

EFISIENSI METODE ISOLASI SENYAWA GLUCOMANNAN DARI SINGKONG (*MANIHOT UTILISSIMA*) SECARA KIMIA DAN ENZIMATIS

EFFICIENCY METHOD OF ISOLATION OF GLUCOMANNAN COMPOUND FROM CASSAVA (*MANIHOT UTILISSIMA*) THROUGH CHEMICAL AND ENZYMATIC METHOD

Husniati

Balai Riset dan Standardisasi Industri Bandar Lampung, husniati.eni@gmail.com

ABSTRAK

Glucomannan adalah polisakarida larut air dan digunakan sebagai agen pengjeli, pengental makanan, dan *dietary fiber*. Penelitian ini bertujuan menentukan efisiensi metode isolasi senyawa glucomannan dari singkong menggunakan dua metode isolasi. Metode isolasi pertama adalah cara kimia yaitu mengekstraksi glucomannan dari tepung singkong menggunakan aquades dengan perbandingan 1:2 b/v dan etanol 95% sebagai pengendap. Metode kedua adalah cara enzimatik yaitu mengekstraksi glucomannan dari tepung singkong menggunakan enzim α -amilase lyquazyme (*crude enzyme*) sebanyak 12 g tepung singkong/1 mL enzim dalam buffer asetat pH 4.5. Kedua metode isolasi tersebut dibandingkan dengan cara menentukan rendemen masing-masing dan melihat pengaruh kedua metode isolasi tersebut melalui identifikasi struktur mikro dan analisis fasa. Hasil penelitian diperoleh rendemen glucomannan yang diisolasi secara kimia sebanyak 1,2% b/b sedangkan secara enzim diperoleh 2,7% b/b. Efisiensi metode isolasi cara enzim 2,3 kali lebih tinggi dibandingkan cara kimia. Hasil analisis struktur mikro dan identifikasi fasa kedua metode isolasi tidak memberikan hasil signifikan untuk salah satu fasa. Kedua metode isolasi tidak memberikan pengaruh terhadap kandungan fasa dan diperoleh 2 (dua) fasa yaitu manosa dan glukosa dengan rasio maltosa:glukosa kurang dari 1/1.

Kata kunci : glucomannan, singkong (*Manihot utilissima*), α -amilase lyquazyme, ekstraksi.

ABSTRACT

Glucomannan is a polysaccharide which is soluble in water and is used as a gelling agent and food thickener, as well as dietary fiber. The aims of the research was to determine the efficiency of the method of glucomannan isolated compounds from cassava using two methods. The first method was a technique of chemical isolation using distilled water 1:2 w/v as extractor and 95% ethanol three times its volume and the precipitate was separated. The second method was done by adding lyquazyme α -amylase to get the glucomannan compound from cassava flour 12 g / 1 mL of enzyme in acetate buffer pH 4.5. Both methods are compared by the determination of their yield and see the effects of two methods is through the identification microstructure and the refinement phase profile. The results obtained glucomannan yields chemically about 1.2% w.b whereas 2.7% w.b of the enzyme. The efficiency of the method of enzyme 2.3 times higher than the chemical method. The results of the microstructure analysis and identification of phases from two methods are not significant results for one phase. Both methods has no effect to the phases content and consist of two phases i.e mannose and glucose which is ratio of mannose/glucose below 1/1.

Keywords : glucomannan, cassava (*Manihot utilissima*), lyquazyme α -amylase, extraction.

PENDAHULUAN

Di Indonesia, singkong lebih dikenal sebagai ketela pohon atau ubi kayu. Singkong telah menjadi bahan pokok andalan rakyat Indonesia setelah beras, jagung, dan sagu mengingat kandungan utama singkong adalah karbohidrat. Pemanfaatan singkong lebih lanjut mempunyai prospek ekonomi lebih menguntungkan dari pada singkong hanya diolah secara langsung

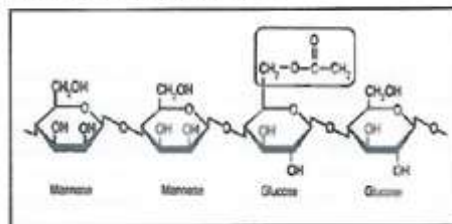
menjadi jenis panganan siap saji seperti kripik singkong, tape, gaplek. Selain sebagai pangan siap saji, saat ini singkong juga telah diolah menjadi tepung singkong dan tapioka sebagai produk antara untuk keperluan industri lebih lanjut (Rahmat, 1997).

