

UPAYA MODIFIKASI PATI UBIKAYU MELALUI PEMULIAAN TANAMAN

Cassava Starch Modification Efforts through Plant Breeding

Kartika Noerwijati ¹⁾

ABSTRAK

Ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz.) merupakan penghasil pati tertinggi dibandingkan padi dan jagung, dengan kadar pati antara 73,7–84,9% (basis kering). Ubi kayu juga merupakan tanaman paling efisien dalam mengubah energi matahari menjadi karbohidrat per unit area. Pati ubi kayu mempunyai manfaat yang luas baik dalam industri pangan maupun non pangan. Pati ubi kayu terdiri atas dua polimer yaitu amilosa dan amilopektin. Pemanfaatan pati ubi kayu sangat tergantung pada sifat fisiko-kimia pati, yang berkaitan dengan proporsi amilopektin dan amilosa. Terdapat beberapa cara untuk meningkatkan kualitas pati yaitu secara fisik, kimia, enzimatik, dan genetik. Modifikasi secara fisik, kimia dan enzimatik dilakukan terhadap pati yang dihasilkan, sedangkan modifikasi genetik untuk memperbaiki kualitas dan kuantitas pati ubi kayu dilakukan melalui upaya rekayasa metabolisme biosintesis pati ubi kayu. Tujuan modifikasi pati secara genetik di antaranya adalah untuk membentuk klon unggul ubi kayu yang memiliki kadar amilosa rendah, amilosa tinggi, atau untuk mengubah ukuran granula pati. Rasio amilosa dan amilopektin dalam pati serta ukuran granula pati sangat berpengaruh terhadap kualitas pati yang dihasilkan. Modifikasi pati secara genetik memiliki prospek yang bagus. Indonesia telah melakukan penelitian modifikasi pati secara genetik yaitu melalui mutasi dan pembentukan tanaman transgenik. Penelitian tanaman transgenik dilakukan secara kerjasama dengan Universitas Wageningen. Teknik modifikasi pati secara genetik melalui metode konvensional juga dapat dilakukan apabila sudah diketahui secara mendetail karakteristik genotipe-genotipe yang akan digunakan sebagai tetua persilangan.

Kata kunci: pati, ubi kayu, *Manihot esculenta*, modifikasi

ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) starch is the highest starch producer compare with rice and corn, with the starch content between 73.7–84.9% (dry basis). Cassava is also the most efficient plants in converting solar energy into carbohydrates per unit of area. Cassava starch has extensive benefits both in food and non-food industries. Cassava starch is composed of two polymers, namely amylose and amylopectin. Utilization of cassava starch is highly dependent on the physico-chemical properties of starch, which is related to the proportion of amylopectin and amylose. There are several ways to improve the quality of starch i.e physical, chemical, enzymatic, and genetic. Modification of physical, chemical and enzymatic performed on the resulting starch, whereas genetic modification to improve the quality and quantity of cassava starch made through metabolic engineering efforts cassava starch biosynthesis. The purpose of such genetically modified starch is to establish superior cassava clones that have low levels of amylose, high amylose, or to change the size of the starch granules. The ratio of amylose and amylopectin in starch and starch granule size affects the quality of starch produced. Genetic modification of starch has good prospects. Indonesia has conducted research genetically modified starch is through mutation and the establishment of transgenic plants. Transgenic plants research was conducted in cooperation with Wageningen University. Genetically modified starch through conventional methods can also be performed when it is known in detail the characteristics of genotypes to be used as a parent in crosses

Keywords: starch, cassava, *Manihot esculenta*, modification

PENDAHULUAN

Pati merupakan karbohidrat yang terdiri atas sejumlah unit glukosa yang tergabung dengan ikatan glikosidik. Di antara tanaman penghasil pati, ubi kayu merupakan penghasil pati tertinggi (25–40% lebih tinggi dibandingkan dengan hasil pati dari padi dan jagung), dengan kadar antara 73,7–84,9% (basis kering). Ubi kayu juga merupakan tanaman yang paling efisien dalam mengubah energi matahari menjadi karbohidrat per unit area (Baguma 2004).

¹⁾ Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Kotak Pos 66 Malang Telp. (0341) 801468, Fax: 0342-801496; tika_iletri@yahoo.com

Naskah diterima 27 Juli 2015; disetujui untuk diterbitkan tanggal 22 September 2015.

