

PEMBUATAAN PEKTIN DARI BUAH PEPAYA (*Carica papaya L.*) SISA SADAP

Purwoko

Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Penanian, Institut Penanian Bogor

ABSTRACT

The effect of varying coagulant and time extraction in pectin production was investigated using papaya fruits (*Carica papaya L.*) as raw material from KUB Agropapain, Sukaraja, Bogor. Time extraction being examined were 30, 60, and 90 minutes with ethanol 96 % and isopropanol as coagulants. Pectin was characterized on water, ash, methoxyl, galacturonic acid content, degree of esterification, viscosity, and pH. The evaluation was done by completely randomized design of factorial followed by least significant differences test. The result showed that varying coagulant had significant effect to pectin yield percentage, ash, and galacturonic acid content, and pH, but no significant effect to water and, methoxyl content, degree of esterification, and viscosity. Time extraction had no significant effect to the parameter analyzed, except to galacturonic acid. The best result was derived from pectin using isopropanol as coagulant and 30 minutes of extraction time, which yield 18,69 percent.

Keywords : coagulant, time extraction, pectin, papayafruit.

PENDAHULUAN

Industri papain menghasilkan limbah berupa buah pepaya sisa sadap dalam jumlah yang cukup melimpah. Menurut Muhidin (1999), industri papain yang memiliki kapasitas produksi 1 ton perbulan menghasilkan buah pepaya sisa sadap sebesar 12 ton perhari. Salah satu cara untuk meningkatkan nilai tambah buah pepaya sisa sadap adalah dengan mengolahnya menjadi pektin.

Pektin merupakan suatu kompleks turunan karbohidrat koloidal yang diekstrak dari jaringan tanaman (Johnson dan Peterson, 1978; Gates, 1981; Glicksman, 1986) dan mempunyai kemampuan membentuk gel dengan adanya gula dan asam atau pada kondisi yang sesuai. Dalam industri pangan, pektin banyak digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan selai, jeli dan kembang gula. Selain itu, pektin juga digunakan sebagai pengemulsi dan penstabil dalam produk-produk makanan beku, susu dan minuman ringan (Glicksman, 1986). Dalam industri non pangan, pektin digunakan sebagai bahan pencampur obat-obatan (Voragen *et al.*, 1996) dan kosmetika (Muhidin, 1999).

Industri-industri di Indonesia selama ini mengimpor pektin dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhannya karena belum adanya industri pektin dalam negeri yang dapat mensuplai kebutuhan tersebut. Pada tahun 1998, Indonesia mengimpor pektin sebesar 1.095.000 kg dengan nilai sebesar US\$ 5,2 juta (BPS, 1998). Nilai impor ini mengalami peningkatan hingga 27% pada tahun 2000 (BPS, 2000).

Salah satu kendala dalam industri pektin adalah penggunaan bahan pengendap (biasanya etanol) pada tahap isolasi pektin dalam jumlah yang cukup besar. Untuk mengurangi biaya produksi, diperlukan alternatif penggunaan bahan pengendap selain etanol seperti isopropanol yang harganya lebih murah.

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh jenis pengendap dan lama ekstraksi terhadap mutu rendemen pektin dari buah pepaya sisa sadap.

BAHAN DAN METODE

Bahan Dan Alat

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah pepaya sisa sadap yang berumur dua bulan, yang diperoleh dari KUB Agropapain, Sukaraja, Bogor. Bahan-bahan kimia untuk analisa diperoleh dari laboratorium jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fateta-IPB dan PD. Brata Chemica, Bogor.

Metodologi

Penelitian Tahap Pertama

Penelitian tahap pertama bertujuan untuk mengetahui karakter dari bahan baku yang digunakan yang meliputi analisa kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak dan kadar karbohidrat (AOAC, 1995) serta pengukuran tingkat

kekeraan bahan (penetrometer) dengan unit kekeraan mm/100 g/5 detik.

