

TANAMAN UWI DAN POTENSI UMBI UWI SEBAGAI BAHAN PANGAN

Dr. Lula Nadia, M.A., M.Si.

ABSTRAK

Umbi uwi ungu merupakan jenis gadung-gadungan yang memiliki nama ilmiah *Dioscorea alata*. Memiliki kandungan zat gizi yang lengkap dan cukup baik dari kelompok umbi-umbian. Kandungan gizi umbi terdiri dari karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral. Selain itu, uwi merupakan tanaman yang mudah dibudidayakan, produktivitas tanaman ini cukup tinggi, yang dalam satu tanaman mampu menghasilkan hingga 30-40 kg umbi/tanaman. Karbohidrat umbi uwi kaya kandungan pati yang belum banyak dimanfaatkan. Sebagai sumber pati dari kelompok umbi-umbian, umbi uwi memiliki potensi pengembangan pemanfaatannya tidak saja sebagai bahan pangan namun juga dapat dijadikan sebagai bahan baku industri pangan. Pati uwi secara alami memiliki karakter yang khas, yang memiliki sifat pasta yang tahan terhadap suhu tinggi dan kondisi asam. Karakter tersebut merupakan karakter pati yang diperlukan dalam pengolahan pangan sebagai pengental atau sebagai penstabil baik ditingkat rumah tangga maupun ditingkat industri.

PENDAHULUAN

Uwi (*Dioscorea alata*) merupakan tanaman berumbi yang kaya kandungan pati yang belum banyak dimanfaatkan. Keragaman tanaman uwi cukup tinggi (Martin dan Rhodes 1977), produktifitasnya juga cukup tinggi (Usman 2009) dan mudah dibudidayakan. Tanaman uwi merupakan tanaman tropis yang tumbuh liar di hutan dan dapat ditemukan hampir disemua daerah di Indonesia (Usman 2009). Hal tersebut menunjukkan umbi uwi memiliki potensi pengembangan pemanfaatannya tidak saja sebagai bahan pangan namun juga dapat dijadikan sebagai bahan baku industri pangan.

Pati uwi secara alami memiliki karakter pasta yang tahan terhadap suhu tinggi dan kondisi asam. Karakter tersebut merupakan karakter pati yang diperlukan dalam pengolahan pangan (Riley et al. 2006; Peroni et al. 2006; Jayakody et al. 2007). Pemanfaatan pati alami dalam pengolahan pangan lebih aman untuk dikonsumsi

daripada pati modifikasi (BeMiller 1997). Hal ini terkait dengan kesadaran untuk mengkonsumsi makanan sehat semakin meningkat di kalangan masyarakat, sehingga pemanfaatan bahan pangan dalam bentuk alami lebih diutamakan sebagai bahan tambahan maupun bahan baku dalam pengolahan pangan.

Pati dalam pengolahan pangan, terutama diperlukan sebagai pengental, yang terkait erat dengan karakter pembentukan pasta yang bersifat adhesif, stabil terhadap pemanasan dan pendinginan (Adzahan 2002). Pasta pati ini juga memiliki karakter yang lembut dan tetap lentur pada kondisi dingin (Gracia et al. 1998). Karakter pasta tersebut dapat meningkatkan viskositas, tekstur dan mouthfeel dari produk olahan dan sangat dipengaruhi oleh karakter fisikokimia dari pati (Vasanthan dan Bhatti 1996; Noda et al. 2005; Ao dan Jane 2007). Karakteristik fisikokimia pati sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis (sumber) pati (Gunaratne dan Hoover 2002; Lim et al. 2001), kadar amilosa (Collado dan Corke 1999) dan tipe kristalisasi pati (Gunaratne dan Hoover 2002). Pati dari kultivar-kultivar berbeda memperlihatkan kandungan amilosa, sifat gelatinisasi (suhu transisi dan entalpi gelatinisasi), sifat morfologi dan karakter kristal yang berbeda satu sama lainnya (Alves et al. 1999; Freitas et al. 2004; Gunaratne dan Hoover 2002; McPherson dan Jane 1999).

