KOMPOSISI KIMIA BIJI DAN SIFAT FUNGSIONAL PATI GAYAM (*Inocarpus edulis* Forst.) [1)]

[Chemical Composition of Gayam (*Inocarpus edulis Forst.*) Seed and Functional Properties of Its Starch]

Indah Epriliati [2)], Purwiyatno Hariyadi [3)], dan Anton Apriyantono [3)]

[1)] Makalah dipresentasikan pada Seminar Nasional PATPI, Semarang 9-10 Oktober 2001
[2)] Fakultas Teknologi Pertanian Unika Widya Mandala Surabaya
[3)] Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fateta-IPB

ABSTRACT

Basic information on physical and chemical properties of Gayam (Inocarpus edulis Forst), one of the domestic commodities, is still very limited. The objectives of this research were to investigate chemical composition of gayam seed and the functional properties of gayam starch, especially the pasting behavior and the characteristic of its gel.

Moisture, crude protein, lipid, ash, and carbohydrate content of gayam seed, respectively, were 50.11% (w/w), 11.66%, 8.21 %, 3.39%, and 76.74% (dw). The gayam starch granules were very strong and remain physically intact during heating up to 90°C. The highest swelling-power (24.76) occurred at 95°C, with low amylose leaching (0.27% dw) and solubility (0.25° Brix). Pasting behavior of starch suspension (10% w/v) showed the initial pasting temperature at 81°C and peak viscosity 750 Brabender unit (BU) reached at 90 °C. The paste viscosity was relatively stable at 95°C. The gel was formed during cooling. The gel of gayam starch was unstable at (-16°C) at which six times freezing-thawing cycles resulted in 66.95% water dripped. The gel characteristics may indicated the high amylose content. Scanning electron micrographs of freeze-dried gel revealed the sponge-strucuture. The data indicated that gayam starch has great potential to be explored further for industrial applications.

Key words : *Gayam seed, starch, chemical composition, and function properties*

PENDAHULUAN

Keanekaragaman hayati yang tinggi di Indonesia belum diberdayakan secara maksimal. Produktivitas hasil pertanian menurun dan telah melahirkan impor berbagai kebutuhan dasar. Disisi lain terdapat banyak hasil pertanian yang kurang diberdayakan (*under-exploited* dan *under-utilized*) dan informasi dasar mengenai produk-produk tersebut masih minim. Karena itu penelitian dasar sangat diperlukan untuk memahami karakteristik hasil pertanian milik Indonesia sendiri sebagai pondasi pengembangan agroindustri itu sendiri.

Gayam (*Inocarpus edulis* Forst) adalah tanaman asli kepulauan Polynesia dan Malesia, termasuk sebagian wilayah Indonesia dan kawasan Asia Pasifik (Anonymous, 1979; Campin, 1997; Hegnauer & Grayer-Barkmeijer, 1993; Heyne, 1987). Budidaya gayam dilakukan di Kawasan Pasifik karena bijinya dapat dimakan (Anonymous, 1979; Hegnauer & Grayer-Barkmeijer, 1993). Tanaman ini ditemukan terutama di Fiji, Jawa, dan Tahiti (Allen & Allen, 1981).

Inocarpus sp. termasuk salah satu dari 200 *top ranking species* famili Leguminosae berdasar kriteria: (a) potensial untuk membantu kecukupan protein di negara sedang berkembang, (b) pengetahuan tentang potensinya sangat minim, dan (c) memerlukan penelitian dan pengembangan yang besar (Anonymous, 1979). Bourke (1996) memandang *Inocarpus* sp. sebagai komoditas asli Papua New Guinea yang potensial untuk dikembangkan secara komersial.

Di Indonesia, secara tradisional biji gayam dikonsumsi terutama dalam bentuk biji rebus. Heyne (1987) menyatakan bahwa tanaman gayam dibudidayakan di dataran rendah (< 500 m dpl) Pulau Jawa dan Indonesia Timur (Sulawesi dan Maluku); biji gayam rebus bersifat kering (kesat), jika dikonsumsi bersifat mengenyangkan dan sangat digemari, tetapi sulit dicerna. Sampai saat ini, di daerah tertentu di Indonesia biji rebus dan kripik biji gayam dijual dipasar-pasar tradisional di daerah tersebut.