Penelitian Tahap Kedua

Persiapan Bahan

Buah pepaya yang telah dikupas dan ditimbang, kemudian diparut kasar dengan ketebalan buah parutan kurang lebih 0,5 cm. Selanjutnya buah dicuci beberapa kali dan di-*blanching* pada suhu 90°C selama 10 menit untuk menginaktivkan enzim. Setelah ditiriskan, buah dikeringkan pada oven bersuhu 50°C selama 12 jam. Produk kering kemudian dihancurkan dan disaring dengan ayakan berukuran 60 mesh.

Pembuatan Pektin

Pembuatan pektin pada penelitian ini berdasarkan modifikasi metode Sunarmani *et al.* (1999) dan Laga *et al.* (2000). Secara umum pembuatan pektin meliputi tahap ekstraksi, isolasi, pencucian dan pengeringan. Ekstraksi dilakukan pada suhu 90°C dan pH 1,5 dengan perbandingan bahan dan larutan pengeksrak 1:20. Hasil ekstraksi disaring hingga diperoleh filtrat sedangkan ampasnya dibuang. Filtrat selanjutnya dipekatkan di dalam oven sampai volume filtrat menjadi setengahnya dari volume awal. Pada tahap isolasi, filtrat diendapkan dengan menggunakan pengendap etanol 96% atau isopropanol sebanyak satu setengah kali volume filtrat. Endapan pektin dicuci dua kali dengan etanol 96% atau isopropanol. Setelah disaring endapan pektin dikeringkan pada oven bersuhu 50-55°C selama 8 jam. Pektin kering dihancurkan dan disaring dengan ayakan berukuran 80 mesh.

Karakterisasi

Karakterisasi yang dilakukan terhadap produk pektin yang dihasilkan meliputi rendemen, kadar air, abu, metoksil (Ranganna, 1978), galakturonat (McReady, 1970), derajat esterifikasi (Towle dan Christensen, 1973), viskositas larutan dengan menggunakan brookfield viscometer pada suhu 25°C dan pH larutan

Pembuatan Jeli Pektin

Pembuatan jeli pektin dilakukan dengan menggunakan komposisi pektin 1%, CaCl₂ 0,5% dan dekstrosa 5% yang dilarutkan di dalam 100 ml air. Larutan pektin kemudian dipanaskan pada suhu 100°C selama 10 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Bahan

Pada awal penelitian ini dilakukan karakterisasi terhadap pepaya segar yang akan dikeringkan menjadi bahan baku pektin. Hasil rata-rata analisa dapat dilihat pada Tabel 1. Dari tabel tersebut diketahui bahwa buah pepaya segar mempunyai kadar air yang sangat tinggi yaitu 91,54%. Tingginya kadar air ini menjadi dasar pemikiran perlu dilakukannya pengeringan terhadap bahan, sehingga proses pembuatan pektin menjadi lebih efisien. Kadar karbohidrat pepaya segar adalah 5,37 persen sehingga apabila dilakukan ekstraksi dalam keadaan basah akan menghasilkan rendemen yang sangat rendah.

Tabel 1. Hasil analisa pepaya segar

Komposisi/Karakteristik	Jumlah
Kadar air (%)	91,54
Kadar abu (%)	0,47
Kadar protein (%)	2,33
Kadar karbohidrat (%)	5,37
Kadar lemak (%)	0,30
Kekeraan (mm/5 s/100 g)	6,6-9,2

Karakterisasi Pektin

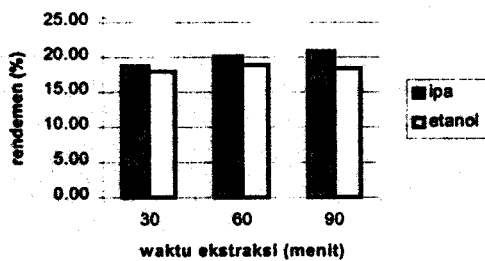
Rendemen

Analisa sidik ragam menunjukkan bahwa waktu ekstraksi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap rendemen. Hal ini disebabkan karena ekstraksi pektin telah optimal dalam waktu 30 menit. Pada waktu ekstraksi terjadi proses pelarutan protopektin yang berasosiasi dengan selulosa dalam jaringan tanaman menjadi asam pektinat. Proses ini berlangsung karena adanya substitusi ion polivalen protopektin oleh ion hidrogen ataupun karena putus-nya ikatan antara asam pektinat dengan selulosa.