Karakter pasta pati juga dipengaruhi oleh sebaran ukuran granula pati, dimana ukuran granula berpengaruh pada komposisi kimia yang dikandungnya dan berdampak pada karakter fungsionalnya dalam pembentukan pasta (Vasanthan dan Bhatti 1996; Noda et al. 2005). Pengaruh ukuran granula pati terhadap struktur fisik terutama pada komposisi amilosa dan amilopektin serta kristalinitas pati (Fredrickson et al. 1998; Verneylen et al. 2005; Lin et al. 2007), kesemuanya berakibat pada karakter pasting dan viskoelastisitas pasta yang penting pada aplikasi pati dalam pengolahan pangan. Untuk dapat mempelajari pengaruh ukuran terhadap karakter fungsional pati, maka perlu dilakukan fraksinasi terhadap ukuran granula pati.

Aplikasi pati dalam pengolahan pangan, akan berakibat pada produk akhir olahan yang dipengaruhi oleh sifat fisikokimia pati. Hal tersebut dapat dilihat pada pembuatan roti (Park et al. 2009), mie non gandum (Chen 2003), dan pengental produk pangan (Yonea et al. 2003), yang masing-masing produk memerlukan pati dengan karakter tertentu. Untuk dapat memenuhi kebutuhan pati dalam pengolahan pangan tersebut, maka informasi mengenai karakteristik fisikokimia pati sangat diperlukan.

Produk pangan lain yang juga memerlukan informasi karakter fisikokimia pati adalah dalam pembuatan produk pasta (makaroni dan spaghetti) yang sampai saat ini masih didominasi oleh produk impor dalam hal kualitas dan kuantitasnya.

A. KETERSEDIAAN UMBI

Umbi dari jenis gadung-gadungan ini dikenal sebagai umbi uwi *Dioscorea alata* (Ayensu dan Coursey 1972). Memiliki kandungan zat gizi yang cukup baik dengan kisaran komposisi protein 7.4 %, pati 75-84 %, dan lemak, vitamin dan mineral kurang dari 4 % dalam 100 gr berat kering umbi (Osagie 1992; Hoover 2001). Selain mudah dibudidayakan, produktivitas tanaman ini cukup tinggi, yang dalam satu tanaman mampu menghasilkan hingga 30-40 kg umbi dan tepung hingga 4 ton/ha (Usman 2009). Demikian juga tingkat keragamannya yang juga cukup tinggi (Martin dan Rhodes 1977). Tepung umbi yang dihasilkan tersebut dapat digunakan lebih lanjut untuk membuat nasi, kripik, roti hingga cake ataupun brownies, dan sebagai bahan baku industri pangan (Muhammad 2009). Hal-hal tersebut, menunjukkan adanya potensi umbi uwi untuk dikembangkan sebagai bahan baku industri pangan.

B. KOMPOSISI KIMIA UMBI UWI

Kandungan nutrisi umbi uwi memiliki komponen utama pati dengan sedikit protein dan lemak, serta seluruh vitamin yang dibutuhkan dan kaya mineral (Lasztity et al. 1998). Dibanding umbi lainnya, umbi uwi mengandung nutrisi yang paling baik (Wanasundera dan Ravindra 1994). Selain komposisi kimia tersebut, *Dioscorea* mengandung polyphenol seperti: catechin, asam chlorogenic, proanthocyanidin dan anthocyanin (Farombi et al. 2000). Didapatkan juga bahwa antosianin merupakan senyawa utama pemberi warna ungu pada umbi *Dioscorea alata* (Rasper dan Coursey 1967; Ozo et al. 1984; Farombi et al. 2000; Champagne et al. 2011). Antosianin merupakan pigmen yang larut air yang dapat memberi warna merah, ungu atau biru bergantung pH lingkungannya. Pada lingkungan asam ($\text{pH} < 7$) antosianin memberi warna pink, warna ungu pada kondisi lingkungan netral (pH sekitar 7), hijau kekuningan pada $\text{pH} > 7$ dan tidak memberi warna pada lingkungan yang sangat basa (Michaelis et al. 1936).

