KARAKTERISTIK PEMBEKUAN VAKUM PULP MARKISA

Vacuum Freezing Characteristics of Passion Fruit

Armansyah H. Tambunan[1], Ainun Rohanah[2], dan Y. Aris Purwanto[1]

Abstract

Pemilihan metode pembekuan merupakan salah satu aspek yang penting, khususnya dari sisi keteknikan. Pembandingan karakteristik pembekuan dan mutu produk yang dibekukan dengan berbagai metoda dapat digunakan untuk keperluan tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan perbandingan karakteristik pembekuan antara metoda pembekuan vakum dan metoda pembekuan lempeng sentuh. Bahan yang dibekukan adalah pulp markisa. Parameter banding yang digunakan adalah profil dan sebaran suhu bahan, laju pembekuan, konsumsi energi dan parameter mutu seperti warna, kadar air, kandungan protein dan kandungan vitamin C.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembekuan vakum menghasilkan profil dan sebaran suhu bahan yang lebih seragam, laju pembekuan yang lebih cepat, serta dapat mempertahankan kandungan protein dan warna lebih baik dibandingkan dengan pembekuan lempeng sentuh. Akan tetapi, kadar air dan kandungan vitamin C bahan setelah pembekuan vekum mengalami penurunan yang lebih besar, disamping konsumsi energi yang lebih tinggi.

Kata kunci : pembekuan vakum, pembekuan lempeng sentuh, puplp markisa, profil suhu, laju pembekuan, parameter mutu, konsumsi energi

[1] Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, Fateta, IPB
[2] Staf Pengajar Fakultas Pertanian, Universitas Sumatra Utara

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembekuan merupakan cara yang sangat baik untuk pengawetan bahan pangan. Pembekuan dilakukan dengan cara menurunkan suhu bahan hingga hampir seluruh air dalam bahan berubah ke fase padat dan bahan berada pada suhu di bawah titik bekunya.

Metode pembekuan yang umum digunakan pada industri pembekuan pangan dapat dikelompokkan menjadi pembekuan mekanik dan kryogenik. Pada pembekuan mekanik, suhu media pembeku (udara atau brine) diturunkan dengan refrigerator mekanik yang mengunakan CFC refrigeran, sedangkan pembekuan kriogenik menggunakan zat-zat kriogen sebagai media pembeku.

Dewasa ini, pemilihan metoda pembekuan merupakan salah satu aktivitas yang sangat penting karena tingginya perhatian terhadap kelestarian lingkungan, mutu hasil pembekuan, dan konsumsi energi. Oleh karena itu, pencarian terhadap alternatif metoda pembekuan merupakan kegiatan penelitian dan pengembangan yang sangat aktip. Perkembangan teknologi pembekuan beberapa tahun belakangan ini dicirikan dengan kombinasi dua atau lebih metode pembekuan untuk mempermudah penanganan dan pengendalian proses dalam rangka meningkatkan laju pembekuan dan menurunkan biaya.

Salah satu metoda yang dapat dikembangkan adalah metoda pembekuan vakum. Pembekuan vakum didasarkan pada penurunan titik didih air pada tekanan rendah. Perubahan fase air pada tekanan rendah tersebut memerlukan panas laten yang jika diambil dari bahan, maka akan menurunkan suhu dan bahkan kristalisai es pada bahan. Dengan metode pembekuan vakum diharapkan akan diperoleh laju pembekuan yang cepat, yang diperlukan untuk mempertahankan mutu bahan. Keuntungan lain dari metode ini adalah berkurangnya kemungkinan penularan penyakit karena tidak adanya media (vakum) serta kemungkinan penggunaannya secara kombinasi dengan proses pengeringan beku.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik pembekuan vakum pulp markisa melalui perbandingan dengan metode pembekuan lempeng sentuh.