Rendemen tertinggi diperoleh dari pektin yang menggunakan pengendap isopropanol dengan waktu ekstraksi 90 menit, yaitu 20,84%. Pektin yang menggunakan pengendap etanol 96% dapat mencapai rendemen tertinggi dengan waktu ekstraksi 60 menit, yaitu sebesar 18,87%.

Berdasarkan analisa sidik ragam diketahui bahwa jenis pengendap berpengaruh nyata terhadap nilai rendemen pada tingkat kepercayaan 95%. Hal ini diduga karena isopropanol mempunyai kemampuan menarik air yang lebih besar dibandingkan dengan etanol 96 persen. Pada prinsipnya, pengendapan pektin dengan alkohol memanfaatkan sifat

molekul air yang mempunyai kutub-kutub positif dan negatif (dipolar), sehingga molekul air dapat ditarik oleh pelarut organik seperti jenis alkohol yang polar.



Gambar 1. Histogram perlakuan jenis pengendap dan lama ekstraksi terhadap rendemen

Selain itu nilai rendemen juga dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kondisi bahan baku yang digunakan, pH larutan pengeksrak dan suhu ekstraksi. Proses pengecilan ukuran bahan baku berupa pepaya kering akan meningkatkan luas permukaan bahan, sehingga memudahkan difusi larutan pengeksrak ke dalam bahan pada waktu ekstraksi. Semakin tinggi konsentrasi ion hidrogen (nilai pH larutan pengeksrak rendah) maka kemampuan untuk mensubstitusi ion polivalen ataupun memutus ikatan selulosa dengan asam pektinat semakin besar, sehingga pektin yang terlarut dalam air semakin banyak. Suhu ekstraksi yang tinggi akan meningkatkan energi kinetik larutan pengeksrak sehingga difusi pelarut ke dalam sel jaringan semakin meningkat pula. Pada penelitian ini digunakan larutan pengeksrak dengan pH 1,5 dan suhu ekstraksi 90°C.

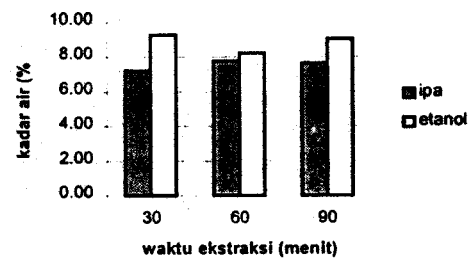
Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter penting yang menentukan daya tahan produk pangan dan terkait dengan aktifitas mikroorganisme selama penyimpanan. Produk yang mempunyai kadar air yang tinggi lebih mudah rusak karena produk tersebut dapat menjadi media yang kondusif bagi pertumbuhan mikroorganisme. Produk dengan kadar air rendah relatif lebih stabil dalam penyimpanan jangka panjang daripada produk yang berkadar air tinggi.

Banyaknya air yang diuapkan pada penetapan kadar air pektin merupakan selisih berat sebelum dengan berat sesudah pengeringan. Air yang dihilangkan pada pengeringan adalah air yang secara fisik terikat dalam jaringan bahan atau disebut juga air bebas. Selain itu sebagian air yang membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air lainnya dalam bahan juga ikut hilang selama proses pengeringan

pada penetapan kadar air. Hal ini yang menyebabkan kadar air produk cukup rendah yaitu berkisar antara 7,24 – 9,28 persen. Pektin yang dihasilkan pada penelitian ini sesuai dengan standar mutu kadar air pektin yang ditetapkan SII, yaitu maksimal 12%.

Analisa sidik ragam menunjukkan bahwa jenis pengendap dan lama ekstraksi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air. Besarnya kadar air pektin dipengaruhi oleh kondisi pengeringan pektin basah yang seragam. Lama pengeringan pektin selama 8 jam di dalam oven bersuhu 50-55°C menghasilkan pektin kering dengan kadar air rendah.