Selain antosianin, zat warna lain yang juga dapat dijumpai dalam umbi uwi adalah karotenoid. Menurut Champagne et al. (2010), dari kelompok karotenoid, dalam umbi uwi Vunuatu didapatkan senyawa lutein, zeaxantin dan β -karoten yang dikenal merupakan provitamin A. Sebagai prekursor vitamin A yang dibutuhkan dalam asupan pangan maka keberadaan senyawa karotene terutama β -karoten menjadi sangat penting dalam bahan pangan.

Sebagai bagian yang dominan dalam umbi, pati merupakan butiran-butiran kecil yang disebut granula, dengan bentuk, ukuran dan morfologi yang menjadi ciri khas dari masing-masing kultivar tanaman penghasil pati. Granula pati umbi-umbian pada umumnya memiliki bentuk bundar, oval, oval terpotong seperti skop dan poligonal (Hoover 2001). Ukuran granula pati pada umbi-umbian sangat bervariasi, namun umumnya memiliki kisaran ukuran diameter di bawah 60 μm , kecuali granula pati kentang dan uwi masing-masing memiliki sebaran ukuran diameter granula 5-100 μm dan 6-100 μm , dengan kisaran ukuran rata-rata granula 25-45 μm (Hoover 2001; Noda et al. 2005; Peroni et al. 2006; Jayakody et al. 2007).

C. APLIKASI PATI DAN FISIKOKIMIA PATI

Aplikasi pati dalam pengolahan pangan, akan berakibat pada produk akhir olahan yang dipengaruhi oleh sifat fisikokimia pati. Beberapa penelitian melaporkan bahwa karakter fisikokimia pati sangat dipengaruhi oleh ukuran granula pati, dimana ukuran tersebut berpengaruh terhadap komposisi bahan yang dikandungnya dan berdampak pada sifat fungsionalnya (Verneylen et al. 2005; Lin et al. 2007). Diantara sifat fisikokimia pati yang dipengaruhi oleh ukuran granulanya adalah kristalinitas pati, komposisi amilosa, amilopektin, lipid dan fosfor yang kesemuanya berpengaruh pada pembentukan pasta (Vasanthan dan Bhatti 1996; Noda et al. 2005; Ao dan Jane 2007; Kim dan Huber 2010).

Temuan sebelumnya, dilaporkan bahwa kandungan mineral semakin tinggi dengan semakin kecilnya ukuran granula pati kentang (Noda et al. 2005). Hal yang berlawanan dengan kandungan mineral pati barley, selain itu, pati barley memiliki kandungan lipid yang lebih tinggi pada granula berukuran lebih kecil (Vasanthan dan Bhatti 1996). Dilaporkan juga oleh Vasanthan dan Bhatti (1996) bahwa, karakter

intensitas difraksi sinar-x yang lebih tinggi pada pati barley berukuran granula lebih besar.

Terhadap karakter pembentukan pasta, dilaporkan bahwa, suhu puncak viskositas yang semakin tinggi dengan semakin kecilnya ukuran granula pati kentang, yang berarti bahwa untuk pengembangan maksimal granula ukuran yang lebih kecil membutuhkan pemanasan yang lebih tinggi (Noda et al. 2005). Hal yang berbeda dengan puncak dan breakdown viskositas yang semakin rendah dengan semakin kecilnya ukuran granula pati barley (Vasanthan dan Bhatti 1996; Kim dan Huber 2010).

Granula pati kelompok umbi-umbian umumnya memiliki kisaran ukuran 1-100 μm (Hoover 2000; Moorthy 2002; Kaur et al. 2007). Dari banyak penelitian, dilaporkan bahwa, pati dari kelompok umbi-umbian memiliki bentuk yang beragam dari bulat, oval, elip dan poligonal dengan ketebalan yang tidak rata (Blennow et al. 2003; Peroni et al. 2006; Riley et al. 2006; Jayakody et al. 2007; Baah 2009; dan Yeh et al. 2009). Sementara, granula pati uwi memiliki sebaran ukuran 6-100 μm (Riley et al. 2006; Peroni et al. 2006; Yeh et al. 2009).