Pada penelitian terdahulu telah dilaporkan oleh Husniati *dkk.* (2009), singkong mengandung senyawa glucomannan. Upaya memperoleh

senyawa glucumannan dari umbi singkong merupakan salah satu cara meningkatkan nilai tambah penguasaan tanaman tersebut.

Glucumannan adalah senyawa polisakarida yang mudah larut dalam air dan digunakan sebagai agen pembuat jel dan pengental makanan (Wootton *et al.*, 1993; Dea & Morrison, 1975 dalam Vieira & Gil, 2005) serta sebagai *dietary fiber* yang membantu mengatasi konstipasi (Loening-Baucke *et al.*, 2004). Glucumannan ditemukan dalam ubi-ubian, akar, atau umbi tanaman.

Struktur glucumannan ditemukan tersusun atas rantai D-manosa yang berselang seling dengan D-glukosa saling berikatan oleh ikatan α -(1,4) dengan rantai utama ini terasilasi oleh gugus asetil. Gugus aktif dalam glucumannan adalah gugus asetil yang memiliki peran dalam memberikan pengaruh terhadap solubilitas dan sifat gel dalam air (Nishinari *et al.*, dalam Kuncheva *et al.*, 2007). Rasio perbandingan manosa/glukosa bervariasi mulai 4:1 sampai dibawah 1:1 (Meier & Reid, 1962; Hagglund, 2002). Struktur kimia senyawa glucumannan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur kimia senyawa glucumannan

Hasil penelitian Husniati *dkk.* (2009), melaporkan bahwa identifikasi struktur molekul glucumannan singkong ditemukan daerah pergeseran kimia pada 3-4 ppm untuk ¹H-NMR dan 60-80 ppm untuk ¹³C-NMR yang menandakan puncak spektra senyawa gula kompleks polisakarida seperti manosa dan glukosa.

Sifat *dietary fiber* dalam glucumannan ditunjukkan dari ikatan δ -1-4-glikosidik yang tidak dapat tercerna oleh manusia, sehingga manfaat glucumannan sebagai serat yang larut air dan tidak memberikan asupan kalori. Oleh karenanya glucumannan cocok digunakan sebagai bahan makanan bagi mereka yang

membatasi kalori seperti penderita diabetes (Vuksan, 1999). Glucumannan juga memiliki potensi untuk menurunkan kadar kolesterol. Penelitian Gallaher *et al.* (2000), menunjukkan bahwa kadar kolesterol dalam hati mencit menurun hampir 60% pada kelompok yang berdiet glucumannan dibandingkan dengan yang berdiet selulosa.

Ada dua metode isolasi glucumannan yaitu cara kimia dan enzimatis. Cara kimia telah dilaporkan oleh Murtinah (1977) dan Zhauynbaeva *et al.* (2003) sedangkan cara enzim telah dilaporkan oleh Wootton *et al.* (1993). Isolasi cara kimia dilakukan melalui ekstraksi bahan baku dengan penambahan air. Kelemahan teknik ini adalah tidak dapat menghilangkan beta karoten yang bila tertinggal di dalam ekstrak dapat mengganggu kejernihan gel. Wootton *et al.* (1993) melaporkan teknik ekstraksi cara enzimatis dan purifikasi menggunakan enzim selektif dari α -amilase dan β -amilase murni yang tidak terkontaminasi oleh aktivitas β -manase atau β -glukanase untuk menghindari depolimerisasi.

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai efisiensi metode isolasi glucumannan cara kimia dan enzimatis. Kajian kedua metode isolasi melibatkan rendemen yang diperoleh dari kedua cara tersebut serta hasil analisis struktur mikro dan identifikasi fasa yang terkandung dalam senyawa glucumannan pada tanaman singkong sehingga diharapkan dapat memberikan informasi terhadap efisiensi teknologi ekstraksi glucumannan.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan

Singkong (*Manihot utilissima*) diperoleh dari pasar tradisional di daerah Lampung Tengah untuk selanjutnya umbi segar tersebut dilakukan peneupangan. Pelarut yang digunakan adalah aquades, 0,01 M buffer asetat pH 4,5, 95% etanol, dan enzim α -amilase *Iyquazyme* 135 KNU/g.