METODOLOGI

Pembekuan markisa dilakukan dengan dua cara yaitu pembekuan vakum dan pembekuan lempeng sentuh. Untuk pembekuan vakum, digunakan peralatan multi purpose vacuum equipment yang dilengkapi dengan peralatan ukur tekanan, suhu, dan massa secara otomatis selama proses berlangsung. Tekanan diukur dengan *diafraghm type manometer* (Baratron), suhu dengan termokopel type T (C-C), dan massa bahan dengan *electronic balance*. Pompa vakum yang digunakan adalah jenis rotari (kapasitas 500 l/mnt), dibantu dengan sistem perangkap uap air secara kondensasi untuk menghindari pemasukan uap air ke pompa.

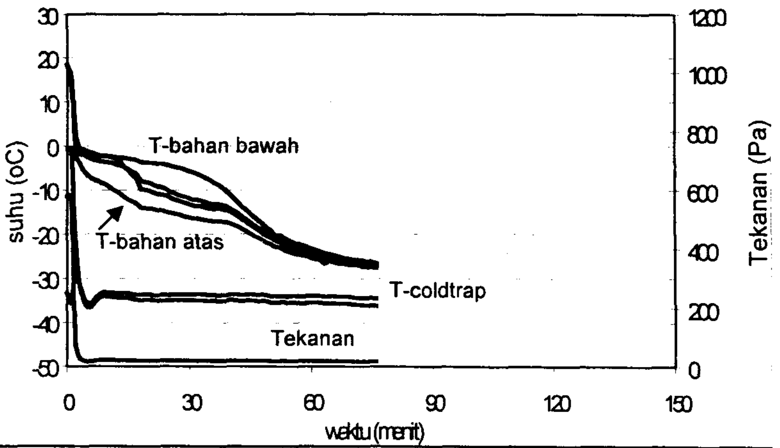
Pulp markisa yang akan dibekukan dimasukkan ke dalam wadah (bentuk silinder, d = 11.3 cm, t = 11.5 cm) setinggi 3 cm dari dasar wadah. Perubahan suhu bahan diamati pada empat titik, yaitu bagian bawah (0 cm), bagian tengah 1 (1 cm), bagian tengah 2 (2 cm) dan bagian atas (3 cm; permukaan). Untuk pengujian mutu, bahan hasil pembekuan kemudian dicairkan pada suhu 5°C selama 24 jam, dan dilakukan analisa *proximate*.

Selama pembekuan vakum, tekanan dan suhu perangkap uap air (coldtrap) dipertahankan tetap, sedangkan selama pembekuan lempeng sentuh suhu lempeng pembeku dipertahankan tetap.

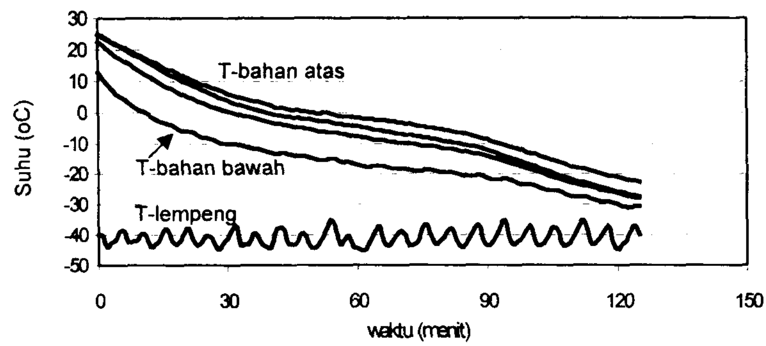
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Profil Suhu Pembekuan

Gambar 1 dan 2 menunjukkan profil suhu selama proses pembekuan vakum dan pembekuan lempeng sentuh. Dari kedua gambar terlihat dengan jelas perbedaan perubahan suhu bahan selama proses pembekuan. Pada pembekuan vakum, penurunan suhu hingga titik beku berlangsung sangat cepat dibandingkan dengan pembekuan lempeng sentuh. Setelah mencapai titik beku, laju penurunan suhu bahan selama pembekuan vakum mengalami perlambatan karena proses kristalisasi es dalam bahan, yang