Cara sederhana fraksinasi ukuran granula pati, dapat dilakukan dengan pengayakan bubuk pati menggunakan mesh berukuran microsiever. Sehingga dalam pemisahan ini sangat bergantung pada ukuran mesh, bentuk dan agregasi granula, serta bentuk lubang dari mesh (Lindeboom et al. 2004). Ukuran mesh harus memiliki lubang berukuran mikro dalam kisaran di bawah 100 μm agar dapat memisahkan granula pati.

Sementara agregasi granula merupakan kumpulan granula berukuran kecil yang menempel satu sama lainnya membentuk kelompok (cluster) berukuran besar. Agregasi granula dapat mempengaruhi fraksinasi ukuran, dimana masih dapat ditemukannya banyak granula ukuran kecil pada hasil pemisahan pati berukuran besar (Peng 2000). Agregasi pati ini umum dijumpai pada pati alami termasuk pada pati uwi.

Karakter pasting pati uwi ini pada keadaan dingin memberikan profil pasta yang memperlihatkan kelebihan pasta pati uwi dari pati lainnya, dimana hingga pada frekuensi gesekan yang cukup tinggi ($\omega = 5(10)^5 \text{ rad/s}$) pasta dingin pati uwi memperlihatkan kestabilan gel dari pastanya dengan nilai G' (storage modulus) lebih tinggi dari nilai G'' (loss modulus). Kestabilan pasta dingin ini pada pati DPY dan OY, memiliki resistensi terhadap frekuensi gesekan yang lebih tinggi yaitu hingga $\omega = 10^7 \text{ rad/s}$.

Perlakuan frekuensi gesekan terhadap pasta dingin pati, nilai G' sendiri relatif stabil sedangkan G'' mengalami peningkatan dengan meningkatnya frekuensi gesekan, sehingga perpotongan G' dan G'' dapat terjadi pada frekuensi gesekan tertentu yang mencirikan karakter pasta dari pati. Titik perpotongan G' dan G'' terjadi perubahan profil pasta dari gel ke sol, dan pada frekuensi gesekan di atas titik perpotongan tersebut nilai G'' lebih tinggi dari G' .

Kontribusi ukuran fraksi pada karakter viskoelastisitas pasta dingin terlihat pada nilai G' yang lebih tinggi pada granula lebih besar pati dari lima kultivar uwi. Kontribusi tersebut juga terlihat pada fraksi ukuran lima kultivar uwi terhadap nilai G' yang semakin tinggi dengan membesarnya ukuran granula pati. Pengaruh ukuran granula juga didapat pada nilai G'' fraksi dari pati DPY.

Kajian terhadap tepung uwi, kontribusi karakter pati, memperlihatkan profil pasta yang sama pada tepung dengan partikel halus (tipe-B), sedangkan pada tepung ukuran partikel besar, profil pasta berubah menjadi tipe-C. Komponen lain selain pati dan keragaman partikel yang jauh lebih besar pada tepung uwi menyebabkan viskositas pasta yang jauh lebih rendah dari pati murninya. Dispersi koloid komponen lain selain pati, seperti protein, lemak, mannan-dioscorin dan serat berkontribusi pada tipe-C dari pasta tepung. Keseragaman ukuran lebih tinggi pada ukuran partikel kecil, dapat meningkatkan viskositas pasta, menurunkan suhu pembentukan pasta dan waktu pembentukan pasta yang lebih singkat daripada tepung berukuran partikel lebih besar.