Alat

Alat gelas, inkubator suhu, pompa vakum, oven, tabung selofan, difraktometer sinar-x (XRD), dan SEM (Scanning Electron Microscope).

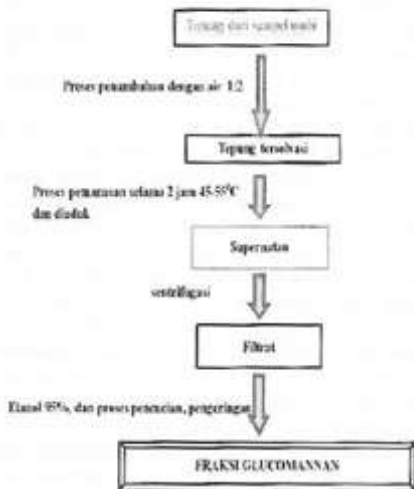
Tempat pelaksanaan

Isolasi glucomannan dilakukan di Laboratorium Proses Baristand Industri Bandar Lampung. Penepungan singkong dilakukan di Politeknik Negeri Lampung. Identifikasi struktur mikro dilaksanakan di BATAN, Puspiptek Serpong.

Prosedur Kerja

Isolasi glucomannan cara kimia :

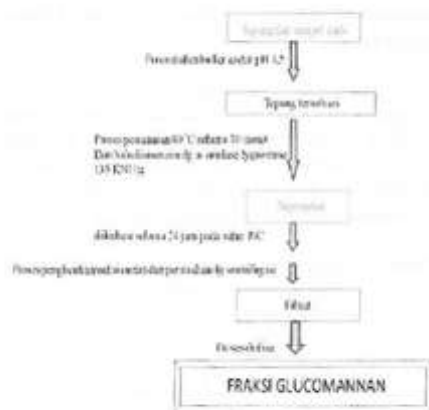
Proses isolasi glucomannan dilakukan dengan cara menambahkan aquades ke dalam bahan baku singkong yang sebelumnya telah dilakukan penepungan sebanyak 50 g. Setelah dilakukan optimasi, jumlah air yang ditambahkan ke dalam tepung singkong untuk mengekstrak glucomannan mempunyai perbandingan 2:1 v/ b terhadap tepungnya (Husnati *dkk.* 2009). Selanjutnya dipanaskan selama 2 jam dengan mengadakan tetap pada suhu 45-55°C (Murtinah, 1977, *dalam* Lubis *dkk.*, 2004). Cairan supernatan didekantasi dan dilakukan sentrifugasi pada 8000 rpm selama 10 menit. Filtrat yang dihasilkan ditambahkan 95% etanol sebanyak tiga kali volumenya dan endapan yang terbentuk dipisahkan (Zhaunbaeva *et al.*, 2003). Endapan dicuci dengan 95% etanol sebanyak 3 (tiga) kali dan dikeringkan dalam oven 40°C selama 2 (dua) malam. Skema isolasi cara kimia ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema isolasi cara kimia

Isolasi glucomannan secara enzimatis :

Tahapan isolasi glucomannan dilakukan dengan menyiapkan bahan baku tepung singkong sebanyak 180 g dan buffer asetat pH 4,5 dengan perbandingan 1:2 b/v. Tepung dipanaskan pada suhu 80°C selama 10 menit untuk menggelatinisasikan pati. Sebelum penambahan enzim α -amilase *Iyquozyme*, larutan didinginkan. Enzim yang ditambahkan sebanyak 15 mL. Kemudian larutan dikubasi selama 24 jam pada suhu 40°C. Reaksi hidrolisis dihentikan dengan pendinginan selama 3 menit dan endapan dipisahkan dengan filtrasi menggunakan pompa vakum selama 1 jam. Selanjutnya, filtrat didialisa dalam tabung selofan menggunakan pelarut aquades untuk menghilangkan pengotor ion asetat atau molekul dengan berat molekul rendah. Proses dialisa dihentikan setelah beberapa kali mengganti pelarut sampai pH pelarut mendekati pH 6-7. Hasil dialisa dikeringkan dengan oven untuk mendapatkan glucomannan. Skema isolasi cara enzimatis ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema isolasi cara enzimatis