Ubi kayu dapat menghasilkan karbohidrat sebesar 250×10^3 kal/ha/hari dibandingkan dengan padi 176×10^3 kal/ha/hari, gandum 110×10^3 kal/ha/hari, jagung 200×10^3 kal/ha/hari, dan sorgum 114×10^3 kal/ha/hari (Okigbo 1980 dalam Charles *et al.* 2005). Hal tersebut disebabkan oleh tingginya produktivitas ubi kayu per satuan luas. Dalam satu hektar, ubi kayu rata-rata mampu menghasilkan ubi 22,46 ton, sedangkan padi 5,15 ton, jagung 4,84 ton (Badan Pusat Statistik 2014), gandum 3–3,5 ton, dan sorgum 7–9 ton (Sofyadi 2011).

Pati ubi kayu mempunyai sifat khusus yang sesuai untuk produk pangan dan non pangan. Pati ubi kayu mempunyai warna gel yang transparan, tidak berasa, serta resisten terhadap pemanasan dan pembekuan. Pati ubi kayu digunakan dalam industri makanan bayi, cat, plastik, dan beras sintetik. Meskipun pati ubi kayu banyak sekali manfaatnya, namun pati ubi kayu masih kurang dieksploitasi, terutama karena fluktuasi kualitas dan kontinuitas suplainya. Pada industri pangan, pati berkadar amilosa tinggi digunakan sebagai pati resisten pada pangan fungsional yang memiliki indeks glikemik rendah dan dapat mencegah kanker kolon. Pati dengan kandungan amilopektin tinggi (amilosa rendah) digunakan pada industri pelapisan kertas dan lem, sebagai bahan untuk memodifikasi viskositas dalam eksplorasi minyak dan sebagai komponen campuran dalam pembuatan dinding panel gipsum pada industri konstruksi (Baguma 2004). Pemanfaatan pati ubi kayu sangat tergantung pada sifat fisiko-kimia pati, yang berkaitan dengan proporsi amilopektin dan amilosa. Oleh karena itu, keunggulan ubi kayu tidak hanya ditentukan oleh hasil umbi, namun juga oleh sifat pati yang dihasilkan (Rongsirikul *et al.* 2010).

Hal tersebut menyebabkan perlunya upaya rekayasa metabolisme biosintesis pati ubi kayu untuk memperbaiki kualitas dan kuantitas pati ubi kayu (Baguma 2004). Kualitas pati ubi kayu merupakan satu sifat penting dalam program pemuliaan ubi kayu. Sebagai contoh, pembentukan varietas ubi kayu dengan kadar amilosa rendah dan tinggi sangat dibutuhkan. Amilosa disintesa oleh enzim *granule-bound starch synthase I* (GBSSI), sehingga penghambatan aktivitas enzim tersebut akan diikuti dengan penurunan kandungan amilosa (Zhao *et al.* 2011). Pemahaman mengenai biosintesa pati menjadi sangat penting dalam upaya untuk memodifikasi kandungan amilosa dan amilopektin, karena rasio amilosa dan amilopektin sangat

Tabel 1. Komposisi daging ubi kayu.

| Komposisi daging ubi kayu | Jumlah per 100 g bahan kering (%) |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Pati | 71,9–85,0 |
| Protein | 1,6–5,8 |
| Serat | 1,8–4,0 |
| Residu | 1,2–2,8 |
| Lemak | 0,1–0,4 |
| Karbohidrat non-pati | 3,6–8,7 |

Sumber: Anonim (2000).

menentukan kualitas pati yang dihasilkan. Upaya awal dalam program perakitan varietas ubi kayu dengan kadar amilosa rendah atau tinggi adalah evaluasi kadar amilosa dan amilopektin pada sumber daya genetik yang ada.

Kemampuan ubi kayu untuk menghasilkan pati sangat tergantung pada varietas, umur panen, curah hujan dan faktor lain (Anonim 2000). Secara umum, komposisi daging ubi kayu disajikan pada Tabel 1. Proporsi tertinggi pada bahan kering umbi ubi kayu adalah pati yang dapat mencapai sekitar 72% hingga 85%, diikuti dengan proporsi karbohidrat non pati. Protein dan serat memiliki porsi yang kecil, sedangkan proporsi lemak <1% (Tabel 1).

International Center for Tropical Agriculture (CIAT) telah melakukan beberapa strategi untuk mengembangkan klon ubi kayu bernilai tinggi berkaitan dengan semakin terbukanya peluang baru ubi kayu melalui globalisasi ekonomi di banyak negara tropis. Tujuan utama adalah mengembangkan klon ubi kayu, tidak hanya dengan produktivitas yang tinggi dan stabil, tetapi juga dengan karakteristik umbi yang lebih sesuai untuk kebutuhan berbagai industri (Sanchez *et al.* 2009). Pengembangan ubi kayu saat ini tidak hanya untuk produktivitas tinggi, peningkatan kualitas umbi juga menjadi salah satu prioritas utama untuk meningkatkan nilai tambah ubi kayu. Demikian pula di Indonesia, tujuan pemuliaan ubi kayu di samping untuk produktivitas tinggi juga bertujuan untuk menciptakan varietas unggul ubi kayu sesuai sebagai bahan baku industri baik pangan maupun non pangan.

