

KARAKTERISTIK KIMIA EKSTRAK POLISAKARIDA LARUT AIR DARI UMBI GEMBILI (*Dioscorea esculenta*) YANG DITUNASKAN

*The Chemical Characteristics of Water Soluble Polysaccharides Extract from Sprouted Gembili (*Dioscorea esculenta*) Tuber*

Harijono, Teti Estiasih, Wenny Bekti Sunarharum, dan Isna Suci Rakhmita
Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan – Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Brawijaya – Jl. Veteran – Malang
Penulis Korespondensi: email harijono_07@yahoo.com

ABSTRACT

Gembili contains water-soluble polysaccharides (WSP) besides other components such as starch, fiber, protein, and other carbohydrate. The suitable method should be developed to separate WSP from other components such as protein that bound tightly. It is supposed that limited sprouting could be separate WSP more easily, due to hydrolysis of some major components in gembili tuber. The objective of this research was to elucidate the effect of sprouting time on the characteristics of gembili WSP. This research used Completely Randomized Design with 5 levels (sprouting time of 6, 12, 18, 24, 30 days). The results showed that sprouting time affected water, amylose, crude fiber, protein content, and yield extracted WSP. The analysis of precipitate in centrifugation to separate starch from filtrate in WSP extraction process, showed that sprouting time affected total sugars, reducing sugars, amylose, and crude fiber content of precipitates.

Keywords: gembili, sprouting time, water soluble polysaccharides

PENDAHULUAN

Umbi gembili (*Dioscorea esculenta*) mempunyai banyak istilah di berbagai daerah di Indonesia, antara lain gembili, sudo, ubi aung, ubi jahe dan huwi butul (Anonim, 2009). Saat ini umbi gembili sudah sulit dijumpai di pasar, namun penanamannya masih cukup luas di pedesaan dan harganya tidak mahal. Pada umumnya gembili dimanfaatkan oleh masyarakat pedesaan sebagai makanan alternatif pengganti beras dengan cara direbus atau dikukus. Selain digunakan sebagai bahan pangan, gembili juga dimanfaatkan sebagai ramuan obat tradisional (Lingga, 1986).

Menurut Boban *et al* (2006), gembili (*Dioscorea esculenta*) mengandung glukomanan. Akan tetapi, menurut Myoda *et al*. (2006) *Dioscorea opposita* mengandung lendir yang terdiri dari manan dan protein.

Hal ini didukung oleh Liu *et al*. (2008) bahwa *Dioscorea batatas* mengandung unit berulang 1,4 manan yang mengalami asetilasi pada C2-OH dan C3-OH sekitar 28%.

Glukomanan berpotensi tinggi untuk dikembangkan pada industri pangan maupun bidang kesehatan karena bersifat hidrokolloid kuat dan rendah kalori (Romli, 2002). Sudah banyak dilakukan penelitian efek glukomanan terhadap kesehatan. Makanan yang tinggi kandungan glukomanan dapat memperbaiki kontrol glikemik dan profil lemak. Dalam bidang pangan glukomanan dapat digunakan sebagai bahan tambahan makanan sebagai bahan pengental dan penstabil (Ekelman dan Dannan, 2009).

Polisakarida secara alami umumnya berikatan dengan protein (Blanshard dan Mitchell, 1979). Polisakarida larut air (PLA) pada umbi gembili merupakan gliko-

protein yang sangat kental (Fu *et al.*, 2006). Akibatnya pada proses ekstraksi, kadar PLA yang diperoleh menjadi rendah. Golongan *Dioscorea* juga mengandung pati dalam jumlah yang cukup tinggi yaitu sekitar 70% (bk) (Huang *et al.*, 2002). Adanya pati dapat menghambat proses ekstraksi PLA. Senyawa-senyawa seperti protein, serta pati terlarut, abu dan sebagainya merupakan senyawa yang tidak diharapkan keberadaannya dalam ekstraksi PLA. Untuk itu diperlukan suatu cara untuk memisahkan senyawa-senyawa tersebut dari PLA. Beberapa bahan kimia telah banyak digunakan untuk memisahkan senyawa tersebut. Namun dikhawatirkan dengan penambahan bahan kimia akan dapat mengubah sifat fisik maupun kimia dari polisakarida. Salah satu cara mengatasinya adalah dengan pertunasan.