Pengamatan:

Penentuan Rendemen :

Senyawa glucomannan yang telah dikeringkan kemudian dilimbang untuk ditentukan rendemennya. Persen rendemen ditentukan dari berat kering hasil isolasi glucomannan sebagai bagian dari bahan baku tepung singkong sesuai dengan formulasi berikut.

$$\% \text{Rendemen} = \frac{\text{Berat kering glucumannan (g)} \times 100\%}{\text{Berat tepung singkong (g)}}$$

Analisis Struktur mikro dan Identifikasi Fasa

Karakterisasi struktur mikro sampel dilakukan menggunakan SEM (Scanning Electron Microscope) merek JEOL, tipe JED-2300 dengan spesifikasi karakterisasi : voltage = 20,0 kV dan pixel = 512 x 384. Sedangkan pengamatan kualitas dan kuantitas fasa-fasa yang ada di dalam sampel menggunakan peralatan *X-Ray Diffractometer (XRD)* merek Philip, tipe PW1710. Pengukuran pola difraksi sampel dilakukan dengan berkas sinar-x dari *tube anode Cu* dengan panjang gelombang, $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$, mode: *continuous-scan*, *step size* : 0,02°, dan *time per step* : 0,5 detik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Senyawa Glucumannan dalam Singkong

Hasil isolasi senyawa glucumannan dalam singkong yang sebelumnya telah diidentifikasi struktur molekulnya menggunakan $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ (Husniati *dkk.*, 2009) maka rendemen yang diperoleh secara kimia dan enzimatis ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Rendemen senyawa glucumannan dalam umbi singkong

Cara Isolasi glucumannan	Berat bahan baku (g)	Berat kering (g)	Rendemen % b/b
Kimia	50	0,60	1,2
Enzim	180	4,92	2,7

Penerapan metode isolasi cara kimia adalah ekstraksi senyawa glucumannan menggunakan aquades. Teknik ekstraksi pada prinsipnya adalah suatu teknik separasi atau pemisahan yang mengeksploitasi perbedaan sifat kelarutan dari masing-masing komponen campuran

terhadap jenis pelarut tertentu. Glucumannan mengandung gugus asetil sehingga polisakarida ini mudah larut dalam air, sementara pati sebagai komponen utama dari singkong tidak akan terlarut dalam air pada suhu ruang. Pati dari singkong mempunyai suhu gelatinisasi granul pada suhu di atas 57°C (Torruco-Uco, 2007) dan ekstraksi glucumannan dari singkong dipercepat dengan pemanasan pada suhu sekitar 45-55°C tanpa melarutkan komponen patinya. Selanjutnya proses pemisahan polisakarida ini dari air dengan pengendapan menggunakan etanol 95%. Endapan dipisahkan untuk selanjutnya dilakukan proses pencucian sebanyak tiga kali bertujuan untuk melarutkan pengotor. Wootton *et al.* (1993), melarutkan karotenoid menggunakan isopropil alkohol (IPA) dan etanol. Kemudian endapannya dikeringkan dan diperoleh rendemen senyawa glucumannan dengan cara tersebut sebanyak 1,2% b/b.

Selain cara kimia, metode isolasi senyawa glucumannan dapat dilakukan dengan cara enzimatis. Teknik isolasinya menggunakan enzim *aamilase lyquazyme* untuk menghidrolisis komponen patinya. Penggunaan *crude enzyme* ini bertujuan untuk menghidrolisis ikatan α -1-4 glikosidik sehingga dapat mengisolasi senyawa yang diinginkan terpisah dari senyawa lain yang telah terhidrolisis oleh enzim ini. α -Amilase akan bekerja menghidrolisis ikatan α -1-4-glikosidik dari rantai panjang karbohidrat menjadi oligosakarida dan selanjutnya menjadi manosa dan glukosa sementara senyawa lain selain yang berikatan α -1-4-glikosidik seperti glucumannan tidak akan terhidrolisis karena memiliki ikatan β -1-4-glikosidik. Kondisi aktivitas *crude enzyme* diatur pada suhu 40°C, pH 4,5 dan konsentrasi enzim yang ada diharapkan dapat menghidrolisis secara optimal seluruh pati. Untuk optimasi jumlah enzim yang diberikan ditunjukkan dari hasil penambahan enzim dapat menurunkan viskositas maksimum dari keadaan awal tanpa penambahan enzim, *native starch*. (Wootton *et al.*, 1993). Pada penambahan enzim amilase hingga 15 mL memberikan penurunan viskositas maksimum dan data amilografi menunjukkan hilangnya puncak