FUNGSI PATI UBI KAYU

Pati ubi kayu memiliki banyak sekali manfaat baik untuk industri nonpangan maupun pangan. Untuk keperluan industri non pangan,

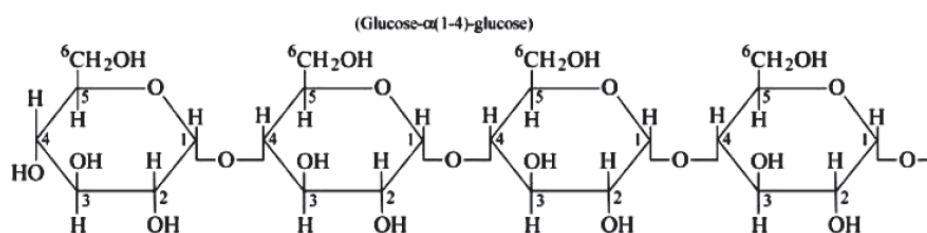
pati ubi kayu di antaranya digunakan dalam pembuatan: perekat, papan bergelombang, gum, *wallpaper*, bahan pengecoran, kertas, tekstil, mebel kayu, papan partikel, biofuel, obat, plastik, kemasan, serta penghilang noda (Patron 2008). Pada industri pangan, pati ubi kayu digunakan dalam pembuatan roti, mie, saus, es krim, yogurt, permen, pemanis, makanan dan minuman ringan, selai, dan sebagainya (Henry *et al.* 1998). Ubi kayu yang selama ini dianggap sebagai komoditas kelas rendah oleh sebagian besar masyarakat, ternyata memiliki manfaat yang luar biasa bagi kehidupan manusia. Tanpa kita sadari, setiap hari kita mengkonsumsi produk yang salah satunya berbahan baku pati ubi kayu. Untuk meningkatkan nilai ekonomi ubi kayu, juga diperlukan upaya untuk mengubah ubi kayu menjadi produk olahan yang bernilai jual tinggi.

Dalam pemanfaatannya, pati ubi kayu dibedakan menjadi dua golongan yaitu pati alami (*native starch*) dan pati modifikasi (*modified starch*). Pati alami adalah pati yang masih mempertahankan struktur dan karakteristik alami. Pati alami dipasarkan dalam bentuk tepung kering dengan kualitas berbeda-beda dan digunakan untuk makanan, farmasi, dan bahan baku industri. Pati alami memiliki sifat fungsional yang berbeda tergantung pada sumber tanaman. Pati alami memiliki penggunaan terbatas, terutama dalam industri makanan, karena tidak memiliki sifat fungsional tertentu yang diinginkan. Granula pati alami dengan mudah menyerap air bila dipanaskan dalam air, membengkak dan membentuk gel, viskositas meningkat hingga titik puncak, kemudian mengalami penurunan dengan cepat. Industri di bidang makanan, metalurgi, pertambangan, fermentasi, konstruksi, kosmetik, farmasi, kertas dan kardus, dan industri tekstil menggunakan pati alami sebagai salah satu bahan bakunya (IITA 2005). Meskipun memiliki keterbatasan sifat fungsional, pati alami dapat langsung dimanfaatkan oleh beberapa bidang industri.

Pati modifikasi adalah pati alami yang telah berubah sifat fisik dan atau kimia. Modifikasi pati dilakukan dengan mengubah bentuk granula atau mengubah komposisi amilosa serta amilopektin. Modifikasi pati penting dilakukan untuk memodifikasi kemampuan gelatinisasi, mengurangi retrogradasi, mengurangi kecenderungan pasta menjadi gel, meningkatkan kestabilan pasta ketika disimpan dalam *freezer*, meningkatkan kejernihan pasta dan gel, memperbaiki tekstur pasta dan gel, serta memperbaiki daya rekat antar permukaan (IITA 2005). Modifikasi pati penting dilakukan untuk mengatasi kekurangan sifat fungsional pati alami, sehingga pati yang telah dimodifikasi dapat digunakan sesuai dengan sifat yang dibutuhkan.