Perebusan biji gayam segar memerlukan banyak sekali energi karena biji gayam tidak segera masak. Penggorengan irisan biji gayam menghasilkan keripik yang keras. Konsumsi biji gayam sering menyebabkan flatulensi. Hal ini mengindikasikan adanya kesulitan dalam sistem pencernaan manusia untuk mencerna komponen biji gayam. Akan tetapi publikasi gayam yang ada sangat minim, sehingga upaya untuk mengatasi kelemahan cara pengolahan biji gayam terhambat.

Kesulitan cerna dapat disebabkan oleh komposisi kimia bahan pangan (Garcia-Alonso, 1998), termasuk kandungan selulosa dan oligosakarida seperti stakiosa atau verbakosa (Salunkhe et al., 1985). Penyebab fenomena flatulensi yang telah dikenal adalah kandungan oligasakarida atau *resistant starch*. Pada makanan yang banyak mengandung pati, terdapat 3 faktor utama nilai cerna pati rendah.

(a) Keberadaan *resistant starch* (RS) (Englyst & Hudson, 1996)
(b) Kegagalan proses untuk mencapai gelatinisasi pati karena anatomi struktur mikro dalam jaringan kotiledon (Aguilera & Stanley, 1990; Hoover & Manuel, 1995; Tovar & Melito, 1996).
(c) Teknik penanganan dan pengolahan yang memacu pembentukan RS (Marsono, 1999; Tovar & Melito, 1996).

Amilosa dilaporkan sebagai fraksi pati yang memegang peran penting dalam pembentukan RS dan kegagalan gelatinisasi tersebut.

Diasumsikan pati menjadi komponen karbohidrat utama pada biji gayam, meskipun telah ditemukan jenis legum yang memiliki komponen karbohidrat cadangan selain pati (Hegnauer & Grayer-Barkmeijer, 1993; Shirakawa et al., 1998). Asumsi itu diambil karena pada umumnya pati menjadi sumber energi utama pertumbuhan embrio. Pati menjadi prioritas dalam penelitian ini dengan pertimbangan: (a) dapat mengurangi terjadinya flatulen, (b) aplikasinya di industri sangat luas, serta (c) berkaitan sangat erat dengan fenomena HTC (*hard to cook*) dan flatulensi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji komposisi kimia biji gayam dan sifat fungsional pati gayam yang merupakan penelitian dasar untuk upaya pendayagunaan biji gayam.

METODOLOGI

Bahan dan Alat

Bahan baku berupa buah gayam diperoleh dari pemilik pohon gayam di Kabupaten Probolinggo dan Kab. Sidoarjo, Jawa Timur. Bahan dijaga kesegarannya dalam ruang penyimpan yang kering bersuhu 8 °C. Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan kimia dengan kualitas pro-analisa.

Alat yang dipakai meliputi : spektrometer UV-Visible (Spectronic 20D, + USA), mesin pemarut (GO-80S, Jepang), mikroskop cahaya yang dilengkapi dengan kamera C-35 AD-4 (Olympus, Jepang), mikroskop elektron (SEM 5200, JEOL, Jepang), *steven-LFRA texture analyser* (USA), *brabender amylograph* (Jerman), dan *hand refractometer* (Atagon N-3E, Jepang).