Gambar 1. Profil suhu pembekuan vakum markisa



Gambar 2. Profil suhu pembekuan lempeng sentuh markisa

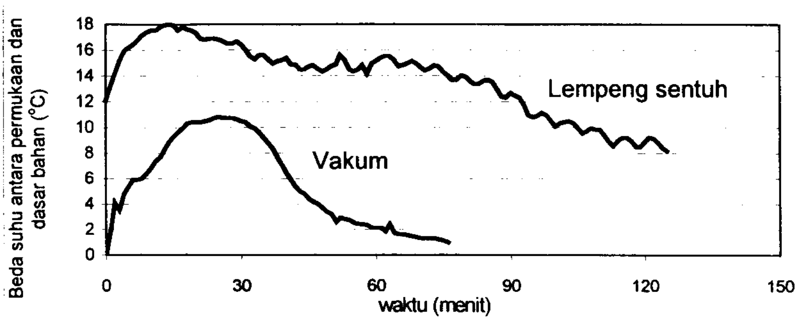
juga terjadi pada pembekuam lempeng sentuh.

Keseragaman suhu bahan tampak lebih baik pada pembekuan vakum daripada pembekuan lempeng sentuh sejak awal sampai akhir proses. Keseragaman suhu bahan penting dalam mencegah migrasi air dalam bahan yang berpengaruh terhadap mutu hasil pembekuan.

Pada awal pembekuan vakum terjadi peningkatan suhu coldtrap, pola yang sama juga dijumpai pada penelitian pembekuan vakum bahan pangan cair (Tambunan, 2000). Peningkatan suhu coldtrap terjadi akibat adanya semburan (*flash*) saat tekanan ruang pembeku telah mencapai tekanan jenuh (*saturation pressure*) uap air yang sama dengan suhu air dalam bahan. Kondisi tersebut dikenal sebagai titik sembur (*flash point*), yang merupakan titik awal terjadinya pendidihan. Titik ini juga dianggap sebagai titik awal terjadinya penurunan suhu bahan (Tambunan, 1995). Uap air yang terjadi selama pendidihan dihantarkan untuk kemudian diembunkan pada permukaan koil perangkap uap, sehingga suhu perangkap uap air (coldtrap) meningkat.

Setelah titik sembur, terjadi penguapan air dari bahan sebagai akibat dari perbedaan tekanan jenuh air di permukaan bahan dengan tekanan uap air di dalam ruang pembeku. Penguapan tersebut disertai dengan penurunan suhu bahan karena panas sensibel bahan dikonsumsi sebagai panas laten penguapan air.

Penurunan suhu dimulai dari bagian atas (permukaan), yaitu bagian yang langsung bersentuhan dengan kondisi vakum dan dilanjutkan ke arah pusat bahan. Proses pendidihan pada pembekuan vakum menyebabkan dua hal, yaitu pertukaran panas berlangsung dengan mode perubahan fase (*phase change heat transfer*) dan terjadi proses pengadukan selama belum terjadi pembentukan es. Keuntungan yang didapatkan adalah



Gambar 3. Perbandingan sebaran suhu bahan

perubahan suhu yang cepat dan sebaran suhu yang lebih merata.

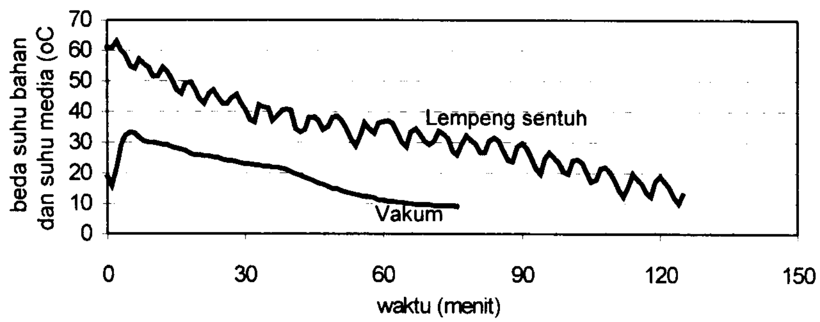
Pada pembekuan lempeng sentuh, perpindahan panas terjadi secara konduksi dari bagian bahan yang terletak paling jauh dari lempeng pembeku ke bagian yang terdekat. Hal ini menyebabkan terjadinya perbedaan suhu yang cukup besar antar bagian tersebut.