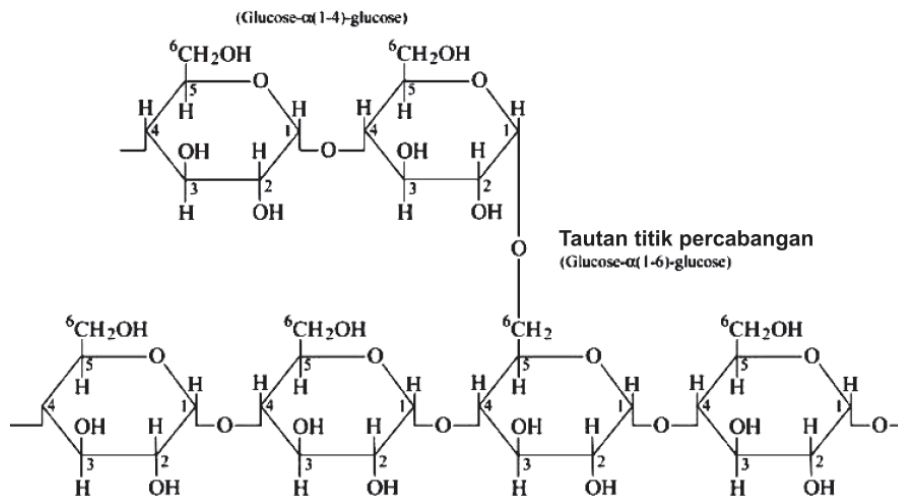
Seperti pati pada umumnya, pati ubi kayu juga terdiri atas dua tipe polimer yaitu amilopektin dan amilosa. Amilosa terdiri atas cincin linier dengan jumlah residu glukosa antara 100 hingga 10.000 α (1-4) serta memiliki sedikit percabangan α (1-6) (Gambar 1). Kadar amilosa pati ubi kayu berkisar antara 13,6% hingga 23,8% (Moorthy dan Ramanujan 1986 *dalam* Muniyikwa *et al.* 1997) dengan rata-rata sekitar 22 % (Sanchez *et al.* 2009), namun ada yang melaporkan kadar amilosa dapat mencapai 32,4% (CIAT 1995 *dalam* Sanchez *et al.* 2009). Amilopektin memiliki rantai lebih pendek yang terdiri atas unit β -D glucopyranose. Rantai tersebut dihubungkan dengan ikatan α (1-4) dengan cabang α (1-6) (Banks *et al.* 1972 *dalam* Muniyikwa *et al.* 1997) (Gambar 2). Amilosa memiliki berat molekul kurang dari 0,5 juta Dalton tergantung pada asal tanamannya, sedangkan amilopektin berat molekulnya antara 50 hingga 100 juta Dalton (Elis dan Ring 1985 *dalam* Neelam *et al.* 2012).

Sifat lain dari amilosa adalah akan berubah warna menjadi biru apabila diberi larutan iodine, dapat dihidrolisis oleh enzim α dan β amylase, tidak larut dalam air, larut dalam air panas tanpa membengkak, serta tidak dapat membentuk gel atau pasta. Amilopektin akan berubah



Gambar 1. Struktur molekul amilosa.

Sumber: Ghanbarzaden dan Almasi (2013).



Gambar 2. Struktur molekul amilopektin.

Sumber: Ghanbarzaden dan Almasi (2013).

warna menjadi coklat kemerahan apabila diberi perlakuan iodine, ikatan α (1–4) dapat dihidrolisis oleh enzim α dan β amylase namun tidak dapat menghidrolisis ikatan α (1–6), dapat larut dalam air panas disertai dengan pembengkakan, serta dapat membentuk gel atau pasta (Anonim 2013). Amilosa merupakan penyedia energi dalam tanaman karena lebih mudah dicerna, sedangkan amilopektin hanya menyimpan sejumlah kecil energi. Amilosa lebih mudah dipisahkan dari air, sedangkan amilopektin cenderung menyerap air (Anonim 2010).

Pati ubi kayu mengandung lemak kasar (0,08–1,54%), protein (0,06–0,60%), abu (0,02–0,33%), dan fosfor (0,75–4%). Akibatnya, ubi kayu memiliki nilai gizi lebih rendah dari sereal, kacang-kacangan, dan bahkan beberapa tanaman umbi lainnya, seperti ubi jalar (Latham 1969 dalam Charles *et al.* 2005). Ubi kayu cukup kaya kalsium (16–35 mg/100 g) dan vitamin C (15–45 mg/100 g) (Okigbo 1980 dalam Charles *et al.* 2005). Meskipun kandungan proteinnya rendah (Charles *et al.* 2004 dalam Charles *et al.* 2005), profil asam amino ubi kayu sangat sebanding dengan umbi lain dalam hal beberapa asam amino esensial, terutama lisin dan treonin (Buitrago 1990, Camara dan Madruga 2001 serta Okigbo 1980 dalam Charles *et al.* 2005). Nilai gizi yang rendah dari ubi kayu merupakan salah satu kelemahan dalam pemanfaatan ubi kayu sebagai salah satu komoditas pilihan untuk menunjang program diversifikasi pangan. Namun demikian, saat ini ada upaya untuk meningkatkan nilai gizi ubi kayu melalui biofortifikasi di antaranya adalah

pembentukan varietas unggul ubi kayu betakarotin tinggi.