viskositas maksimum (data tidak dipublikasi). Langkah berikutnya adalah pemurnian glucomannan dari molekul lain sebagai pengotor dilakukan dengan cara dialisa. Hasil dialisa dikeringkan dan ditimbang dengan rendemen glucomannan diperoleh sebanyak 2,7% b/b.

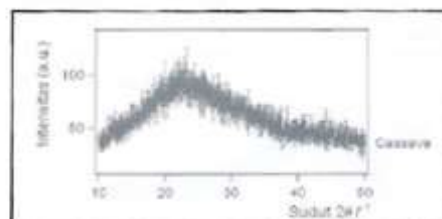
Efisiensi produksi erat kaitannya dengan teknik isolasi serta potensi yang ada untuk dieksplorasi. Dari kedua cara yang dilakukan, pencapaian rendemen maksimal diberikan oleh metode isolasi secara enzimatis. Indikasi perbedaan hasil tersebut berkaitan dengan kespesifikan dari kerja enzim untuk mendegradasi pati hanya pada ikatan α -1,4 glikosidik (Pugh, 2000). Kespesifikan lain bahwa enzim bekerja optimal pada kondisi reaksi yang dilakukan (Yamamoto, 1988), serta produk yang dihasilkan cenderung lebih murni oleh teknik dialisa. Namun pemakaian enzim juga memiliki kerawanan, bila α -amilase tercampur/terkontaminasi dengan β -amilase karena β -amilase dapat mendepolimerisasi senyawa glucomannan dan menghidrolisisnya menjadi unit-unit terkecil yang tersusun atas maltosa dan glukosa (Wootton *et al.*, 1993).

Potensi glucomannan dalam setiap umbi ditemukan beragam. Glucomannan banyak diproduksi di Jepang dari umbi konjac sehingga sering disebut sebagai konjac glucomannan dan termasuk dalam varietas umbi *Amorphophallus sp.* yaitu varietas yang memiliki kandungan glucomannan tertinggi berkisar antara 6 - 17% berat umbi segar (Wootton *et al.*, 1993; Loening-Baucke *et al.*, 2004). Kiho *et al.* (1985), telah melaporkan hasil penelitiannya berkaitan dengan potensi glucomannan dalam umbi tanaman *Dioscorea japonica* Thunb dengan rendemen 0,15% dengan rasio manosa/glukosa 6/1. Zhauynbaeva *et al.* (2003), telah melaporkan potensi glucomannan dalam ubi tanaman *Narcissus poeticus* memberikan rendemen 6% dengan rasio manosa/glukosa adalah 30/1 sementara umbi *Amorphophallus konjac* memiliki rasio manosa/glukosa 1,6/1 (Nishinari *et al.*, 1992; Jie *et al.*, 2005). Belum banyak penelitian yang melaporkan aktivitas senyawa tersebut terhadap variasi dari

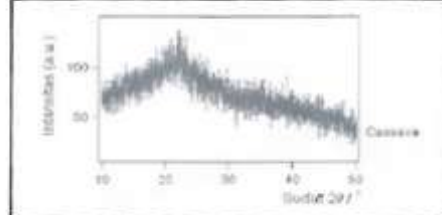
jumlah perbandingan manosa dan glukosa namun dapat diduga dari beberapa penelitian yang telah dilaporkan bahwa komposisi rasio memberikan keunikan tertentu terhadap bioaktivitasnya yang kemungkinan memiliki sifat farmakologis yang berbeda. Husniati & Medikasari (2010) melaporkan bahwa glucomannan singkong memiliki potensi sebagai agen prebiotik diketahui dari kehadiran glucomannan singkong menstimulasi pertumbuhan bakteri asam laktat, penurunan pH fermentasi, dan pembentukan asam lemak rantai pendek.

