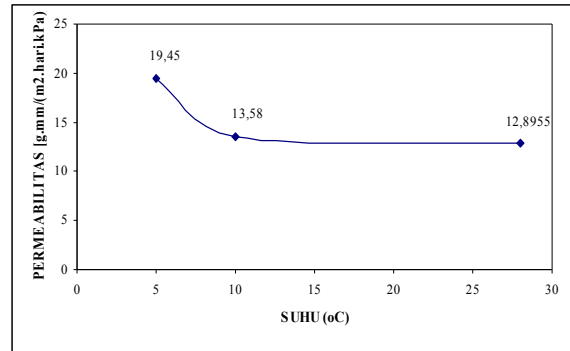


Gambar 3. Bagan alir proses produksi film edibel

Proses dimulai dari pencelupan kasa (nampan) pencetak, yang bagian alasnya berupa ayakan dari plastik ukuran 180 – 200 mesh, ke dalam larutan CaCl_2 3%. Setelah seluruh bagian pori kasa terisi larutan CaCl_2 (pencelupan selama 60 – 90 detik), kemudian dicelupkan ke dalam larutan film edibel selama 30 – 90 detik, tergantung ketebalan film yang dikehendaki, pada proses ini terbentuk gel yang tipis dan rata. Tahap selanjutnya adalah pengeringan gel. Pengeringan dilakukan pada suhu ruang dengan kelembaban 40 – 50 % dan lama pengeringan 12 – 18 jam. Setelah terbentuk lapisan film edibel kering pada kasa pencetak, film edibel siap dilepas dari kasa pencetak dengan cara dihembus (*blowing*), sehingga lapisan film edibel terlepas dari kasa pencetaknya.

Permeabilitas Terhadap Uap Air

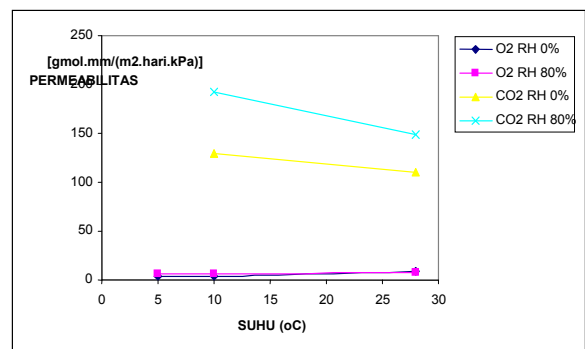
Besarnya penguapan air bebas tanpa melewati penghalang pada suhu ruang $1388.39 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{hari})$, sedangkan kehilangan air melalui film berkisar $120 - 264 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{hari})$ atau terjadi penurunan sebesar 81 – 91 %. Berdasarkan pengujian pada berbagai suhu, didapatkan hubungan antara suhu dengan permeabilitas (Gambar 4).



Gambar 4. Grafik permeabilitas film edibel terhadap uap air pada berbagai suhu

Permeabilitas Film Edibel Terhadap Gas O_2 dan CO_2

Permeabilitas Film Edibel Terhadap gas O_2 dan gas CO_2 ditentukan dengan metode *exponential decay* (Moyls, 1992). Untuk menghitung laju transmisi gas (*Gas Transmission Rate/ GTR*) film edibel terhadap gas O_2 dan CO_2 ditentukan dari kemiringan kurva dari plot perubahan konsentrasi terhadap waktu. Selanjutnya berdasarkan nilai GTR, dapat dihitung koefisien permeabilitas dari film bersangkutan.



Gambar 5. Nilai koefisien permeabilitas film edibel terhadap gas O_2 dan CO_2 pada berbagai suhu

Perbandingan Permeabilitas

Perbandingan permeabilitas gas O_2 terhadap gas CO_2 dan uap air pada suhu yang sama merupakan tolok ukur yang sering dipergunakan untuk mengevaluasi

pada suatu bahan pengemas. Namun secara kuantitatif masih belum diterapkan, terlebih untuk film edibel, hasil perhitungan besarnya perbandingan permeabilitas ditunjukkan pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa semakin kecil suhu, koefisien permeabilitas film edibel terhadap uap air dan CO₂ semakin besar. Dalam kaitannya dengan kelembaban, semakin tinggi kelembaban, koefisien permeabilitas film edibel terhadap CO₂ semakin besar. Koefisien permeabilitas film edibel terhadap O₂ pada suhu dan kelembaban yang berbeda hampir tidak terjadi perubahan dan nilainya relatif kecil dibandingkan dengan koefisien permeabilitas film edibel terhadap CO₂ dengan kelipatan sebesar 13-57 kali. Peristiwa ini bertentangan dengan fakta yang ada pada kemasan bahan polimer, kalau dilihat dari bahan dasar film edibel berasal dari protein yang mengalami perubahan menjadi gel. Fakta tersebut banyak didukung oleh Barrer (1941), yang menyatakan bahwa gel adalah bahan semi padat, bersifat porous dan tersusun dari makro molekul yang larut dalam air. Pada kelembaban semakin kecil, jalur difusi semakin besar, presentase padatan meningkat menyebabkan semakin kecil difusivitasnya.