BEBERAPA TEKNIK MODIFIKASI PATI

Modifikasi pati dilakukan dengan tujuan untuk mengatasi sifat-sifat dasar pati alami yang kurang menguntungkan (seperti viskositas dan kemampuan membentuk gel yang tidak seragam, tidak tahan pada pemanasan suhu tinggi, tidak tahan pada kondisi asam, tidak tahan proses mekanis, dan kelarutan pati yang terbatas di dalam air), sehingga dapat memperluas penggunaan pati dalam proses pengolahan pangan serta menghasilkan karakteristik produk pangan yang diinginkan (Kusnandar 2010). Menurut Neelam *et al.* (2012), terdapat empat teknik yang dapat dilakukan untuk memodifikasi pati yaitu modifikasi secara fisik, kimia, enzimatis, dan genetik.

Modifikasi Secara Fisik

Modifikasi pati secara fisik merupakan cara yang sederhana, murah, dan aman, karena tidak membutuhkan bahan kimia atau agen hayati (Ashogbon dan Akintayo 2014). Modifikasi pati secara fisik dilakukan terutama untuk mengubah struktur granula dan mengubah pati alami menjadi pati yang dapat larut dalam air dingin atau pati dengan ukuran granula lebih kecil. Modifikasi pati secara fisik dapat dilakukan melalui berbagai cara, di antaranya adalah perlakuan uap panas (*heat-moisture*), retrogradasi (proses untuk menghubungkan rantai pati menjadi struktur kristal), *freezing* (perla-

kuan ini biasa dilakukan untuk pengawetan dan pengeringan makanan berpati), perlakuan tekanan sangat tinggi, perlakuan tekanan osmotik, penghambatan panas, dan gelatinisasi (Neelam *et al.* 2012). Pemilihan metode modifikasi pati secara fisik sangat tergantung pada jenis sifat fisik dan produk yang diinginkan, misalkan produksi dekstrin dari pati ubi kayu dapat dilakukan secara fisik melalui pragelatinisasi parsial (Kalsum dan Surfiana 2013).

Modifikasi Kimiawi

Modifikasi secara kimiawi akan mengubah perilaku gelatinisasi, sifat pasta dan retrogradasi pati (Ashogbon dan Akintayo 2014). Modifikasi kimia dimaksudkan untuk memfasilitasi ikatan intra dan intermolekuler dalam granula pati untuk menjaga stabilitas. Sifat fisik dan kimia yang diperoleh sangat dipengaruhi oleh sumber pati, kondisi reaksi (konsentrasi reaktan, pH, waktu reaksi, dan ada tidaknya katalis), jenis substituen, derajat substitusi (DS), dan distribusi substituen dalam molekul pati (Hirsch dan Kokini *dalam* Ashogbon dan Akintayo 2014). Modifikasi kimiawi di antaranya dilakukan melalui proses esterifikasi, eterifikasi, dan dekomposisi (Neelam *et al.* 2012). Namun demikian modifikasi pati secara kimiawi memiliki keterbatasan terkait dengan isu-isu mengenai keamanan konsumen dan lingkungan. Dengan semakin meningkatnya pencemaran lingkungan yang berujung pada pemanasan global,

maka perlu upaya yang lebih aman untuk meningkatkan kualitas pati ubi kayu.

C. Modifikasi Enzimatis

Modifikasi pati secara enzimatis melibatkan sejumlah enzim terutama enzim hidrolisis yang cenderung menghasilkan senyawa turunan yang sangat fungsional. Modifikasi pati secara enzimatis merupakan cara yang lebih aman untuk lingkungan dan konsumen. Enzim yang biasa digunakan untuk memodifikasi pati antara lain adalah α -glucosidase, amiloglukosidase (Kasprzak *et al.* 2012), dan enzim amylase termasuk di dalamnya adalah α -amylase, β -amylase serta glucoamylase (Horvathova *et al.* 2001). Masing-masing enzim memiliki fungsi dan hasil modifikasi pati yang berbeda. Sebagai contoh, amilosa apabila diperlakukan dengan enzim α -amylase akan menghasilkan saltosa dan maltotriosa. Pada tahap selanjutnya maltotriosa akan berubah menjadi maltose dan glukosa. Sedangkan kerja enzim α -amylase pada amilopektin akan menghasilkan glukosa, maltose, dan berbagai jenis α -limit dekstrin (Winarno 1984).