Keseluruhan pembahasan baik pati lima kultivar uwi, fraksi pati lima kultivar uwi dan fraksi tepungnya, didapatkan bahwa ukuran granula pati berkontribusi terhadap karakter fisik (sebaran ukuran, kristalinitas dan gelatinisasi), karakter kimia (kadar fosfor dan amilosa). Karakter fisikokimia tersebut berpengaruh pada profil pasta pati dimana semakin besar ukuran semakin stabil terhadap pemanasan, pendinginan dan pengadukan, dan viskositas pasta meningkat dengan ukuran granula yang semakin kecil, namun kekuatan dan kestabilan pasta meningkat dengan membesarnya granula pati. Karakter pati ini berkontribusi lebih baik pada tepung dengan partikel yang semakin halus.

Pengamatan terhadap karakterisasi sifat fisikokimia pati dari lima kultivar uwi mengindikasikan adanya pengaruh yang signifikan dari ukuran granula terhadap komposisi kimia dan karakter fisik pati. Baik karakter fisik terutama kristalinitas dan

gelatinisasi pati maupun karakter kimianya terutama kandungan amilosa dan fosfor bersama-sama mempengaruhi sifat fungsional pati. Sifat fungsional pati tersebut teramati pada pembentukan pasta dan viskoelastisitas pasta dinginnya.

D. APLIKASI TEPUNG UWI DAN FISIKOKIMIA TEPUNG

Bentuk umum yang dikenal luas untuk penyimpanan jangka panjang umbi, adalah dalam bentuk tepung. Pembuatan tepung uwi jauh lebih mudah, sederhana dan efisien dengan perolehan lebih banyak produk tepung dalam waktu yang lebih singkat daripada ekstrasi patinya. Bergantung pada pengolahannya, kelebihan lain yang ada pada bentuk tepung juga karena komponen nutrisi umbi masih dapat dipertahankan. Selain itu, tepung merupakan bentuk yang mudah untuk diaplikasikan dan dijadikan berbagai produk pangan olahan lebih lanjut, sehingga karakter fisikokimia dan fungsional tepung uwi merupakan informasi yang juga sangat diperlukan dalam hal tersebut.

Sebagai bentuk umum yang dijumpai dari banyak pengolahan umbi, tepung memiliki ukuran yang distandarkan oleh Codex (Codex Standard 152- 1985) dengan kisaran ukuran $< 212 \mu\text{m}$ atau setara dengan ukuran pengayak > 65 mesh. Untuk tepung berukuran partikel yang lebih besar dari standar tersebut hampir tidak dijumpai. Pada produksi tepung, pengayakan tepung dapat menghasilkan sisa ayakan berupa partikel tepung yang lebih besar. Beberapa peneliti menyebutkan bahwa pada tepung kasar jagung dan gandum lebih banyak dijumpai serat kasar yang memiliki nilai kesehatan tersendiri (Wu et al. 2006; Stevenson et al. 2007). Salah satu bentuk olahan pangan tradisional dari tepung dengan partikel lebih besar dijumpai dalam pembuatan dodol dan sejenisnya.

Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya, uwi memiliki kandungan pati yang cukup tinggi berkisar 75-84 % bk umbi (Osagie 1992; Hoover 2001), sehingga memungkinkan karakter fisikokimia dan fungsional pati berkontribusi pada karakter fisikokimia dan fungsional tepung. Komponen lain selain pati yang terdapat dalam tepung uwi berkisar 16-25 % berupa lemak, protein, serat, mineral dan vitamin (Lasztity

et al. 1998; Wanasundera dan Ravindra 1994) termasuk ke dalamnya komponen fenolik dan zat warna yang terdapat dalam umbi.

Komponen fenolik umum dijumpai pada tanaman, merupakan komponen penting yang berkontribusi pada warna, nutrisi dan antioksidan dari pangan nabati (Maga 1978). Umbi *Dioscorea* memperlihatkan reaksi pencoklatan enzimatis yang cukup kuat saat dipotong dan terdedah udara sekeliling. Hal ini menunjukkan terjadinya oksidasi komponen fenolik (Ozo *et al.* 1984). Total kandungan senyawa fenol dan berbagai komponen fenolik lainnya dilaporkan terdapat juga dalam umbi *Dioscorea* domestik (Muzac- Tucker *et al.* 1993; Ozo *et al.* 1984).