Gambar 2. Histogram perlakuan jenis pengendap dan lama ekstraksi terhadap kadar air

Kadar Abu

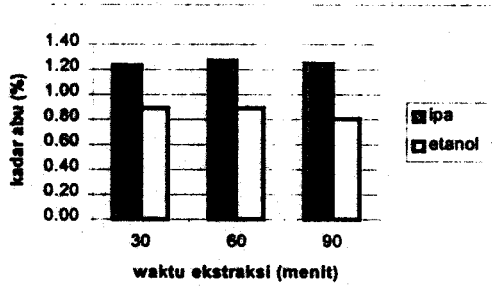
Secara umum abu didefinisikan sebagai residu anorganik dari pembakaran bahan-bahan organik. Bila dibandingkan dengan kadar abu pepaya basah, kadar abu pektin cenderung meningkat. Kenaikan kadar abu pektin ini berkorelasi dengan proses selama pembuatan pektin.

Peningkatan kadar abu pektin disebabkan karena di dalam produk yang dihasilkan terdapat mineral-mineral seperti kalsium dan magnesium yang terbentuk selama proses ekstraksi. Bahan baku yang mengandung protopektin yang tidak larut dalam air, terdapat dalam bentuk garam magnesium atau kalsium pektinat. Proses hidrolisis bahan selama ekstraksi oleh larutan asam menyebabkan substitusinya ion-ion kalsium dan magnesium dengan ion-ion hidrogen, menjadi asam pektinat yang larut dalam air.

Pemakaian bahan-bahan kimia seperti HCl maupun pengendap isopropanol dan etanol 96% yang mengandung pengotor dalam jumlah tertentu juga diduga menjadi penyebab meningkatnya kadar abu pektin. Namun demikian, pektin yang dihasilkan sesuai dengan standar mutu kadar abu yang ditetapkan SII yaitu tidak lebih dari 10%.

Analisa sidik ragam menunjukkan bahwa lama ekstraksi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar abu, sedangkan jenis pengendap

dap memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar abu pada tingkat kepercayaan 95% dan 99%.

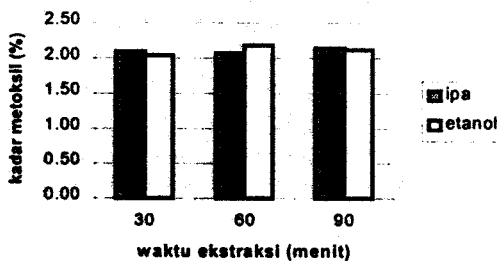


Gambar 3. Histogram perlakuan jenis pengendap dan lama ekstraksi terhadap kadar abu

Nilai kadar abu pektin dengan pengendap isopropanol yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengendap etanol 96% diduga karena isopropanol lebih banyak mengandung pengotor dibandingkan etanol 96%.

Kadar Metoksil

Pektin yang dihasilkan pada penelitian ini termasuk pektin berkadar metoksil rendah karena kadar metoksilnya dibawah 7% (Winarno, 1988), baik yang menggunakan pengendap etanol 96% maupun isopropanol. Pektin dengan kandungan metoksil rendah adalah pektin yang sebagian gugus karboksilnya tidak teresterkan. Pektin jenis ini dapat membentuk gel yang baik dengan adanya ion kalsium. Pada penelitian ini dihasilkan pektin dengan kadar metoksil 2,04-2,18 persen.



Gambar 4. Histogram perlakuan jenis pengendap dan lama ekstraksi terhadap kadar metoksil

Penetapan kadar metoksil pada prinsipnya adalah reaksi penyabunan pektin dan titrasi gugus karboksil bebas (Ranganna, 1978). Kadar metoksil yang rendah diduga karena pemilihan larutan peng-ekstrak dengan pH 1,5 menyebabkan terputusnya ikatan glikosidik dari gugus metil ester pada hidro-

lisa oleh asam yang menghasilkan asam galakturonat.