Metode

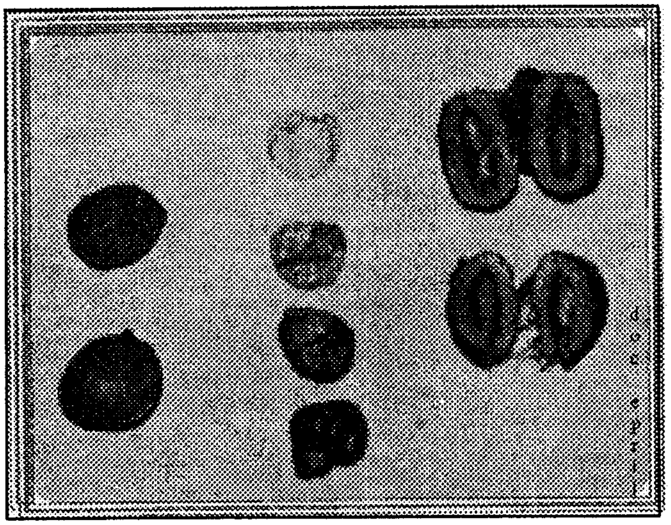
Analisa proksimat pada biji gayam dilakukan dengan metoda AOAC (1984). Granula pati gayam diamati dengan mikroskop cahaya. Pati gayam disuspensikan dalam aquadest dan dibuat preparat dengan pewarnaan iodin. Pengamatan dilakukan dengan cahaya terpolarisasi dan tidak terpolarisasi. Struktur mikro gel pati gayam diperiksa dengan SEM. Gel pati gayam diperoleh dari suspensi pati gayam mendidih yang didinginkan pada suhu ruang 30°C. Preparat/spesimen SEM dibuat dari gel yang telah mengalami pengeringan beku. Perilaku pasta pati gayam dianalisa dengan menggunakan Brabender amylograph pada kosentrasi 10% (b/v), pada suhu pemanasan dari 30°C sampai dengan 95°C yang dipertahankan selama 5 menit. Daya pengembangan dan kelarutan granula pati gayam diukur menggunakan modifikasi metoda Kim & Seib (1993). Metoda untuk menyiapkan *Amylose leaching* mengikuti prosedur dari Hoover & Manuel (1995) dan kandungan amilosa ditetapkan menurut metoda Bradbury & Bello (1995). Pengujian kekuatan gel dan stabilitas gel terhadap siklus *freezing-thawing* didasarkan pada prinsip kerja Hoover & Manuel (1995). *Drip* dihitung sebagai % (b/b) dari berat air yang ditambahkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Komposisi Kimia Biji Gayam

Biji gayam (Gambar 1b) merupakan isi polong dari buah gayam (Gambar 1a). Buah gayam tergolong dalam tipe polong tunggal (*single pulse*). Kulit buah berserabut seperti buah kelapa diakhiri dengan penebalan seperti tempurung tipis pada bagian dalam (Gambar 1c). Kesulitan dalam pengupasan timbul akibat struktur kulit tersebut sehingga diperlukan peralatan khusus agar diperoleh biji yang utuh. Semakin kering keadaan buah gayam, semakin sulit dilakukan pengupasan karena kulit buah semakin tahan terhadap kerja pisau pengupas. Namun kulit luar mampu melindungi biji dari kerusakan mekanis yang dapat memacu pencoklatan dan mempertahankan kesegaran biji sekaligus nilai nutrisinya.

Tabel 1 menyajikan hasil analisa proksimat pada kotiledon biji gayam. Hasil penelitian ini menunjukkan kandungan protein kasar, lipid, dan abu lebih besar, tetapi karbohidrat lebih rendah daripada penelitian yang dilaporkan oleh Eny (1998). Hal ini disebabkan oleh perbedaan metoda penentuan lipid.



(a) (b) (c)

Gambar 1. Buah dan biji gayam (a) buah, (b) biji, (c) penampung melintang buah gayam

Tabel 1. Hasil analisa proksimat biji gayam

Komponen	Penelitian ini	Eny (1998)
Air (% bb)	50,11 ± 0,01	-
Abu (%bk)	3,39 ± 0,05 *	3,02
Lipid (%bk)	8,21 ± 1,12 [b]	2,13[a]
Protein kasar (% bk)	11,6 ± 0,33	9,67
Karbohidrat (%bk)	76,74	85,22
• Serat kasar (%bk)	t.a.[c]	6,72

[a] jenis pelarut lemak tidak disajikan
[b] pelarut yang digunakan diethyl ether
[c] tidak analisa
* analisa triplo

Berdasar komposisi kimia di atas, dapat dikatakan bahwa biji gayam memiliki keseimbangan nutrisi yang meliputi mineral, lemak dan protein. Data komposisi kimia beberapa jenis legum yang mempunyai kekerabatan taksonomi dekat disajikan pada Tabel 2. Jenis–jenis legum tersebut dikonsumsi sebagai makanan sehari-hari di beberapa negara (Considine & Considine 1982; Salunkhe et al., 1985). Biji gayam mungkin dapat bersaing dengan komoditas tersebut. Dibandingkan dengan serealia, kandungan mineral dan vitamin legum lebih baik (Salunka et al., 1985).