Untuk membandingkan sebaran suhu dalam bahan, pada Gambar 3 ditunjukkan beda suhu antara bagian terpanas dan bagian terdingin dalam pulp markisa selama proses pembekuan vakum dan lempeng sentuh. Beda suhu yang cukup besar telah terjadi sejak awal pembekuan lempeng sentuh, karena bagian bahan yang disentuhkan pada lempeng dapat langsung mendekati suhu lempeng, sementara bagian lain masih pada suhu awal. Pada pembekuan vakum, beda suhu terbesar terjadi selama proses perubahan fase. Hal ini menunjukkan bahwa setelah lapisan es terbentuk pada permukaan bahan, proses pembekuan tampaknya berlangsung melalui kombinasi antara sublimasi es di permukaan dan perpindahan panas secara konduksi dari bagian dalam ke permukaan bahan. Hal ini mengakibatkan penurunan suhu bahan menjadi lebih lambat dan beda suhu menjadi lebih besar.

Menurut Tambunan, dkk (2000), suhu jenuh air yang setara dengan tekanan ruang pembeku dapat dianggap sebagai suhu media pembeku, seperti suhu lempeng pada pembekuan lempeng sentuh. Suhu jenuh pada tekanan di bawah titik tripel dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut (Rothmeyer, 1975):

$$\log P_f = \frac{-2744.807}{T_f} \qquad (1)$$

dimana, P_f adalah tekanan uap es (Torr) dan T_f adalah suhu mutlak es (K).

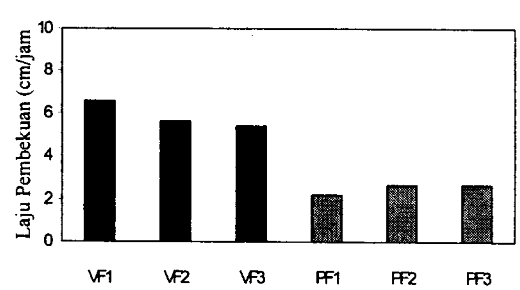


Gambar 4. Perbandingan selisih suhu bahan dengan suhu media

Dari tekanan terukur dalam ruang pembeku dapat dihitung bahwa suhu jenuh (yang dapat dianalogikan sebagai suhu media pembeku) pada pembekuan vakum tersebut adalah pada kisaran -32 hingga -35 °C. Nilai ini lebih tinggi dari suhu lempeng pembeku pada pembekuan lempeng sentuh (sekitar -40 °C). Selanjutnya, dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa selisih suhu bahan dan media pada pembekuan vakum lebih kecil dari pada pembekuan lempeng sentuh. Karena merupakan gaya pemicu, beda suhu yang lebih kecil tersebut seharusnya akan menyebabkan laju penurunan suhu yang lebih lambat, tetapi justru terjadi sebaliknya. Hal ini menunjukkan bahwa laju penu-runan suhu yang cepat pada pembekuan vakum bukan disebabkan oleh suhu medianya. Penyebabnya, diduga, adalah mode perpindahan panas dan laju penurunan tekanan yang terjadi.

2. Laju Pembekuan

Berdasarkan Lembaga Refrigerasi Internasional, laju pembekuan didefi-nisikan sebagai rasio antara jarak minimal permukaan bahan ke titik pusat panas dengan waktu yang diperlukan oleh bahan tersebut untuk menurunkan suhu dari 0°C pada permukaan hingga -5°C pada pusat panas. Laju pembeku-an pulp markisa yang dihitung berdasar-kan definisi tersebut ditunjukkan pada Gambar 6. Pada gambar tersebut terlihat bahwa laju pembekuan vakum pulp



Gambar 5. Perbandingan laju pembekuan vakum dengan lempeng sentuh

markisa berkisar pada nilai 5.4 hingga 6.5 cm/jam, sedangkan laju pembekuan lempeng sentuh berkisar pada 2.2 hingga 2.6 cm/jam. Dengan demikian, laju pembekuan lempeng sentuh markisa sedikit lebih lambat dari kelompok laju pembekuan cepat (3–10 cm/jam), sementara pembekuan vakum berada pada kelompok laju pembekuan cepat.