Panneerselvam *et al* (2007), melakukan penelitian tentang metabolisme karbohidrat dalam *Dioscorea esculenta* (Lour) Burk selama pertunasan. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pada saat pertunasan, kandungan gula dan enzim yang memetabolisme karbohidrat meningkat dengan pesat sedangkan kandungan pati menurun. Hal ini disebabkan karena pati di-degradasi oleh α -amilase menjadi gula sederhana dan kemudian diangkut menuju titik tumbuh. Hal ini juga diperkuat oleh Onwoeme (1978), yang menyatakan bahwa senyawa bermolekul besar dan kompleks seperti pati, protein dan lemak dipecah menjadi kurang kompleks, larut air, dan mudah diangkut melalui membran dan dinding sel. Proses ini dibantu oleh aktivitas enzim dalam umbi. Energi yang dihasilkan dipakai untuk pembentukan komponen dan pertumbuhan sel-sel baru. Lebih lanjut Fasidi dan Bakare (1995) menyatakan bahwa pertunasan pada keluarga *Dioscoreaceae* atau *yam* merupakan tahap fisiologis penting untuk mengaktifkan aktivitas metabolisme dan mengakhiri fase dorman.

Oleh karena itu, adalah penting untuk mengkaji pengaruh lama pertunasan gembili terhadap karakteristik ekstrak PLA gembili yang diperoleh, termasuk endapan proses ekstraksi yang kemungkinan dapat digunakan sebagai sumber pati.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan baku utama dalam penelitian ini adalah umbi gembili yang diperoleh dari Jember. Bahan kimia yang digunakan adalah alkohol, H₂SO₄, tablet kjedahl, HCl, reagen Nelson-Somogyi, standar glukosa, amilosa, iodin, NaOH, Kjedahl, asam borat, indikator pp, eter, alkohol, reagen arsenomolibdat, K₂SO₄, bufer fosfat, N_a pikrat, asam asetat reagen anthrone.

Analisis Karakteristik Kimia Umbi Gembili Segar

Umbi gembili segar yang belum ditunaskan dianalisis meliputi kadar air metode gravimetric (AOAC, 1984), protein metode Kjedahl (AOAC, 1984), amilosa (metode IRRI), serat kasar (AOAC, 1984), PLA (Ohtsuki, 1968), dan HCN (modifikasi Haque *and* Bradbury, 2001).

Proses Pertunasan

Proses pertunasan dilakukan secara alami dengan cara umbi gembili yang telah disortasi ditempatkan di tempat gelap dan lembab pada suhu 27-30°C selama 6, 12, 18, 24, dan 30 hari. Selanjutnya, gembili yang telah diperlakukan digunakan sebagai bahan untuk ekstraksi PLA.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal yaitu lama pertunasan yang terdiri dari 5 level yaitu lama pertunasan 6, 12, 18, 24 dan 30 hari. Data yang diperoleh dari hasil penelitian dianalisis dengan metode analisis ragam. Apabila berbeda nyata dilanjutkan dengan uji BNT 5%.

Ekstraksi Polisakarida Larut Air (PLA)

Umbi gembili yang telah melalui proses persiapan di-*blender* dengan perbandingan antara umbi dan air (1:3) selama 1 menit. Setelah itu disaring menggunakan kain saring. Filtrat yang diperoleh disentrifusa dengan kecepatan 2000 rpm selama 30 menit. Subnatant berupa endapan diambil dan dikeringkan, kemudian dianalisis meliputi kadar amilosa, gula pereduksi, total gula, dan serat kasar.