Senyawa polifenol pada tanaman umbi-umbian yang merupakan senyawa pemberi warna pada umbi jenis *Dioscorea* alata adalah antosianin. Berdasarkan pengamatan Farombi *et al.* (2000), didapatkan bahwa tepung umbi dari jenis *Dioscorea* yang berwarna ungu kecoklatan mengandung pigmen antosianin. Antosianin merupakan pigmen dalam vakuola yang larut air yang dapat memberi warna merah, ungu atau biru bergantung pH lingkungannya. Senyawa ini termasuk kedalam kelompok flavonoid, tidak berbau dan hampir tidak memiliki rasa. Antosianin merupakan senyawa metabolit sekunder yang dapat dijumpai pada berbagai jaringan tanaman tingkat tinggi, termasuk daun, batang, akar, bunga dan buah.

Senyawa antosianin merupakan turunan dari antosianidin yang memiliki gugus gula yang terutama terikat dalam bentuk 3-glukosida dan membentuk antosianidin glukosida. Dari 30 kelompok senyawa ini yang umum dijumpai pada tanaman adalah sianidin (Gambar 5.1), delphinidin, petunidin, peonidin, pelargonidin dan malphidin (Jordheim 2007). Menurut peneliti sebelumnya, sianidin 3,5 - diglukoside merupakan antosianin utama dalam berbagai *Dioscorea* alata *purpurea* serta sejumlah kecil sianidin 3-glukoside dan sianidin-3-ramnoglukosida (Rasper dan Coursey 1967; Ozo *et al.* 1984).

Antosianin sendiri merupakan senyawa yang tidak stabil dalam larutan netral dan alkalin, maka larutan aqueous yang bersifat asam sering digunakan sebagai pelarut ekstraksi yang dapat menghancurkan dinding sel dan melarutkan pigmen larut dalam air. Biasanya digunakan HCl (<1%) untuk mengasamkan pelarut ekstraksi (Harborne dan Williams 1995). Strack dan Wray (1994) mendapatkan bahwa penambahan asam organik akan lebih baik untuk mengekstraksi kompleks polyacylated antosianin.

Selain antosianin, komponen lain pemberi warna pada umbi *Dioscorea* adalah karotenoid. Karotenoid sendiri merupakan pigmen berwarna kuning hingga oranye atau merah yang secara alami terdapat baik pada tanaman maupun hewan perairan seperti pada kelompok crustacean dan ikan salmon (Britton et al. 2004). Tubuh manusia dan hewan lainnya tidak bisa mensintesis karotenoid, sehingga untuk kebutuhannya harus dipenuhi melalui asupan pangan. Pigmen karotenoid dibedakan dalam dua kelompok yaitu, kelompok xanthofil (mengandung oksigen) dan karotenoid (tidak mengandung oksigen) (Kouchi et al. 2012) dan merupakan pigmen yang larut lemak.

Champagne et al. (2010) melaporkan bahwa dari kelompok senyawa ini, di dalam uwi didapatkan senyawa lutein, zeaxantin dan all-trans- β -karoten. Lutein dan zeaxantin, merupakan dua senyawa karoten yang sangat penting untuk nutrisi mata. Beberapa peneliti melaporkan bahwa lutein dan zeaxantin dapat mencegah kerusakan retina mata dan mencegah katarak (Moeller et al. 2000; Delcourt et al. 2006), karenanya senyawa-senyawa karotenoid ini sangat diperlukan tubuh. Sebagai nutrisi mata dan pro vitamin A yang diperlukan dalam asupan pangan, maka keberadaan lutein, zeaxantin dan β -karoten dalam bahan pangan menjadi sangat penting.