Dari segi mutu bahan, laju pembekuan cepat lebih disukai karena akan menghasilkan kristal es dengan ukuran lebih kecil, sehingga tidak merusak struktur sel bahan yang dibekukan. Selain itu laju pembekuan cepat dapat menekan proses metabolisme dan hanya sedikit jasad renik yang dijumpai pada bahan (Golden dan Gallyomn, 1997).

3. Laju Konsumsi energi

Tabel 1 menunjukkan hasil perhitungan laju konsumsi energi pembekuan markisa. Tampak bahwa laju konsumsi energi spesifik pembekuan vakum markisa lebih tinggi dari pada pembekuan lempeng sentuh. Tingginya laju konsumsi energi tersebut khususnya disebabkan oleh daya untuk pemvakuman (pemompaan udara keluar ruang pembeku). Pada pembekuan vakum diperlukan energi untuk penurunan tekanan (pompa vakum) dan energi kompresi refrigerator untuk kondensasi uap air.

Tabel 1. Perbandingan Konsumsi energi pembekuan.

	Proses Pembekuan	
	Vakum	Lem. Sentuh
Massa bahan (g)	299.99	306.03
Lama beku (mnt)	89.3	133.0
En. Pemb. (kJ) (W)	124.57 23.25	140.17 17.57
Kompresor (W) Pom. vakum (w)	8.16 750	7.82 -
Laju konsumsi ener. mutlak (W)	806.41	25.39
Laju konsumsi energi sp. (w/g)	2.688	0.083
Efisien. energi (-)	0.03	0.69

Dari efisiensi energi terlihat bahwa pembekuan vakum hanya 0.03 sedangkan pembekuan lempeng sentuh mencapai 0.69. Perhitungan laju konsumsi energi dan efisiensi energi ini belum mempertimbangkan kapasitas mesin sesungguhnya, sehingga angka-angka tersebut belum mencerminkan keadaan sesungguhnya dan perlu mendapat kajian lebih lanjut. Meskipun demikian, diduga bahwa laju konsumsi energi pembekuan vakum mungkin akan lebih tinggi, meskipun akan dapat diimbangi dengan laju pembekuan dan mutu hasil pembekuan yang lebih baik.

4. Mutu Produk Beku

Hasil analisis proximate markisa hasil pembekuan vakum dan lempeng sentuh ditunjukkan pada Tabel 2. Pada proses pembekuan vakum terjadi kehilangan kadar air yang jauh lebih besar dari pada pembekuan lempeng sentuh. Hal ini dapat dipahami karena pembekuan vakum berlangsung sebagai akibat penguapan/sublimasi air dari bahan yang dibekukan. Disamping itu, terlihat bahwa hasil pembekuan vakum dapat mengalami kehilangan vitamin C tetapi dapat mempertahankan protein, dibandingkan dengan pembekuan lempeng sentuh. tapi Parameter mutu yang dilihat dari produk pangan beku adalah warna.

Berkurangnya vitamin C kemungkinan akibat terikut pada air yang menguap. Vitamin C mempunyai sifat yang larut dalam air dan merupakan senyawa volatil (mudah menguap) sehingga akan hilang bersama dengan air yang menguap.