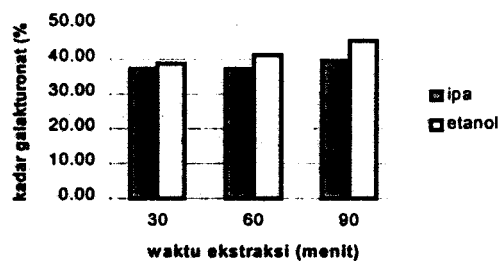
Analisa sidik ragam menunjukkan bahwa jenis pengendap dan lama ekstraksi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar metoksil.

Pada umumnya pektin berkadar metoksil rendah diproduksi dari pektin yang berkadar metoksil tinggi, dengan teknik de-esterifikasi. De-esterifikasi pektin dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan perlakuan asam, perlakuan basa atau dengan amoniak yang terlarut dalam air, enzimatik dan penambahan amoniak dalam medium etanol (Glicksman, 1969). Pada penelitian ini, dihasilkan pektin yang berkadar metoksil rendah secara alami tanpa proses de-esterifikasi, sehingga dapat meng-ehemat waktu dan biaya produksi.

Kadar Galakturonat

Pektin yang sebagian asam galakturonatnya teresterifikasi mengandung sepuluh persen atau lebih komponen organik seperti arabinosa, galaktosa dan gula. Perhitungan kandungan asam galakturonat sangat penting untuk mengetahui kemurnian pektin dan sebagai salah satu parameter dalam perhitungan derajat esterifikasi (Ranganna, 1978).

Analisa sidik ragam menunjukkan bahwa jenis pengendap dan lama ekstraksi berpengaruh nyata terhadap kadar galakturonat pada tingkat kepercayaan 95%. Semakin lama waktu ekstraksi kadar galakturonat semakin tinggi. Hal ini disebabkan waktu ekstraksi yang terlalu lama menyebabkan terjadinya proses dikarboksilasi dan diikuti dekomposisi senyawa pektin menjadi asam galakturonat. Pada penelitian ini kadar asam galakturonat cenderung meningkat dengan semakin lamanya waktu ekstraksi.



Gambar 5. Histogram perlakuan jenis pengendap dan lama ekstraksi terhadap kadar galakturonat

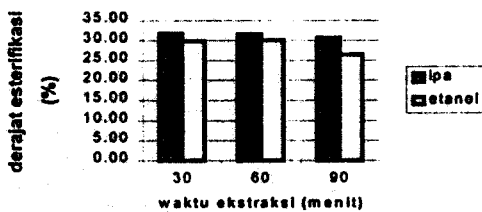
Kadar galakturonat pektin yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 37,40-45,40 persen. Nilai kadar galakturonat ini sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh Kodeks Makanan Indonesia, yaitu minimal 35 persen.

Derajat Esterifikasi

Derajat esterifikasi didefinisikan sebagai persentase jumlah residu asam D-galakturonat yang gugus karboksilnya teresterifikasi oleh etanol terhadap jumlah residu asam D-galakturonat total. Pektin yang berkadar metoksil rendah mempunyai derajat esterifikasi di bawah 50% (Wong, 1989).

Pada penelitian ini, pektin yang dihasilkan memiliki derajat esterifikasi bervariasi di bawah 50%, yaitu antara 26,37 – 31,74 persen. Dari hasil analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa pektin yang dihasilkan termasuk pektin bermetoksil rendah. Menurut Wong (1989), Pektin yang berkadar metoksil rendah mempunyai derajat esterifikasi di bawah 50%.

Analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan jenis pengendap dan lama ekstraksi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap derajat esterifikasi. Derajat esterifikasi cenderung turun dengan semakin lamanya waktu ekstraksi. Hal tersebut disebabkan karena proses de-esterifikasi yang terjadi selama ekstraksi dapat meningkat dengan semakin lama waktu ekstraksi.