DAFTAR PUSTAKAN

- Agbor-Egbe T. and Trèche S, 1995. Evaluation of the chemical composition of cameroonian yam germplasm. *Journal of Food Composition and analysis* 8: 274-283. dalam Trèche S. 1996. Tropical root and tuber crops as human staple food. Confirénee présentée au I Congresso Latino Americano de Raizes Tropicales (7-10 Octobre 1996, Sao Pedro - SP – Brésil
- Ayensu, E.S., and Coursey, D.G. 1972. Guinea yams. The botany, ethnobotany, use and possible future of yams in West Africa. *Econ. Bot.* 26: 301-3 18.
- Bradbury J. H. and W.D. Holloway. 1988. Chemistry of Tropical Root Crops. dalam Baah, F.D. Characterization of water yam (*dioscorea alata*) For existing and potential food products. PhD. Thesis the department of Food Science and Technology, Kwame Nkrumah University of Science and Technology. Nigeria.
- Collado, L.S., dan Corke, H. 1999. Heat-moisture treatment effects on sweet potato starches differing in amylase content. *Food Chemistry*, 65, 339–346.
- Cornell H. 2004. The functionality of wheat starch. Di dalam Food Starch. Eliasson C.A. (ed). CRC Press. Woodhead Publ. Ltd. Cambridge, England.
- Debet M.R. and M.J.Gidley. 2006. Three classes of starch granule swelling: Influence of surface proteins and lipids. *Carbohydrate Polymers*: 64. 452- 465.
- Fennema, O.R., 1996. Food Chemistry Third Edition. Marcel Dekker. New York.
- Freitas, R.A., R.C. Panla, J.P.A. Feitosa, S. Rocha and M.R. Sierakowski, 2004. Amylose

- contents, rheological properties and gelatinization kinetics of yam (*Dioscorea alata*) and Cassava (*Manihot utilissima*) starches. *Carbohydratepolymers.*, 55: 3-8.
- Gracia A.M. and William M.W. 1998. Physicochemical characterization of starch from Peruvian sweetpotato selection. *Starch/Starke*: 50. Nr.8, S. 331- 337.
- Hoover, R. 2001. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydrate Polymers*, Volume 45, Issue 3, July, Pages 253-267.
- Ige MT, Akintunde FO. 1981. Studies on the local techniques of yam flour production. *Journal Food Technology* 16: 303-311.
- Imanningsih N. 2013. Pengaruh factor pengolahan terhadap retensi komponen bioaktif umbi *Dioscorea alata*. [Disertasi]. IlmuPangan IPB. Bogor.
- Jayakody, L., Hoover, R., Liu, Q. and Donner, E. 2007. Studies on tuber starches. II. Molecular structure, composition and physicochemical properties of yam (*Dioscorea* sp) starches grown in Sri Lanka. *Carbohydrate Polymers* 69: 148- 163.
- Jayasuriya, A. H. M. 1995. Dioscoreaceae. Di dalam A revised handbook to the flora of Ceylon (Vol. IX, pp. 47–80). M. D. Dissanayake (Ed.). New Delhi, India: Oxford dan IBH Publishing Co.
- Liu, Q., Donner, E., Yin, Y., Huang, R.L. and Fan, M.Z. 2006. The physicochemical properties and in vitro digestibility of selected cereals, tubers, and legumes grown in China. *Food Chemistry* 99: 470-477.
- Marcus, D. L., Thomas, C., Rodriguez, C., Simberkoff, K., Tasi, J. S., Strfaci, J. A., et al. 1998. Increased peroxidase and reduced antioxidant enzyme activity in Alzheimer's disease. *Experimental Neurology*, 150, 40–44.
- Martin F.W. and Rhodes A.M. 1977. Infra-specific classification of *Dioscorea alata*. *Trop. Agric. (Trinidad)* 54: 1–13. Dalam V. Lebot, R. Malapa, T. Molisale and J.L. Marchand. 2005. Physico-chemical characterisation of yam (*Dioscorea alata* L.) tubers from Vanuatu. *Genetic Resources and Crop Evolution* 00: 1–10
- McPherson, A. E., dan Jane, J. L. 1999. Comparison of waxy potato with other root and tuber starches. *Carbohydrate Polymers*, 40, 57–70.
- Moorthy, S.N. 2002. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: A Review. *Starch/Starke*. 54: 559-592.
- Muhammad, M. 2009. Potensi tanaman gadung belum banyak dilirik. Laporan KOMPAS 2 Juni 2009.
- Nadia , L. 2013 Laporan Program Sandwich-like periode 2012. (tidak dipublikasi)
- Noda T., Shigenobu T., C. Matsuura-Endo, Sun-Ju K., Naoto H., Hiroaki Y. Isao H. Yasuhito T. 2005. Physicochemical properties and amylopectin structures of large, small, and extremely small potato starch granules. *Carbohydrate Polymers*. 60: 245-251.
- Noda T., Shogo T., Motoyuki M., Shigenobu T., C. Matsuura-Endo, Sun-Ju K., Naoto H., Hiroaki Y. 2006. Determination of the phosphorus content in potato starch using an energy-dispersive X-ray fluorescence method. *Food Chemistry*. 95: 632-637.
- Osagie, A.U., 1992. The yam tuber in storage. Postharvest Research Unit, University of Benin, Benin City, pp: 33-84.
- Parker R.and S.G. Ring. 2001. Mini review Aspects of the Physical Chemistry of Starch. *Journal of Cereal Science* 34. 1–17
- Peroni, F.H.G., T.S. Rocha and C.M.L. Franco. 2006. Some Structural and Physicochemical Characteristics of Tuber and Root Starches. *Food Sci Tech Int* ; 12(6):505–513