Kesulitan dalam penyimpanan, penanganan dan pengolahan sering menimbulkan keengganan untuk memanfaatkan potensi Leguminosea. Pada biji gayam kesulitan berkaitan erat dengan pencoklatan enzimatis yang sangat cepat dengan intensitas unsur gelap (*darkness*) sangat tinggi (data tidak disajikan). Akibatnya penyimpanan dalam bentuk biji kering berisiko tinggi terhadap penurunan kualitas.

B. Sifat Fungsional Pati Gayam

Sifat fungsional yang diamati pada penelitian ini mencakup sifat fisiko-kimia akibat proses pengolahan. Sifat fungsional utama pada produk berpati merupakan akibat dari pembentukan pasta dan gel. Pasta pati terbentuk saat granula pati tergelatinisasi dan hancur, sementara istilah gel mengacu pada bahan padat yang lunak (BeMiller & Wishtler, 1996).

Tabel 2. Komposisi kimia legum lain dalam setiap 100 g bahan kering

Komponen	Cashew [a]	Chestnut [a]	Chikpea [b]	Faba bean[b]
Abu	2,74	2,40	3,03	3,77
Lemak	48,27	4,48	4,92	1,40
Protein	18,14	7,31	26,10	34,87
Karbohidar	30,91	85,81	65,95	59,97
-*crude fiber*	1,48	2,73	7,19	15,48

[a] Dihitung ulang berdasar berat kering (1 - kadar air) ; data dari Considine & Considine (1982)
b Dihitung ulang berdasar berat kering (1-kadar air); data dari Sarantinos et al. , (1996), *crude fiber* sebagai *acid detergent fiber*

1. Perilaku Pembentuka pasta

Tabel 3 menyajikan data dari grafik brabender amylograph. Pemanasan terhadap suspensi pati sampai pada suhu dibawah 80°C tidak menyebabkan perubahan viskositas suspensi pati. Pada suhu sekitar 81°C mulai terjadi peningkatan viskositas suspensi. Pemanasan lebih lanjut menyebabkan tercapainya viskositas puncak pada suhu sekitar 90°C sebesar 750 BU. Suhu pemanasan yang dipertahankan pada 95°C tidak banyak menimbulkan perubahan viskositas. Pendinginan pasta pati gayam dari suhu tersebut menyebabkan pembentukan gel.

Tabel 3. Karakteristik pembentukan pasta pati gayam

Parameter	Nilai
Suhu awal pembentukan pasta	(±) 81,0 °C
Suhu viskositas puncak	(±) 90,0 °C
Viskositas maksimu	750 ± 55 BU

* Pengukuran duplo

Pengamatan mikroskopik terhadap struktur granula pati pada berbagai suhu pemanasn (Gambar 2) menunjukkan bahwa ukuran granula tidak mengalami perubahan jika pemanasan kurang dari 70°C (Gambar 2A-C). Akibatnya viskositas suspensi tidak berubah. Pemanasan lebih lanjut menyebabkan pengembangan ukuran granula semakin meningkat jika suhu semakin besar. Meskipun pada suhu 70°C telah terjadi *amylose leaching* (Gambar 2D), viskositas suspensi diukur dengan brabender tidak berubah secara nyata. Pemanasan sampai dengan suhu 95°C menunjukkan adanya granula yang masih utuh (Gambar 2F). Hal ini dapat menjelaskan viskositas suspensi yang relatif stabil pada pemanasan sampai suhu 95°C dan dipertahankan tetap 95°C.

Viskositas mungkin lebih banyak ditentukan oleh perubahan ukuran granula yang besar (hampir 25 kali) daripada pelepasan amilosa dari granula, seperti yang teramati pada daya pengembangan. Artinya *amylose leaching* yang mulai terjadi pada suhu pemanasan sekitar 70°C (Gambar 2D) belum mampu meningkatkan viskositas. Kemungkinan hal ini disebabkan oleh prosentase *leaching* masih sangat rendah. Peningkatan viskositas terjadi setelah *amylose leaching* cukup tinggi, yaitu pada suhu 81°C. Tampaknya pemanasan yang tinggi tidak menyebabkan degradasi termal yang besar. Seperti yang ditunjukkan oleh data pada Tabel 4, peningkatan kandungan komponen terlarut sangat kecil meskipun pemanasan mencapai 95°C (pada pemanasan sampai dengan 73°C nol meningkat menjadi 0,25°Brix).