Gambar 6. Histogram perlakuan jenis pengendap dan lama ekstraksi terhadap derajat esterifikasi

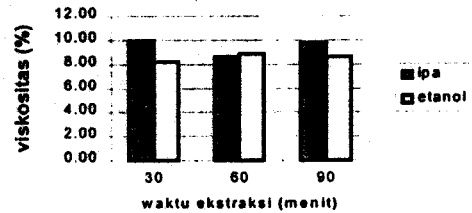
Viskositas

Viskositas larutan pektin dipengaruhi oleh konsentrasi pektin dalam larutan, kadar metoksil dan pemanasan. Semakin tinggi konsentrasi pektin yang digunakan maka semakin tinggi viskositas. Pektin berkadar metoksil rendah akan menghasilkan viskositas yang rendah, akan tetapi dapat mencapai viskositas yang tinggi dengan penambahan ion-ion divalen seperti kalsium ke dalam larutan pektin. Perlakuan pemanasan terhadap larutan pektin dapat menurunkan viskositas.

Pektin apabila ditambahkan air dan kemudian dipanaskan akan membentuk dispersi koloidal, karena ukuran partikelnya tidak cukup besar untuk mengendap dan tidak terlalu kecil untuk melarut di dalam air.

Viskositas larutan pektin pada penelitian ini berkisar antara 8,17-9,99 cp. Berdasarkan analisa

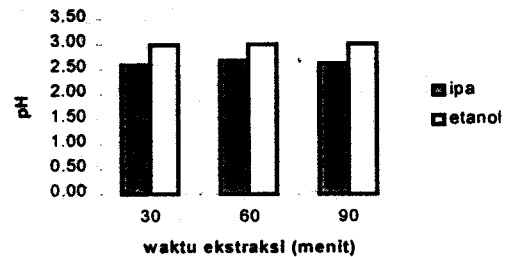
sidik ragam diketahui bahwa jenis pengendap dan lama ekstraksi tidak berpengaruh terhadap viskositas larutan pektin. Nilai viskositas yang tidak berbeda nyata ini sebanding dengan kadar metoksil yang dihasilkan.



Gambar 7. Histogram perlakuan jenis pengendap dan lama ekstraksi terhadap viskositas larutan

pH Larutan

pH merupakan salah satu parameter yang penting dalam pembentukan jeli pektin. pH yang terlalu rendah dapat menyebabkan sineresis, yaitu keluarnya air dari dalam gel pada suhu kamar. pH yang terlalu tinggi dapat menyebabkan gel pecah (Winarno, 1988). Menurut Wong (1989) pektin bermetoksil rendah mempunyai pH 2,5-6,5.



Gambar 8. Histogram perlakuan jenis pengendap dan lama ekstraksi terhadap pH larutan

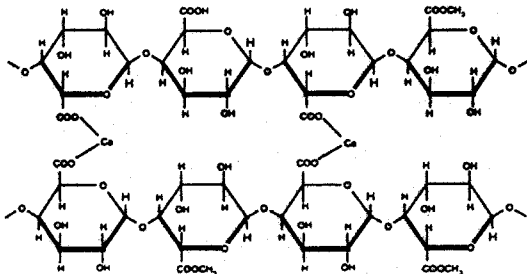
Pengukuran pH dilakukan pada larutan pektin 1% yang telah dipanaskan pada suhu 100°C selama dua menit. Berdasarkan analisa sidik ragam diketahui bahwa jenis pengendap memberikan pengaruh nyata terhadap pH larutan pada tingkat kepercayaan 95% dan 99%, sedangkan lama ekstraksi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pH larutan. pH larutan pektin yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 2,59-3,02. Nilai pH yang asam tersebut disebabkan karena di dalam senyawa pektin terdapat gugus karboksil bebas.

Pembuatan Jeli Pektin

Karena pektin yang dihasilkan berkadar metoksil rendah (di bawah 7%), maka pembentukan gel dapat terjadi apabila terdapat ion kalsium atau ion bervalensi dua lainnya. Pada penelitian ini digunakan kalsium klorida (CaCl_2) 0,5% sebagai sumber ion kalsium dalam pembuatan jeli pektin. Jeli yang dihasilkan memiliki penampakan visual bening dan rapuh.