- Richana, Nur. 2009. *Dioscorea dan umbi lainnya*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.
- Siva, CEM, CF. Ciacco, GE. Barberis, WMR Solano dan C.Rettori. 1996. Starch Gelatinization measured by pulsed nuclear magnetic resonance. *Cereal Chem.* 73(3):297-301.
- Sutomo, B. 2008. Uwi gadung potensial sebagai bahan baku keripik. http://www.google.co.id/imgres?imgurl=http://myhobbyblogs.com/food/files/2008/03/dsc03295.JPG&imgrefurl=http://myhobbyblogs.com/food/2008/03/02/uwi-gadung-potensial-sebagai-bahan-baku-keripik/danh=1836danw=1916dansz=421dantbnid=of4kROTIUqgy2M:dantbnh=144dantbnw=150danprev=/images%3Fq%3Dgadungdanh=iddanusg=UTWHzyMAcUV8L4Uu7BjJ4HpI66k=danei=SaraSrf8LqX66gPpvrCW&bgdansa=Xdanoi=image_resultdanresnum=4danct=imagedanved=0CA4Q9QEwAw
- Tester R.F., John K., and Xin Q. 2004. Review starch—composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science* 39. 151–165
- Udendi E.A, H.O. Oselebe and O.O. Iweala. 2008. The Investigation of Chemical Composition and Functional Properties of Water Yam (*Dioscorea alata*): Effect of Varietal Differences. *Pakistan Journal of Nutrition* 7 (2): 342-344.
- Usman, M. 2009. Dalam Potensi tanaman gadung belum banyak dilirik. Laporan KOMPAS. Muhammad, M. 2 Juni 2009.
- Wanasundera, J. P. D., dan Ravindran, G. 1994. Nutrition assessment of yam (*Dioscorea alata*) tubers. *Plant Foods for Human Nutrition*, 46, 33–39.
- Wheatley, C., G.J. Scott, R. Best and S. Wiersema. 2002. Adding value to root and tuber crops a manual on product development. CIAT. International Center for Tropical Agriculture. Cali, Colombia.
- Zaidul, I.S.M., N. Absar, S-J Kim, T. Suzuki, A.A. Karim, H. Yamauchi, T. Noda. 2008. DSC Study of mixture of wheat flour and potato sweet potato, cassava, and yam starches. *Journal of Food Engineering*. 86: 68-73.
- Ziegler, GR., DB Thomson dan J. Casasnovas. 1993. Dynamic measurement of starch granule swellin during gelatinization. *Cereal chem.* 70(3):247-251.