Supernatan hasil sentrifugasi kemudian dipresipitasi menggunakan alkohol. Presipitat yang diperoleh diambil dan dikeringkan pada suhu 60°C selama 24 jam dalam pengering kabinet, kemudian dilanjutkan dengan proses penumbukan sehingga dihasilkan PLA dalam bentuk bubuk. Ekstrak PLA yang diperoleh dianalisis meliputi kadar amilosa (metode IRRI), protein metode Kjeldahl (AOAC, 1984), serat kasar (AOAC, 1984), air metode gravimetri (AOAC, 1984), dan rendemen

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Umbi Gembili

Bahan baku utama yang digunakan untuk menghasilkan PLA adalah umbi gembili segar dengan karakteristik seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik kimia umbi gembili

| Parameter | Kadar (bb) | Kadar (bk) |
|-----------------------|------------|------------|
| Kadar air (%) | 70,04 | - |
| Kadar pati (%) | 21,36 | 71,30 |
| Kadar amilosa (%) | 1,15 | 3,84 |
| Kadar protein (%) | 1,72 | 5,74 |
| Kadar serat kasar (%) | 4,61 | 15,39 |
| PLA (%) | 4,02 | 13,42 |
| HCN (ppm) | 13,43 | 44,83 |

Umbi gembili segar mengandung polisakarida larut air sebesar 4,02% (Tabel 1), sedangkan komponen selain PLA seperti pati, amilosa, protein dan serat kasar masih terdapat dalam jumlah yang cukup tinggi. Kandungan HCN umbi gembili se-

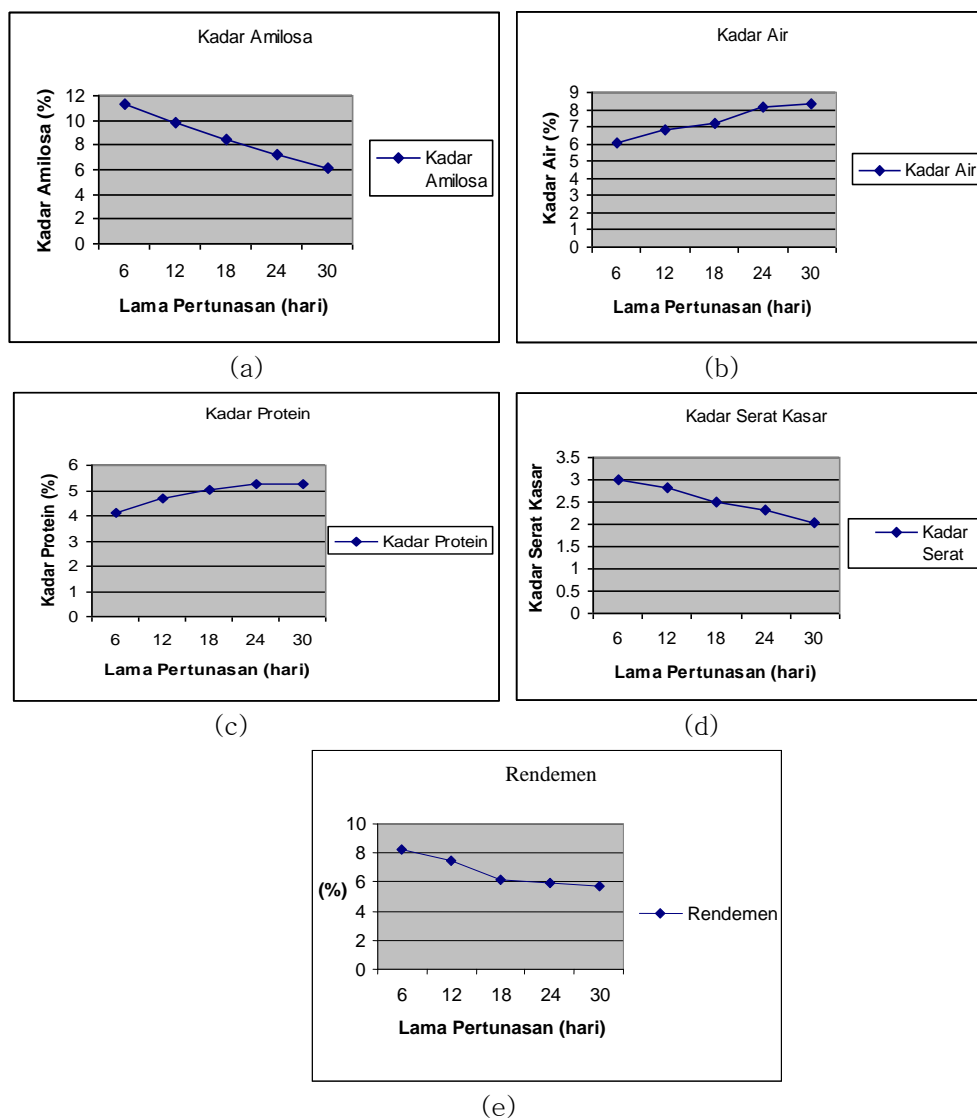
gar sebesar 13,43 ppm (Tabel 1), termasuk dalam kategori aman untuk dikonsumsi sehingga tidak diperlukan metode khusus untuk menghilangkan HCN tersebut. Hal ini diperkuat oleh Damardjati dan Widowati (1993), yang menyatakan bahwa kadar HCN < 50 ppm tidak beracun.