Identifikasi fasa dan analisis struktur mikro sampel glucomannan singkong

Hasil pengujian dengan difraksi sinar-x (XRD) pada sampel glucomannan ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5 yang berturut-turut dilakukan dengan cara kimia dan enzimatis.



Gambar 4. Pola difraksi sinar-X glucomannan enzim

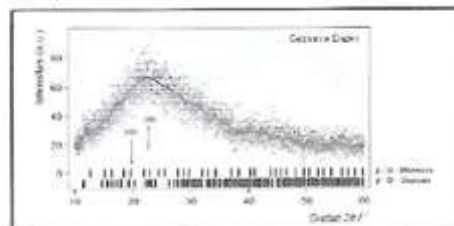


Gambar 5. Pola difraksi sinar-X glucomannan kimia

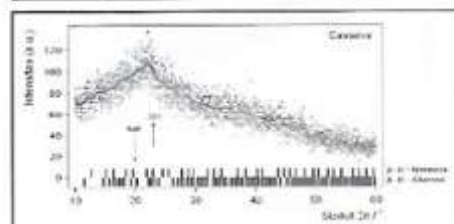
Kedua gambar tersebut memperlihatkan struktur glucomannan menyerupai *amorf*, hal ini ditandai dengan melebarnya puncak membentuk sebuah pola yang melengkung, walaupun diketahui bahwa struktur glucomannan menurut Al-Ghazzewi *et al.* (2007), adalah kristal maka struktur amorf yang demikian kemungkinan disebabkan oleh pengotor lain berupa polimer yang

menyelubungi glucumannan. Sinar-X akan terdifraksi apabila terjadi interferensi konstruktif yang saling menguatkan satu sama lain dari polimer kristalin bila memenuhi Hukum Bragg. Adanya pengotor amorf pada lapisan atasnya menyebabkan XRD tidak dapat mengukur glucumannan yang kemungkinan berada pada ketebalan di atas 5 mm. Pengotor tersebut memiliki struktur amorf terlihat dari difraksi yang terjadi tidak saling menguatkan, sinar terhambur, sehingga tidak terjadi puncak yang tajam.

Identifikasi fasa dari sampel glucumannan dari profil difraksi sinar-x ini ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7. *Database JCPDS – International Center for Diffraction Data (ICDD)* digunakan untuk mengidentifikasi fasa (Abraham, 1988; Dimarco & Ramano, 1985). Melalui hasil identifikasi fasa dari pola difraksi sinar-x dapat diketahui komposisi rasio manosa terhadap glukosa dari senyawa glucumannan yang diisolasi secara enzimatis maupun kimia.



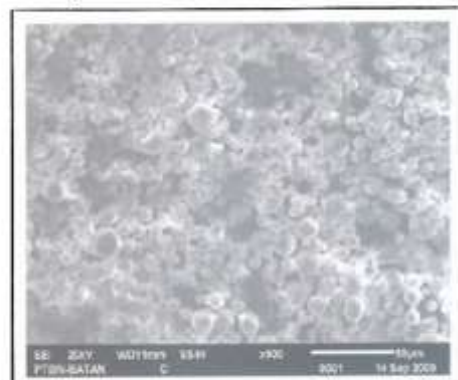
Gambar 6. *Refinement* pola difraksi sinar-x glucumannan enzim.



Gambar 7. *Refinement* pola difraksi sinar-x senyawa glucumannan kimia

Hasil identifikasi fasa menunjukkan bahwa glucumannan mengandung fasa β -D-glukosa dan β -D-manosa. Hal yang sangat menarik dari kajian ini adalah pengaruh isolasi secara enzimatis maupun kimia tidak memberikan