Tabel 4. Rasio pengembangan granula tergelatinisasi terhadap granula yang tidak tergelatinisasi dan kelarutan pati gayam.

Suhu	Daya pengembangan	°Brix
50°C	1,98 ± 0,05	0 ± 0
73°C	5,26 ± 0,51	0 ± 0
95°C	24,76 ± 1,03	0,25 ± 0,05

Amylose leaching terjadi bersamaan dengan pengembangan granula. Pengukuran kadar amilosa pada cairan suspensi menunjukkan bahwa pada suhu 30°C tidak terjadi *amylose leaching* (Tabel 5). Kadar amilosa dalam cairan suspensi maksimum terjadi pada suhu 80°C. Walaupun degradasi thermal pada amilosa bebas sangat kecil, mungkin hal itu yang telah cukup untuk menyebabkan penurunan kemampuan mengikat iodin. Oleh karena itu *amylose leaching* pada 95°C lebih rendah daripada 80°C.

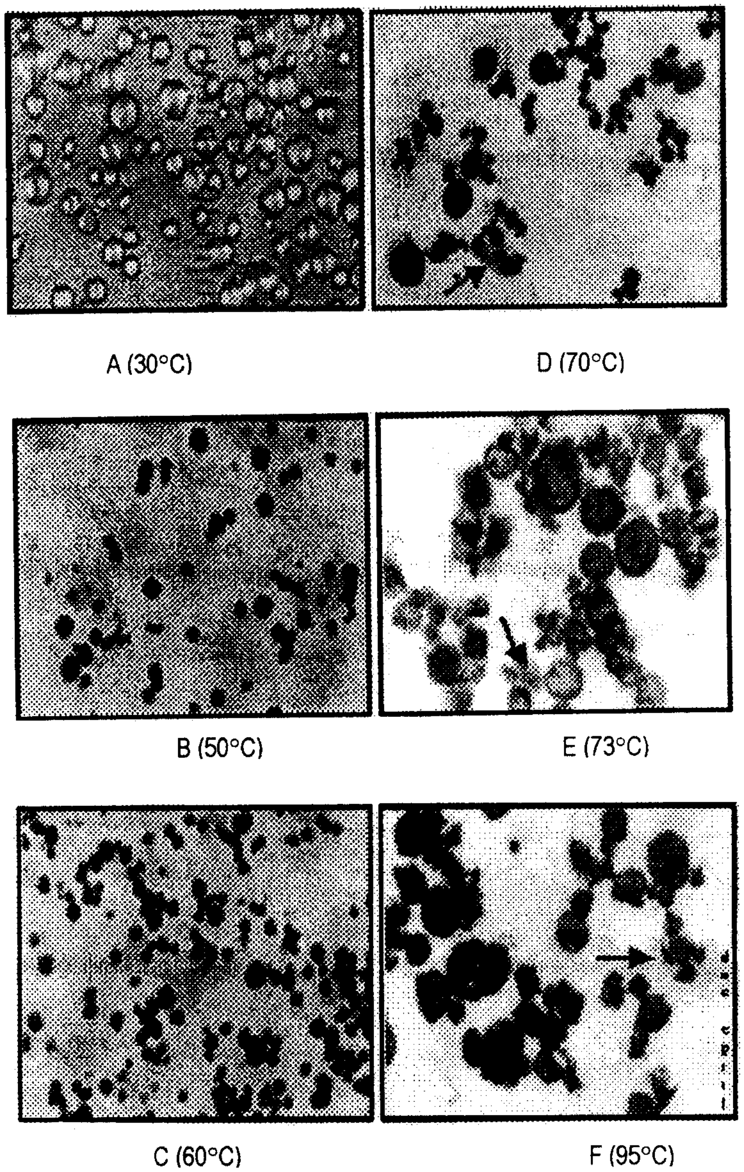
Pelepasan amilosa ke dalam medium saat granula mengembang meninggalkan bagian *kristalin* yang lebih tahan panas (Biliaderis 1990). Berdasarkan hal itu dapat dipahami pada pemanasan sampai 95°C granula yang tertinggal tampak masih utuh seperti bentuk asalnya sehingga mampu mempertahankan viskositas pasta. Karena gelatinisasi merupakan sifat kolektif granula pati dalam suspensi yang tidak terjadi secara serentak, maka *terdapat optimasi peningkatan ukuran granula dengan amylose leaching* yang menghasilkan viskositas maksimum pada suhu 90 °C yaitu sebesar 750 BU (Tabel 3).