Karakteristik Ekstrak Polisakarida Larut Air dari Umbi Gembili yang Ditunaskan

Semakin lama pertunasan kadar amilosa yang terdapat dalam ekstrak semakin menurun (Gambar 1a). Perlakuan lama pertunasan berpengaruh pada kadar amilosa. Kadar amilosa ini berkisar 6,17-11,31%. Amilosa ini merupakan pengotor yang tidak diinginkan. Pada umbi gembili segar kadar amilosa 1,15% (bb) dengan kadar air umbi gembili cukup tinggi (70,04%) (Tabel 1).

Pada saat pertunasan, karbohidrat terhidrolisis menjadi gula-gula sederhana yang digunakan untuk proses respirasi dan pembentukan karbon struktural untuk tunas yang baru. Pati pada umbi selama pertunasan didegradasi oleh α -amilase menjadi gula-gula sederhana dan digunakan sebagai energi untuk tumbuh (Fasidi dan Bakare, 1995). Menurut Izundu (1988) selama pertunasan *Dioscorea dumetorum* terjadi peningkatan aktivitas enzim α amilase yang tajam. Semakin lama pertunasan, semakin banyak energi yang digunakan untuk tumbuh, sehingga semakin banyak pula pati yang akan terhidrolisis. Akibatnya kadar amilosa yang terbawa pada ekstrak PLA terendah terdapat pada lama pertunasan 30 hari. Pertunasan mempermudah pemisahan PLA dari komponen yang lain termasuk pati yang merupakan komponen yang tidak diinginkan dalam ekstrak PLA.

Perlakuan lama pertunasan berpengaruh pada kadar air yaitu semakin lama pertunasan kadar air ekstrak PLA semakin meningkat (Gambar 1b). Selama pertunasan gula-gula hasil degradasi pati oleh α -amilase digunakan sebagai bahan bakar



Gambar 1. Kadar amilosa (a), air (b), protein (c), serat kasar (d), dan rendemen (e) pada ekstrak PLA akibat lama pertunasan

respirasi (Fasidi dan Bakare, 1995). Menurut Pannerselvam *et al* (2008), laju respirasi menurun pada penyimpanan awal, kemudian laju respirasi meningkat tajam sampai masa bertunas. Semakin lama pertunasan laju respirasi semakin meningkat. Hal ini menyebabkan H₂O yang dihasilkan dari proses respirasi semakin tinggi, sehingga kadar air yang teranalisis juga semakin tinggi. Air yang dihasilkan dapat terserap oleh PLA dalam umbi sehingga kadar air ekstrak PLA mengalami

peningkatan dengan semakin bertambahnya waktu pertunasan. Kadar air tertinggi didapatkan dari lama pertunasan 30 hari.