Tabel 1. Perbandingan permeabilitas film edibel

Parameter	RH (%)	Permeabilitas gmol stp.mm/ (m ² .hari.kPa) x 10 ⁻³		
		5°C	10°C	28°C
CO ₂	80	9,119	8,560	6,312
CO ₂	0	6,523	5,383	4,341
O ₂	80	0,237	0,252	0,388
O ₂	0	0,356	0,307	0,237
Uap air	95	1080	754	716
CO ₂ : O ₂	0	18,321	17,494	18,312
CO ₂ : O ₂	80	38,418	33,982	16,269
CO ₂ : H ₂ O	0	0,00604	0,00714	0,00606
CO ₂ : H ₂ O	80	0,00844	0,01135	0,00882
O ₂ : H ₂ O	0	0,000329	0,000407	0,000331
O ₂ : H ₂ O	80	0,000219	0,000334	0,000542

Fakta lain menunjukkan bahwa perbandingan koefisien permeabilitas CO₂:O₂ bernilai lebih dari satu, hal ini menunjukkan kecepatan permeasi CO₂ melalui film edibel lebih besar daripada kecepatan permeasi O₂. Kondisi ini banyak dijumpai pada kemasan dari bahan polimer.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan, dapat diketahui *Standard Operational Procedure* (SOP) pembuatan film edibel dari bahan dasar *Low Methoxy Pectin* (LMP) dan hasilnya dapat diuji mengenai sifat transmisi terhadap uap air, gas CO₂ dan O₂.

Koefisien permeabilitas film edibel hasil percobaan terhadap CO₂ dan uap air semakin besar bila suhu semakin kecil (dalam hal ini sampai 5°C) dan kelembaban semakin tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Barrer, R.M. 1941. *Diffusion In and Through Solids*. Cambridge University Press. London UK.
- Bolin, H.L. and C.C.Huxol. 1991. Controll of Minimally Processed Carrot (*Daucus Carota*) Surface Discolouration Caused by Abrassive on Peeling. *J. Hort. Science* 56 (2): 416-418
- Brecht, J.K. 1995. *Physiology of Lightly Processed Fruits and Vegetables*. *J. Hort. Science* 30(1): 18-21.
- Brown, E. W. 1992. *Plastics in Food Packaging : Properties, Design, and Fabrication*. Marcel Dekker, Inc. New York. USA.
- Burn, J. K. 1995. *Lightly Processed Fruits and Vegetables Introduction to The Colluqium*. *J. Hort. Science* 30 (1):14
- Cameron, A.C, P.C. Talasila, and D.W. Joles. 1995. *Predicting Film Permeability for Modified Atmosphere Packaging of Lightly Processed Fruits and Vegetables*. *J. Hort. Science* 30(1): 32-43. Michigan State University. USA.
- Emond, J.P., F.Castaigne, C.J. Toupin, D.Desilets. 1991. *Mathematical Modelling of Gas Exchange in*

- Modified Atmosphere Packaging. J.ASAE 34(1):329-245.
- Fennema, O.R. 1985. Food Chemistry. Marcel Dekker, Inc. New York. USA.
- Geankoplis, C.J. 1972. Mass Transport Phenomena. Holt Reinhart Inc. New York. USA.
- Hagenmaier, R.D. and P.E. Shaw. 1992. Gas Permeability of Fruit Coating Waxes. J. Amer. Soc. Hort. Sci 117(1):105-109.
- Howard, L.R., L.E. Griffin and Y. Lee. 1994. Steam Treatment of minimally Processed Carrot Sticks to Control Surface Discolouration. J.Hort. Science 59(2): 356-358.
- Hurst, W.C. 1995. Sanitation of Lightly Processed Fruits and Vegetables. J. Hort. Science 30(1):22-24.
- Joy, F.A. and A.G. Wilson. 1961. Standardisation for The Dish Method in Measuring Water Vapour Rate Transmission. Penn State University Park. Pennsylvania.
- Kim, D.M., N.L. Smith and C.Y. Lee. 1993. Quality Minimally Processed Apple Slices from Selected Cultivars. J.Food Science 58(5): 1115-1117.