Menurut Voragen *et al.* (1996) jeli homogen yang dihasilkan dari LMP bersifat *termoreversible*. Sifat yang reversibel terhadap pemanasan ini menjadikan pektin bermetoksil rendah tetap stabil terhadap perlakuan pemanasan pada suhu tinggi. Dalam aplikasinya, pektin bermetoksil rendah dipilih sebagai pengemulsi pada produk-produk susu yang melalui proses sterilisasi suhu tinggi (UHT).

Kadar metoksil merupakan salah satu parameter yang sangat berpengaruh terhadap pembentukan jeli pektin. Pada pektin bermetoksil rendah, pembentukan gel terjadi karena ion-ion kalsium akan membentuk struktur tiga dimensi melalui pembentukan garam dengan gugus karboksil dari molekul-molekul pektin yang berdekatan. Mekanisme pembentukan gel pada pektin bermetoksil rendah dapat dilihat pada Gambar 9 (Glicksman, 1969).



Gambar 9. Mekanisme pembentukan gel dari pektin berkadar metoksil rendah

KESIMPULAN

Pektin yang dihasilkan termasuk pektin yang berkadar metoksil rendah yang terbentuk secara alami tanpa proses de-esterifikasi, sehingga dapat menghemat waktu dan biaya produksi. Jenis pengendap berpengaruh nyata terhadap rendemen, kadar abu, kadar galakturonat dan pH larutan, sedangkan lama ekstraksi tidak berpengaruh terhadap parameter uji kecuali pada kadar galakturonat. Berdasarkan perhitungan dengan metode *Bayes* diketahui bahwa

pektin yang menggunakan pengendap isopropanol dan lama ekstraksi 30 menit dipilih sebagai perlakuan terbaik, dengan nilai rendemen 18,69 persen, kadar air 7,24 persen, kadar abu 1,23 persen, kadar metoksil 2,10 persen, kadar galakturonat 37,41 persen, derajat esterifikasi 37,74 persen, viskositas 9,97 cp dan pH larutan 2,59.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 1995 Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. AOAC Int., Washington D.C.
- BPS. 1998. Buletin Perdagangan Luar Negeri Impor. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- BPS. 2000. Buletin Perdagangan Luar Negeri Impor. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Gates, J.C. 1981. Basic Food. 2nd ed. Holt, Reinhard and Winston Publ. Canada
- Glicksman, M. 1969. Gum Technology in Food Industry. Academic Press, New York.
- Glicksman, M. 1986. Food Hydrocolloids. Vol. III. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- McReady, R.M. 1970. Pectin. Di dalam M.A. Joslyn (eds.). Method in Food Analysis. Academic Press, New York. p. 565.
- Muhidin, D. 1999. Agroindustri Papain dan Pektin. Penebar Swadaya, Jakarta. 58 p.
- Johnson, A.H. dan M.E. Peterson. 1978. Encyclopedia of Food Science. Vol. 3. The AVI Publ. Inc., Westport, Connecticut.
- Ranganna, S. 1978. Manual Analysis of Fruit and Vegetable Products. Tata McGraw-Hill Book Co. Ltd., New York.
- Sunarmani, D. Amiarsi, Setyadjit, E. Sitorus dan T. Bunasor. 1999. Pemanfaatan Limbah Buah Pepaya Sisa Sadap C.V. Semangka Paris Untuk Produksi Pektin Kering. Buletin Pascapanen Hortikultura. Vol. 2. No. 2. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dan Hortikultura, Jakarta.
- Towle, G.A. dan O. Christensen. 1973. Pectin. Di dalam R.L. Whistler (eds.). Industrial Gum. Academic Press., New York. p. 429.
- Voragen, A.G.J., Pilnik, W., J.F. Thibault, M.A.V. Axelos, dan C.M.G.C. Renard. 1996. Pectins. Di dalam A.M. Stephen (eds.). Food Polysaccharides. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Winarno, F.G. 1988. Kimia Pangan dan Gizi. P.T. Gramedia, Jakarta.
- Wong, D. W. S. 1989. Mechanism and Theory In Food Chemistry. Van Nostrand Reinhold, New York.