Semakin lama pertunasan kadar protein pada ekstrak PLA semakin meningkat (Gambar 1c). Perlakuan lama pertunasan berpengaruh pada kadar protein dengan kadar berkisar antara 4,10–5,27%. Kadar protein tertinggi didapatkan dari lama pertunasan 30 hari. Menurut Fasidi dan Bakare (1995) selama pertunasan *Dioscorea dumetorum*, kadar protein dan lipid

mengalami peningkatan. Peningkatan protein ini kemungkinan berhubungan dengan konversi karbohidrat dan lipid menjadi protein proteoplasma untuk tunas yang baru tumbuh. Peningkatan protein ini tidak diinginkan pada ekstrak PLA.

Keluarga *Dioscorea* atau *yam* mengandung protein yang disebut dioscorin (Hou *et al.*, 2001; Chan *et al.*, 2006; Liu *et al.*, 2007). Dioscorin merupakan protein yang mempunyai aktivitas fisiologis yang menguntungkan karena menghambat kerja enzim pengubah angiotensin I (ACE, *angiotensin converting enzyme*) sehingga menghambat peningkatan tekanan darah (Hsu *et al.*, 2002). Dioscorin dilaporkan mempunyai berat molekul 32 kDa (Liao *et al.*, 2004). Diduga kuat pada proses pertunasan dioscorin terdegradasi dan asam amino hasil degradasi digunakan untuk sintesis protein yang baru yang digunakan untuk pertumbuhan. Menurut Shewry (2003), keluarga *yam* mempunyai protein cadangan yang disebut dioscorin yang merupakan cadangan protein dalam umbi dan digunakan untuk pertumbuhan. Dengan demikian, peningkatan kadar protein dalam ekstrak PLA belum tentu meningkatkan kadar dioscorin sehingga meningkatkan manfaatnya bagi kesehatan. Hal ini perlu diteliti lebih lanjut.

Semakin lama pertunasan kadar serat kasar ekstrak PLA semakin menurun (Gambar 1d). Selulosa dapat dihidrolisis oleh enzim selobiase, yang cara kerjanya serupa dengan β -amilase, akan terhidrolisis dan menghasilkan 2 molekul glukosa dari ujung rantai (Winarno, 2002). Kadar serat kasar terendah didapatkan dari lama pertunasan 30 hari. Hidrolisis pada serat kasar kemungkinan dapat disertai oleh hidrolisis pada PLA akan tetapi pada penelitian ini hal tersebut tidak dikaji. PLA pada gembili kemungkinan terdiri dari mannan atau glukomanan. Untuk menghidrolisis kedua jenis PLA tersebut diperlukan enzim mananase. Dugaan ini diperkuat de-