perubahan komposisi kedua fasa β -D-glukosa dan β -D-manosa. Bidang Miller (040) merupakan bidang milik fasa β -D-manosa dengan intensitas puncak tertinggi, sedangkan bidang Miller (201) merupakan bidang milik fasa β -D-glukosa dengan intensitas puncak tertinggi pula. Tampak sampel glucumannan dari isolasi secara kimia dan enzimatis, menunjukkan bahwa bidang (040) lebih rendah dibandingkan dengan bidang (201), yang berarti bahwa fasa β -D-glukosa diduga sangat dominan dibandingkan dengan fasa β -D-manosa. Hal ini diperlihatkan pula pada hasil pengamatan dengan SEM pada Gambar 8 menunjukkan bahwa sampel memiliki bentuk partikel yang hampir *uniform* di seluruh permukaan. Partikel tersebut berbentuk seperti bola (*spherical*) dan distribusi ukuran partikelnya relatif sama. Dari hasil pengamatan ini memberikan arti bahwa partikel-partikel ini diduga kepunyaan fasa β -D-glukosa. Dengan demikian berdasarkan identifikasi fasa dan analisis struktur mikro dapat disimpulkan bahwa senyawa glucumannan dari bahan baku singkong diduga mengandung rasio manosa/glukosa kurang dari 1/1.



Gambar 8. *Refinement* pola difraksi sinar-x glucumannan enzim.

KESIMPULAN

1. Hasil isolasi cara kimia diperoleh rendemen senyawa glucumannan dalam singkong (*Manihot utilissima*) sebanyak 1,2% b/b, sedangkan isolasi cara enzimatis diperoleh rendemen senyawa glucumannan sebanyak

- 2,7% b/b. Efisiensi metode isolasi cara enzimatik 2,3 kali lebih tinggi dibandingkan cara kimia.
2. Efisiensi metode isolasi cara enzimatik tercapai dari optimasi reaksi hidrolisis oleh aktivitas enzim α -amilase *liquazyme* yang bekerja secara spesifik mendegradasi pati yang memiliki ikatan α -1,4-glikosidik. Enzim bekerja optimal pada pH 4,5 dengan suhu 40°C selama 24 jam.
 3. Hasil isolasi cara kimia dan enzimatik diperoleh 2 (dua) fasa dalam senyawa glucomannan yaitu glukosa dan manosa. Rasio perbandingan manosa/glukosa adalah kurang dari 1/1. Kedua cara yang dilakukan tidak mengubah komposisi fasa senyawa glucomannan terhadap dominasi salah satu fasa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Industri (BPPI) Kementerian Perindustrian melalui Dana Bansos Program Insentif Riset Diknas untuk Peneliti dan Perakayasa LPND dan LPD Tahun 2009.

DAFTAR ACUAN

Abraham, S. N., 1988. Conservation of the D-Mannose-Adhesion Protein among Type-1 in Animal Lectins. *J. of Bio. Chem.*, 263: 9557.

Al-Ghazzewi, F. H., Khanna, S., Tester, R. F., 2007. The Potential use of Hydrolysed Konjac Glucomannan as a prebiotic. *J. Sci. Food, Agric.*, 87: 1758-1766.

Dea, I. C.M., & Morrison, A., 1975. Chemistry and Interaction of seed galactomannans. 241-312. In Vieira, M. C., & Gil, A. M., 2005. A solid state NMR study of lucust bean gum galactomannan and konjac glucomannan gel. *Carbohydrate Polymers*, 60: 439-448.

Dimarco, A. A., and Ramano, A. H. 1985. D-Glucose Transport System of *Zymomonas Mobilis*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 49: 151-157.

Gallaher C, Munion J, Hesslink R, Wise J, Gallaher D. 2000. Cholesterol reduction by glucomannan dan chitosan is mediated by changes in cholesterol absorption and bile acid and fat excretion in rats. *Nutrient Metabolism.*, 130 : 2753-9.

Hagglund, P., 2002. Mannan- hydrolysis by hemicellulases: Enzyme Polysaccharide interaction of a modular B-mannanase. Doctoral Dissertation. Department of Biochemistry Lund University, Sweden, p.19.

Husniati, Devi, F.A., Medikasari, Hanafi, M., 2009. Isolasi dan Identifikasi Senyawa Glucomannan Dalam Tanaman Umbi Singkong, Walur, dan Gadung Indigenous Indonesia. *Prosiding SN SMAP, FMIPA UNILA*. Vol.1:793-797.