Tabel 5. *Amylose leaching* pati gayam pada berbagai suhu*

Suhu Perlakuan	% (b/bk sampel)
30°C	0±0
80°C	0,36±0,03
95°C	0,27 ± 0,04

* analisa triplo

Berdasar pada uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa integritas granula pati gayam sangat kuat sehingga diperlukan energi tinggi agar terjadi gelatinisasi dan disintegrasi. Faktor yang berpengaruh pada integritas granula bertanggungjawab terhadap perilaku pembentukan pasta pati gayam seperti itu. Selama pembentukan pasta *amylose leaching* kecil, degradasi thermal rendah, dan rasio pengembangan granula besar. Hoover dan Manuel (1995) juga menemukan kecenderungan yang sama. Pati lentil yang memiliki rasio pengembangan tinggi, menunjukkan *amylose leaching* rendah. Integritas granula menentukan sifat akhir pasta dan gel. Dengan rasio pengembangan hampir 25 kali dan integritas granula yang kuat, pasta pati gayam mengalami perubahan drastis dari supsensi pati putih susu menjadi lebih jernih.



Gambar 2. Struktur granula pati pada berbagai suhu pemanasan (perbesaran 400 X ; sinar terpolarisasi; pewarnaan iodine). Tanda (→) menunjukkan amilosa yang dibebaskan.

2. *Karakterisasi gel pati gayam*

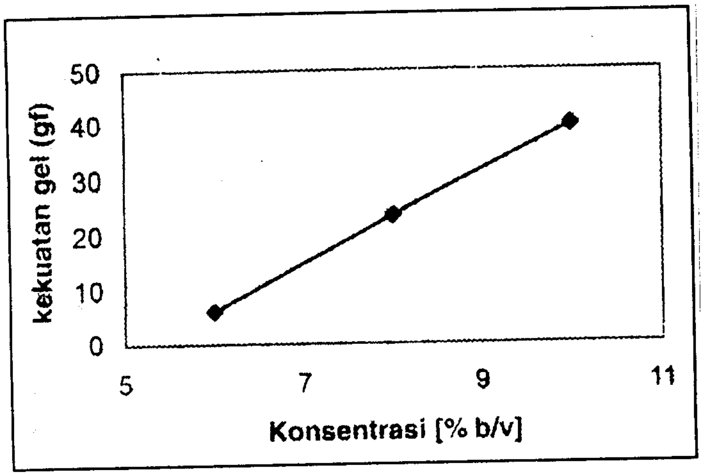
Karakteristik gel pati gayam yang dihasilkan sangat tergantung pada besarnya suhu pendinginan. Hal itu disebabkan oleh ketergantungan fenomena retrogradasi molekul fraksi pati terhadap suhu. Analisa thermal menunjukkan bahwa granula pati memiliki titik *glass transition* bertingkat-tingkat (Biliaderis 1990). Dinyatakan oleh Biliaderis bahwa pada pati beras tingkatan itu berkaitan dengan tahap perubahan organisasi bagian kristalin dan disorganisasi kompleks amilosa dengan lipid. Kemungkinan fenomena retrodradasi juga demikian. Perbedaan suhu pendinginan akan menghasilkan kondisi relatif dari titik *glass transition* sehingga menghasilkan karakteristik gel yang berbeda-beda.