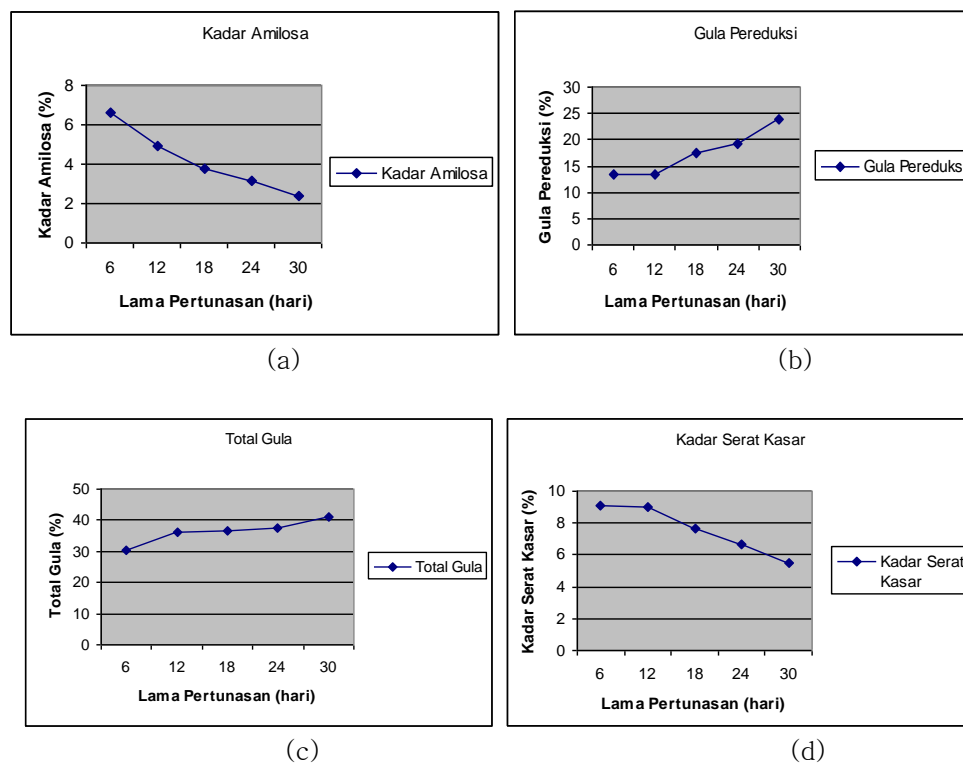
ngan rendemen ekstrak PLA yang mengalami penurunan dengan semakin lama pertunasan (Gambar 1e).

Menurut Bolam *et al.* (1996), endo β mananase merupakan enzim utama yang dapat menghidrolisis kerangka utama mannan dan glukomanan. Enzim mananase juga terdapat pada umbi-umbian seperti *Amorphophallus konjac* (iles-iles) (Anonim, 2007). Energi yang dihasilkan dari hidrolisis PLA diduga digunakan sebagai energi untuk pertumbuhan. Peningkatan aktivitas mananase selama pertunasan sejauh ini belum ada yang melaporkan.

Endapan Pati dari Umbi Gembili yang Ditunaskan

Endapan yang diperoleh merupakan endapan yang diperoleh setelah filtrat disentrifugasi dan dianalisis dalam bentuk basah atau belum mengalami pengeringan. Berdasarkan Gambar 2a, semakin lama pertunasan kadar amilosa endapan semakin menurun. Dibandingkan kadar amilosa pada umbi gembili segar (Tabel 1), kadar amilosa endapan lebih besar dibandingkan kadar amilosa dalam gembili segar. Hal ini menunjukkan bahwa amilosa terakumulasi dalam endapan. Pada penelitian ini kadar pati tidak dianalisis karena alasan teknis analisis bahwa analisis pati dengan hidrolisis asam menyebabkan komponen non pati seperti PLA ikut teranalisis sehingga diharapkan perubahan kadar amilosa menggambarkan perubahan kadar pati dalam endapan.

Pada dasarnya pati tidak larut dalam air dingin, hal ini menyebabkan pati mengendap ketika proses sentrifugasi. Semakin lama pertunasan kadar amilosa semakin menurun. Menurut Izundu (1988) selama pertunasan *Dioscorea dumetorum* terjadi peningkatan aktivitas enzim α amilase yang tajam. Hal ini yang menyebabkan kadar amilosa mengalami penurunan seperti halnya penurunan kadar amilosa dalam ekstrak PLA.