Tabel 2. Hasil analisa proximate pulp Markisa

		Kadar Air (%)	Protein (%)	Vit C (mg/100 g)
Awal	P1	85.9954	0.8039	13.5805
	P2	85.9461	0.7679	13.5691
	Rerata	**85.9775**	**0.7859**	**13.5748**
P. Vakum	P1	82.7641	0.6505	12.0694
	P2	82.9274	0.6195	12.2183
	Rerata	**82.8458**	**0.6350**	**12.1439**
P.Lem-peng Sentuh	P1	85.9397	0.5349	13.3641
	P2	85.9123	0.5771	13.1059
	Rerata	**85.9260**	**0.5560**	**13.2350**

Laju pembekuan vakum yang lebih cepat, menghasilkan kristal es berukuran kecil. Xiong (1997), mengemukakan bahwa pemben-tukan kristal es yang terjadi di dalam atau di luar sel dapat menyebabkan kerusakan mekanik dan kerusakan dinding sel, karena bentuk kristal es yang timbul dan tidak beraturan. Selama proses kristalisasi,, larutan yang terdapat di bagian luar sel menjadi lebih pekat, sehingga terjadi tekanan osmotik yang melewati dinding sel. Untuk mengimbanginya, uap air di dalam sel mengalir keluar sehingga menyebabkan dehidrasi dan peningkatan daya ionik sel. Air yang keluar dari dalam sel akan membeku di atas permukaan kristal es yang ada di luar sel. Hal ini menyebabkan kristal es akan bertambah besar dan dapat merusak membran serta protein.

Dehidrasi pada pembekuan dapat disebabkan oleh perubahan air menjadi kristal es dan pelepasan air ke lingkungan karena penguapan atau sublimasi. Berubahnya air dalam bahan menjadi kristal es berlangsung dengan cara menyerap air dari dalam sel sehingga sel-sel menjadi kering. Dehidrasi yang terjadi pada awal pembekuan vakum disebabkan oleh pengu-apan air dari bahan tanpa dibarengi pembentukan kristal es.

KESIMPULAN

1. Metode pembekuan vakum memberi prospek yang cukup baik dilihat dari segi sebaran suhu, dan laju pembekuan Pembekuan vakum berkisar pada laju pembekuan cepat (5.4 – 6.5 cm/jam), sedangkan

pembekuan lempeng sentuh pada kisaran adalah sebesar 2.2 – 2.64 cm/jam.

2. Metode pembekuan vakum mengkonsumsi energi lebih besar daripada pembekuan lempeng sentuh karena adanya kebutuhan energi untuk menurunkan tekanan ruang pembeku vakum.
3. Kehilangan air pada metode pembekuan vakum lebih besar daripada pembekuan lempeng sentuh karena berlangsung sebagai akibat penguapan/ sublimasi air dari bahan yang dibekukan.

DAFTAR PUSTAKA

Golden, D.A. and Gallyoun, L. A., 1997, Relationship of Frozen-Food Quality to Microbial Survival, di dalam Quality in Food Freezing (Erickson, M.C., and Hung,Y., ed.), Chapman & Hall, New York, USA,pp. 174-190

Internasional Institute of Refrigeration, 1971., Recommendations for The Processing and Handling for Frozen Foods. 2nd Ed. Paris.

Keenan, J.H., F.G. Keyes, P.G. Hill, and J.G. More. 1978. Steam Tables Thermodynamic Properties of Water Including Vapor, Liquid and Solid Phases. John Wiley & Sons. New York.

Rothmeyer, W.W. 1975 di dalam Wenur, F., 1997, Model Silindris untuk Pengkajian proses pengeringan Beku Udang, Disertasi Program Pasca sarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor

Tambunan, A.H., Sutrisno, F. Wenur., 1995, Penerapan Metode Pendinginan Vakum untuk Pra-pendinginan Hasil Pertanian, Laporan Penelitian DP3M, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Dep. Pendidikan dan Kebudayaan.

Tambunan, A.H., A. Rohanah., M. Widoyoko. 2000. Pembekuan vakum bahan pangan berkadar air tinggi. Proceeding Pertemuan Perhimpunan teknik Pertanian Indonesia

Xiong, Y.L., 1997. Protein Denaturation and Functionality Losses. di dalam Quality in Food Freezing (Erickson, M.C., and Hung,Y., ed.), Chapman & Hall, New York, USA,pp. 111-140