Gel yang dibiarkan terbentuk pada suhu ruang (30°C), memiliki kekuatan gel yang sebanding dengan konsentrasi suspensi (Gambar 3). Kejernihan gel menurun, tetapi gel tersebut tidak lengket dan mudah dipotong (kalis).

Disamping menurunkan kejernihan, retrogradasi juga meningkatkan kekakuan gel yang besarnya ditentukan oleh jumlah fraksi amilosa (Biliaderis 1990). Peningkatan konsentrasi pati menyebabkan retrogradasi semakin besar karena fraksi amilosa semakin besar. Akibatnya kekuatan gel meningkat.

drip tidak melibatkan jumlah air yang masih terperangkap didalam pori gel.

Pengamatan struktur mikro gel dengan SEM menggunakan persiapan spesimen kering beku. Akibat pembekuan dihasilkan struktur mikro gel yang unik (Gambar 4a). Substansi granula yang terbebas dan granula yang masih utuh membentuk dinding rongga (Gambar 4b).

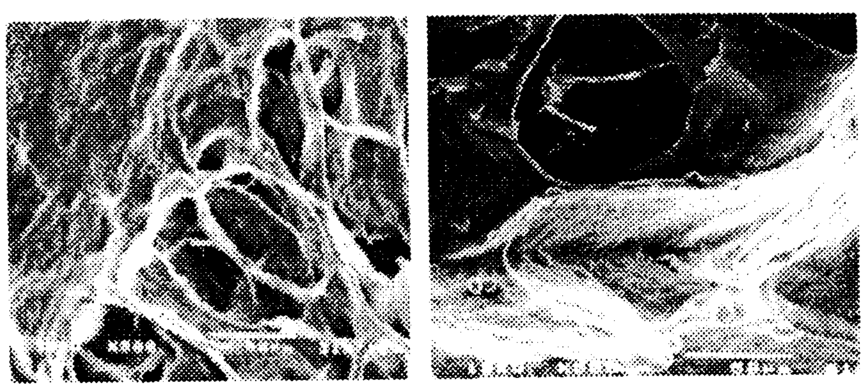


Gambar 3. Kekuatan gel pati gayam

Pengujian setabilitas gel pati gayam terhadap siklus *freezing-thawing* sebanyak 6 kali siklus (-16°C diikuti 30°C) menghasilkan *drip* sebesar 66,95 ± 3,63% dari jumlah air yang ditambahkan. Selama pembekuan gel berubah dari jernih menjadi putih susu; dari kenyal menjadi kaku dan sulit dipotong; dari tidak berpori menjadi berpori. Pori gel beku terisi oleh air yang tampak menyerupai pipa kecil. Struktur tersebut tidak kemampuan untuk mengikat air, tetapi dapat mengabsorpsi air karena struktur berpori yang dimiliki (menyerupai spons). Akibat dari struktur ini, nilai

KESIMPULAN

Biji gayam memiliki potensi nutrisi yang baik. Pengolahan biji gayam dapat dikembangkan untuk memberdayakan potensinya dalam perdagangan. Nutrien meliputi : protein kasar 11,66% (bk); lipid 8,21% (bk), abu 3,39% (bk); dan karbohidrat 76,74% (bk). Penelitian tentang perbaikan proses pengolahan biji gayam sangat diperlukan agar potensi tersebut tidak terabaikan.



(a) penampang membujur — (b) penampang melintang

Gambar 4. Struktur mikro gel pati gayam (perbesaran 500X)

Pati gayam memiliki suhu awal pembentukan pasta sekitar 81°C dan viskositas pasta yang relatif stabil pada pemanasan 95°C. Degradasi thermal pada fraksi pati gayam rendah. Pasta pati gayam membentuk gel saat pendinginan. Pengendalian suhu pendinginan dapat menghasilkan struktur mikro. Karakteristik gel pati gayam memungkinkan penciptaan produk baru yang berbasis pati gayam. Perlu pengkajian tentang sifat *glass transition* untuk pengendalian struktur mikro gel gayam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Yayasan Widya Mandala Surabaya dan Asosiasi Perguruan Tinggi Katolik Indonesia atas dana penelitian yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

Aguilera JM & Stanley DW. 1990. Microstructural Principles of Food Processing & Engineering. London: Elsevier Science Publisher. 343 p.