Gambar 2. Kadar amilosa (a), gula pereduksi (b), total gula (c), serat kasar (d) endapan akibat lama pertunasan

Penurunan kadar amilosa diikuti oleh peningkatan kadar gula pereduksi dan total gula (Gambar 2b dan 2c). Peningkatan kadar gula pereduksi lebih tajam dibandingkan kadar total gula. Peningkatan kadar gula pereduksi berkaitan dengan proses hidrolisis PLA, pati, atau serat kasar. Hal ini yang menyebabkan kadar serat kasar dalam endapan mengalami penurunan (Gambar 2d). Proses hidrolisis komponen-komponen tersebut menyebabkan peningkatan jumlah ujung pereduksi dalam strukturnya. Total gula menunjukkan kadar gula sederhana yang meningkat akibat peningkatan jumlahnya karena proses hidrolisis. Selama pertunasan pati telah terdegradasi menjadi gula-gula sederhana. Peningkatan total gula ini berkebalikan dengan penurunan kadar pati dengan semakin lamanya pertunasan. Hal ini disebabkan

kadar pati terdegradasi menjadi gula-gula sederhana.

Semakin lama pertunasan, kadar pati dalam endapan mengalami penurunan yang ditunjukkan oleh penurunan kadar amilosa. Pertunasan memang memudahkan proses ekstraksi PLA, akan tetapi menurunkan jumlah pati dalam endapan. Proses ekstraksi PLA yang digunakan pada penelitian ini adalah proses integratif untuk mendapatkan PLA dan endapan pati.

SIMPULAN

Pertunasan terbatas mempermudah proses ekstraksi PLA dari umbi gembili. Semakin lama pertunasan, jumlah PLA yang terekstrak semakin menurun yang berkaitan dengan proses hidrolisis komponen-komponen dalam umbi untuk proses pertunasan. Diperlukan lama pertunasan

terbatas yang tepat untuk meningkatkan rendemen PLA yang terekstrak dan menurunkan komponen pengotor berupa protein, pati, dan serat kasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. Pembuatan Tepung Monooligosakarida (MOS) dari Hidrolisis Substrat Mannan Asal Kolang-Kaling secara Enzimatis: Menuju Pemanfaatannya untuk Bahan Prebiotik Baru. <http://digilib.unila.ac.id/Go.Php?Id=Laptunilapp-Gdl-Res-2007-Sumar-didrm-782&Node=3706&Start=25> Tanggal Akses 15 Februari 2010
- Anonim, 2009. Mengenal Plasma Nutfah Tanaman. <http://Satudunia.One-world.Net/?Q=Node/932>. Tanggal Akses 25 Januari 2009
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. Association of Official Analysis Chemistry, Washington
- Blanshard, J.M.V. and J.R. Mitchell. 1979. Polysaccharides in Food. Butterworths, Boston, London
- Boban, T. P., B. Nambisan, and R.P. Sudhakaran. 2006. *Hypolipidaemic effect of chemically different mucilages in rats: a comparative study*. British Journal of Nutrition 96: 1021-1029
- Bolam, D.N., N. Hughes, R. Virden, J.H. Lakey, G.P. Hazlewood, B. Henrissat, K.L. Braithwaite, and H.J. Gilbert. 1996. *Mannanase A from Pseudomonas fluorescens ssp. cellulosa is a retaining glycosyl hydrolase in which E212 and E320 are the putative catalytic residues*. Biochemistry 35: 16195-16204
- Chan, Y-C., C-K. Hsu, M-F. Wang, J-W. Liao and T-Y. Su. 2006. *Beneficial effect of yam on the amyloid β -protein, monoamine oxidase B and cognitive deficit in mice with accelerated senescence*. J Sci Food Agric 86:1517-1525
- Damardjati, D.S. dan S. Widowati. 1993. Pembinaan Sistem Agroindustri Tepung Kasava Pola Usaha Tani Inti Plasma Kabupaten Ponorogo. Laporan Penelitian Kerjasama Balittan. Sukamandi dengan PT. Petro Aneka Usaha, Sukamandi
- Ekelman and Dannan. 2009. Konjac Flour. <http://Www.Inchem.Com>. Tanggal Akses 3 Maret 2010
- Fasidi, I. O. and N. O. Bakare. 1995. *Distribution of food reserves in Dioscorea dumetorum (Kunth) Pax tubers during sprouting*. Food Chemistry 52: 423-426
- Fu, Y-C. A, L-H. A. Ferng, and P-Y. Huang. 2006. *Quantitative analysis of allantoin and allantoic acid in yam tuber, mucilage, skin and bulbil of the Dioscorea species*. Food Chemistry 94: 541-549
- Hou, W-C., M-H. Lee, H-J. Chen, W-L. Liang, C-H. Han, Y-W. Liu, and Y-H. Lin. 2001. *Antioxidant activities of dioscorin, the storage protein of yam (Dioscorea batatas Decne) tuber*. J. Agric. Food Chem. 49: 4956-4960
- Hsu, F-H., Y-H. Lin, M-H. Lee, C-L. Lin, and W-C. Hou. 2002. *Both dioscorin, the tuber storage protein of yam (Dioscorea alata cv. Tainong No. 1), and its peptic hydrolysates exhibited angiotensin converting enzyme inhibitory activities*. J. Agric. Food Chem. 50: 6109-6113
- Huang, C-C., P-Y. Chiang, Y-Y. Chen, and C-C.R. Wang. 2007. *Chemical compositions and enzyme activity changes occurring in yam (Dioscorea alata L.) tubers during growth*. LWT 40: 1498-1506
- Izundu, A. I. 1988. *Changes in enzyme activities of Dioscorea alunetorum (Kunth) Pax tubers during sprouting*. MSc. Thesis. University of Ibadan, Nigeria
- Lingga, P. 1986. Bertanam Umbi-Umbian. Penebar Swadaya, Jakarta
- Liao, Y-H., C-Y. Tseng, and W. Chen. 2006. *Structural characterization of dioscorin, the major tuber protein of yams, by near infrared Raman spectroscopy*. Journal of Physics: Conference Series 28: 119-122