Husniati dan Medikasari, 2010. Invitro Study of Glucomannan Extracted Chemically and Enzymatically from Cassava, Gadung, and Walur as Prebiotic Agent. *Prosiding International Seminar on Horticulture to Support Food Security*, Balai Koratun, Bandar Lampung, 22-23 June 2010.

Jie, P., Yu-Jing Sun, Yong-Guang Guan, Shi-Ping Tian, 2005. Study on Effect of Structure to Property Stability of Glucomannan. *Chinese J. Struct. Chem.*, 24(9):1061-1065.

Loening-Baucke V, Miele E, Staiano A. 2004. Fiber (glucomannan) is beneficial in the treatment of childhood constipation. *Pediatrics*. 113(3): 259-64.

Meier, H., and J. S. G. Reid. 1982. Reserve Polysaccharides Other Than Starch in Higher Plants, p. 418-471. In F. A. Loewus and W. Tanner (ed.), *Encyclopaedia of Plant Physiology New Ser.*, Vol. 13A. Springer Verlag, Berlin.

Murtinah, S., 1977. Pembuatan kripik dan isolasi glucomannan dari umbi iles-iles. *Dalam Lubis, E. H., Djubaedah, E., Alamsyah, R., dan Nurdin, N.K.*, 2004. Mempelajari Pengolahan Glucomannan Asal Iles-iles dan Penggunaannya dalam Produk Makanan. *Warta IHP*, 21 (2):31-41.

Nishinari, K., Williams, P., and Phillips, G. Review of the Physicochemical Characteristics and Properties of Konjac Mannan, p. 199-222. In Kuncheva, M., Pavlova, K., Panchev, I., and Dobrova, S., 2007. Emulsifying Power of Mannan and Glucomannan Produced by Yeasts. *Intern. J. of Cosmet. Sci.*, 29: 373-384.

Nishinari, K., Williams, P. A., and Phillips, G. O., 1992. Review of the physico-chemical characteristics and properties of konjac mannan. *Food Hydrocolloids*, 6(2): 199-222.

Pugh, M.B., Editor, 2000. *Stedman's Medical Dictionary* (27th ed.). Baltimore, Maryland, USA: Lippincott Williams & Wilkins. p. 65.

- Rahmat, R., 1997. Ubi Kayu : Budi Daya dan Pasca Panen. Kanisius Press, Yogyakarta, p. 16. http://ks.google.co.id/books?id=Ik9JizG5IW0C&pg=PA16&dq=kandungan+gizi+tapioka&ei=MxLYSr_oHIqkATwiuiwCA&hl=en#v=onepage&q=kandungan%20gizi%20tapioka&f=false diakses tgl. 16 Oktober 2009 pukul 13,42 WIB.
- Smallma, R. E., 1991. Metalurgi Fisik Modern, Edisi keempat, alih bahasa oleh Sriati Djaprie, Bustanul Arifin, dan Myrna A., Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Torruco-Uco, J, and Betencur-Ancona, D. 2007. Physicochemical and Functional Properties of Makal (*Xanthosoma yucatanensis*) Starch, *Food Chem.*, 101: 1319-1326
- Vuksan, V., Jenkins, D., J & Spadavora, P., 1999. Konjac-mannan (glucomannan) improves glycaemia and other associated risk factor for coronary heart disease in type 2 diabetes. A randomized controlled metabolic trial. 913-919.
- In Fang, W., & Wu, P., 2004. Variation of konjac glucomannan (KGM) from *Amorphophallus konjac* and its refined powder in China. *Food Hydrocolloids*, 18: 167-170
- Woolton A, Luker-Brown M, Westcott R, Cheetham P., 1993. The extraction of a glucomannan polysaccharide from konjac corms (elephant yam, *Amorphophallus rivieri*). *Journal of Sci Food Agric.*, 61:429-33.
- Yamamoto, T., Kitahata, S., and Okada, S., Editor, 1988. Handbook of Amylases and Related Enzymes: Their Sources, Isolation Methods, Properties and Application. Pergamon Press, Oxford, p. 18-22.
- Zhauynbaeva, K.S., Malikova, M. Kh., Rakhimov, D.A., and Khushbaktova, Z.A., 2003. Water-soluble Polysaccharides from *Narcissus poeticus* and their biological activity. *Chem. of Natural Compound.*, 39 (6):520-522.