D. Modifikasi Genetik

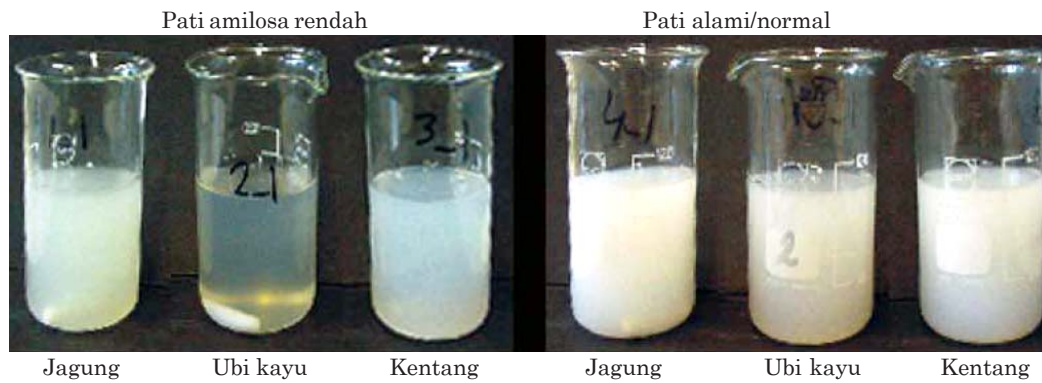
Modifikasi secara genetik dapat dilakukan melalui teknik pemuliaan tanaman konvensional atau melalui bioteknologi yang menghasilkan pati amilosa rendah, pati amilosa tinggi, dan perubahan ukuran pati yang disesuaikan dengan tujuan modifikasi genetik.

Tabel 2. Kandungan amilosa dari beberapa klon yang diperoleh melalui transformasi genetik.

| No. Klon | Kadar amilose dari klon ubi kayu (<i>in-vitro</i>) (%) | Kadar amilose dari klon ubi kayu (rumah kaca) (%) |
|---------------------|--|---|
| 3 | 1,9 | 2,2 |
| 10 | 1,6 | 1,6 |
| 11 | 1,6 | 18,4 |
| 76 | 1,6 | 6,2 |
| 82 | 1,6 | 4,6 |
| 4 | 9,5 | 17,7 |
| 45 | 1,6 | Mati |
| 23 | 18,5 | 19,2 |
| 30 | 1,6 | 19,0 |
| Kontrol (wild-type) | 19,2 | 19,2 |
| Tanaman dari FEC | 19,2 | 19,2 |

Keterangan : FEC adalah *Friable Embryo Callus*.

Sumber: Raemakers *et al.* (2005)



Gambar 3. Penampilan gel pati setelah disimpan dalam *freezer* selama lima hari, menggunakan sumber pati yang berbeda.

Sumber: Raemakers *et al.* 2005.

1. Pati amilosa rendah (*amylose-free starch*)

Secara konvensional, upaya pembentukan klon ubi kayu dengan kadar amilosa rendah telah dilakukan melalui penyerbukan sendiri (*self-pollination*). Upaya tersebut menghasilkan klon ubi kayu dengan kadar amilosa sekitar 3,4% (klon AM206-5), sedangkan tetuanya memiliki kadar amilosa 20,7%. Sifat fungsional pati dari klon hasil mutasi (AM206-5) juga berbeda dengan pati dari tetuanya, yaitu memiliki viskositas tinggi, indeks pembengkakan yang tinggi, dan solubilitas rendah. Kolorimetri dan DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) dilakukan untuk mengukur kadar amilosa klon AM206-5. Hasil kolorimetri menunjukkan bahwa klon AM206-5 memiliki kadar amilosa yang rendah (3,4%) dan tetuanya memiliki kadar amilosa sebanyak 20,7%, sedangkan hasil DSC menunjukkan klon mutan AM206-5 tidak memiliki amilosa (*amylose-free*). Perbedaan hasil pewarnaan dengan iodine pada umbi (A) dan batang (B) dari ubi kayu normal (warna biru) dan klon ubi kayu amilosa rendah (warna coklat kemerahan). Hasil pewarnaan dengan iodine pada umbi dan batang menunjukkan bahwa pada ubi kayu normal yang memiliki kadar amilosa tinggi menghasilkan warna biru, sedangkan pada klon hasil mutasi yang memiliki kadar amilosa rendah menghasilkan warna coklat kemerahan (Ceballos *et al.* 2007).