- Liu, Y-W., H-F. Shang, C-K. Wang, F-L. Hsu, and W-C. Hou. 2007. *Immunomodulatory activity of dioscorin, the storage protein of yam (Dioscorea alata cv. Tainong No. 1) tuber*. Food and Chemical Toxicology 45: 2312-2318
- Liu, J-Y., F-L. Yang, C-P. Lu, Y-L. Yang, C-L. Wen, K-F. Hua, and S-H. Wu. 2008. *Polysaccharides from Dioscorea batatas induce tumor necrosis factor-R secretion via toll-like receptor 4-mediated protein kinase signaling pathways*. J. Agric. Food Chem. 56: 9892-9898
- Medoua, G.N., I.E. Mbome, T. Agbor-Egbe, And C.M.F. Mbofung. 2005. *Physicochemical changes occurring during post-harvest hardening of trifoliolate yam (Dioscorea dumetorum) tubers*. Food Chemistry 90: 597-601
- Myoda, T., Y. Matsuda, T. Suzuki, T. Nakagawa, T. Nagai, and T. Nagashima. 2006. *Identification of soluble proteins and interaction with mannan in mucilage of Dioscorea opposita Thunb. (Chinese yam tuber)*. Food Sci. Technol. Res.12(4): 299-302
- Ohtsuki, T. 1968. *Studies on reverse carbohydrates of flour Amorphophallus species, with special reference to mannan*. Botanical Magazine Tokyo 81: 119- 126
- Onwoeme, D.C. 1978. *The Tropical Tuber Corps, Yams, Cassava, Sweet Potatoes, Coyoyams*. John Willey and Sons, New York
- Panneerselvam, R., A. Jaleel, C. Somasundaram, R. Sridharan, and R.M. Gomathinayagam. 2007. *Carbohydrate metabolism in Dioscorea esculenta (Lour.) Burk. tubers and Curcuma longa L. rhizomes during two phases of dormancy*. Colloids Surf B Biointerfaces 59(1):59-66
- Romli, H. U. 2002. *Hutan Lestari Berkah Tanaman Porang*. Cetak/0702/22/0607.htm. Tanggal Akses 3 Maret 2010
- Shewry, P.R. 2003. *Tuber storage protein*. Annals of Botany 91: 755-769
- Winarno, F.G. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia, Jakarta