Allen, ON. & EK Allen. 1981. The Leguminosae: A Source Book of Characteristics, Uses, and Nodulation. USA: The University of Wisconsin Press: 354 p.

Anonymous 1979. Tropical Legumes: Resources for The Future. Report of Ad Hoc Panel of the Advisory Committee on Technology Innovation. Washington, DC. : National Academy of Sciences.

AOAC. Association Official of Analytical Chemistry. 1984. Offical Methods of Analysis.

BeMiller, JN & RL Whistler, 1996. Carbohydrates. Dalam Food Chemistry. O.R. Fennema (editor). 3rd ed. New York. Marcel Dekker, Inc.

Biliaderis CG. 1990. Thermal Analysis of Food Carbohydrates. Dalam Thermal Analysis of Foods. Harwalkar VR & C-Y Ma (editors). London: Elsevier Science Publishers Ltd.

Bradbury AGW & AB Bello. 1993. Determination of molecular size distribution of starch and debranched starch by a single procedure using high-performance size-exclusin chromatography. Cereal Chem 70 (5): 543 –547.

Bourke M. 1996. Edible indigenous nuts in Papua New Guinea: their potential for commercial development. The Australian New Crops Newsletter 5. January. Dari r.fletcher@mailbox.uq.edu.au

Campin J. 1997. Guide to plant relationships: for food allergy and intolerance identification (online). Verison 9th. Pada http://www.purr.demon.co.uk./food/foodin-de.html. Diakses : 13 Nov. 1999.

Considine DM. & G.D. Considine. 1982. Food and Food Production Encyclopedia. New York: van Nostrand Reinhold Company.

Eny K. 1998. Pemanfaatan tepung gayam (*Inocarpus edulis* Forst.) untuk pembuatan biskuit dalam rangka penganekaragaman pangan (Skripsi) Bogor. Jurusan Gizi Masyarakat dan Sumberdaya Keluarga, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

Englyst HN & Hudson GJ. 1996. The classification and measurement of dietry carbohydrates. Food Chem 57 (1) : 15-21.

Garcia-Alonso A, I Goni, & F Saura-Calixto. 1998. Resistant starch and potentialglyceamic index of raw and cooked legumes (lentils, chikpeas and benas). Z Lebensm Unters Forsch A 206: 124-127. .

Hegnauer R & Grayer-Barkmeijer RJ. 1993. Relevance of seed polysaccharides and flavonoids for the classification of the Leguminosae: a chemotaxonomic approach. Phytochem 34 (1): 3-16.

Heyne K. 1987. Tumbuhan berguna Indonesia. Volume II. Badan Litbang Kehutanan (penerjemah). Jakarta: Koperasi Karyawan Departemen Kehutanan.

Hoover R & H. Manuel. 1995. A comparative study of the physicochemical properties of starches from two lentil cultivars. Food Chem 53: 275-284

Kim WS & Seib PA. 1993. Apparent restriction of starch swelling in cooked noodles by lipids in some commercial wheat flour. Cereal Chem 70 (4): 367-372

Marsono Y. 1999. Changes of resistant starch and chemical composition of selected starchy foods during processing. Agritech 19 (3) : 124-127.

Ranggana S. 1986. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products. 2nd ed. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd.

Sarantinos, J. Tran VH, & Robert GB. 1996. *The effects of fungal infection on chemical and functional properties of chickpeas (Cicer arietinum)* and *faba bean (vicia faba)*. J. Sci. Food Agric. 70 : 197-200.

Salunkhe DK, Kadam SS, & Chavan JK. 1985. Postharvest biotechnology of food legumes. Florida: CRC Press, Inc. 160 h.

Satin M. Tanpa tahun. Functional Properties of Starches. Pada http://www.fa.org/waicon/faoinfo/agricult/ags/Agsi/foodin.htm Diakses pada 7 Maret 2000.

Shirakawa M, K Yamatoya, & K Nishinari. 1998. Tailoring of xyloglucan properties using an enzyme. Food Hydocolloids 12: 25-28.

Tovar J & Melito C. 1996, Steam-cooking and dry heating produce resistant starch in legumes J. Agric Food Chem 44: 2642-2645.