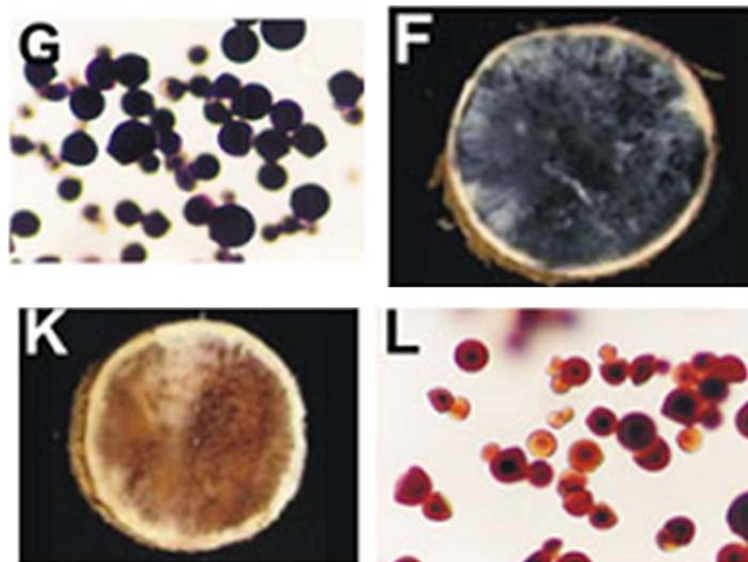
Melalui bioteknologi, upaya pembentukan ubi kayu amilosa rendah dilakukan dengan menggunakan transformasi genetik. Pati dari tanaman hasil transformasi genetik memiliki kadar amilosa yang rendah (tanaman No. 3 dan 10, Tabel 2), stabil secara genetik dan memiliki warna kecoklatan apabila diberi larutan iodine. Tanaman kontrol memiliki kadar amilosa sekitar

19,2% (Tabel 2) dan warna pati berubah menjadi biru apabila diberi perlakuan larutan iodine (Raemakers *et al.* 2005).

Pati *amylose-free* dari ubi kayu berbeda dibandingkan dengan pati *amylose-free* dari jagung dan kentang, serta berbeda pula dengan pati ubi kayu, jagung dan kentang yang mengandung amilosa tinggi. Pati *amylose-free* dari ubi kayu memiliki tingkat kejernihan dan kestabilan yang lebih baik setelah dipanaskan pada suhu 95 °C dan disimpan pada suhu rendah (4 °C) (Gambar 3). Di samping itu, pati *amylose-free* dari ubi kayu juga tetap jernih setelah mendapat perlakuan *freez-thaw* selama tiga siklus (Raemakers *et al.* 2005). Hal tersebut menunjukkan keunggulan kualitas pati ubi kayu dibandingkan dengan pati dari sumber lain, sehingga diharapkan pati ubi kayu akan memiliki daya jual dan daya saing yang lebih tinggi.

Zhao *et al.* (2011) juga telah menghasilkan tanaman transgenik ubi kayu dengan cara menurunkan aktivitas enzim GBSSI (*Granular Bound Starch Synthase I*). Kadar amilosa klon ubi kayu transforman yang diperoleh berkurang secara signifikan (5%) dibandingkan dengan tanaman kontrol (sekitar 25%).

Salah satu varietas ubi kayu yang dimiliki Balitkabi yaitu Adira 4 telah digunakan sebagai bahan penelitian transformasi genetik menggunakan RNAi GBSSI untuk memperoleh tanaman ubi kayu transforman yang menghasilkan pati amilosa rendah (*amylose-free starch*). Pati ubi kayu amilosa rendah yang diperoleh dari Adira 4 memiliki karakteristik yang sama dengan genotipe TMS60444 berdasarkan hasil penelitian Raemakers *et al.* (2005). Penelitian ini merupakan kegiatan evaluasi produksi dan karakter agronomik pertama dari tanaman hasil



Gambar 4. Irisan umbi dari varietas Adira 4 tidak ditransformasi (kontrol) (F), Granula pati varietas Adira 4 tidak ditransformasi (kontrol) (G), irisan umbi tanaman ubikayu hasil transformasi (K), dan granula pati dari transforman Adira 4 dengan amilosa rendah (L).

Sumber: Koehorst-van Putten *et al.* 2012.

transformasi rendah amilosa yang berasal dari varietas ubi kayu Adira 4 yang secara komersial penting dalam bidang industri (Koehorst-van Putten *et al.* 2012).

Granula pati dari umbi tanaman transgenik dan non transgenik diwarnai dengan larutan LUGOL iodine. Hasil menunjukkan bahwa granula pati dari umbi non transgenik berwarna biru (mengandung amilosa) (Gambar 4G), sedangkan granula pati dari umbi tanaman transgenik berwarna merah kecoklatan (menunjukkan tidak ada/sedikit mengandung amilosa) (Gambar 4L).

2. Pati amilosa tinggi

Ceballos *et al.* (2008) melaporkan telah mendapatkan ubi kayu dengan kadar amilosa tinggi dibandingkan dengan ubi kayu biasa. Ubi kayu amilosa tinggi ditemukan dengan teknik mutasi menggunakan sinar ψ (Gamma). Kadar amilosa ubi kayu mutan mencapai 30,1% sedangkan pada ubi kayu normal sekitar 19,8%. Rolland-Sabate *et al.* (2012) juga melaporkan telah menemukan ubi kayu dengan kadar amilosa tinggi (30 %–31%) melalui mutasi radiasi sinar ψ (Gamma). Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa mutasi yang terjadi adalah karena kehilangan gen yang mengkode satu dari isoform *isoamylase* (*isa1* atau *isa2*). Pati dengan kandungan amilosa tinggi akan cepat membentuk gel setelah pendinginan (Zobel, 1988a; Thomas and Atwell, 1997; Biliaderis,

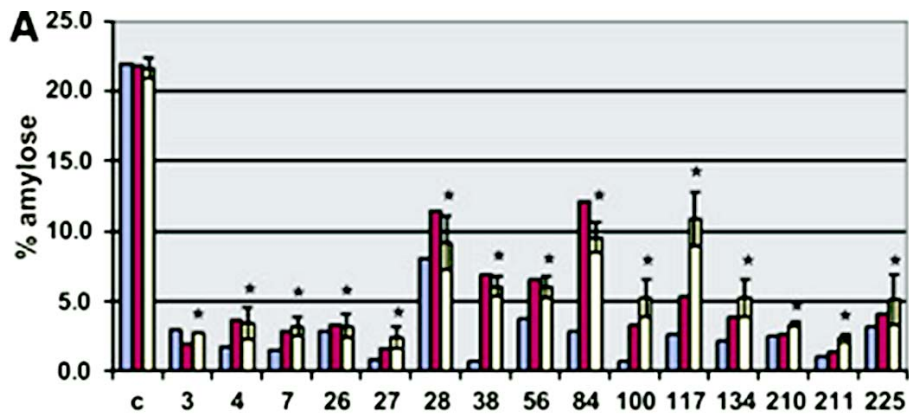
1998; Taggart, 2004 dalam Fen 2007). Ubi kayu Iding (klon ubi kayu lokal Indonesia) yang diradiasi menggunakan sinar Gamma memiliki kadar amilosa yang tinggi (39% amilosa, lebih tinggi 19% dari normal) (Sudarmonowati 2015).

3. Mengubah ukuran granula pati

Ceballos *et al.* (2008) menemukan ubi kayu mutan yang memiliki ukuran granula amilosa lebih kecil melalui mutasi pada biji menggunakan radiasi sinar ψ . Granula amilosa pada ubi kayu mutan memiliki ukuran $5,80 \pm 0,33 \mu\text{m}$, dibandingkan dengan ukuran granula pada ubi kayu komersial yaitu berkisar antara $13,97 \pm 0,12 \mu\text{m}$ hingga $18,73 \pm 0,10 \mu\text{m}$.

Pengaruh ukuran granula pati terhadap kepekaan reaksi enzimatik telah dipelajari oleh berbagai peneliti (Franco dan Ciacco 1992 dalam Jayeola dan Akinsebikan 2013), dan dilaporkan bahwa ukuran granula pati ubi kayu yang besar kurang peka terhadap enzim α -amilase dalam proses hidrolisis. Semakin besar granula pati maka semakin rendah suhu gelatinisasi (Brandam *et al.* 2003), karena kurangnya kadar asosiasi pati ubi kayu. Charles *et al.* 2005 melaporkan semakin besar ukuran granula pati ubi kayu, maka semakin tinggi daya pembengkakan dan sebaliknya.

Modifikasi secara fisik, kimia, dan enzimatik telah banyak dan paling mungkin dilakukan di Indonesia mengingat cara pelaksanaannya yang



Gambar 5. Persentase amilosa dari 15 transforman rendah amilosa dibandingkan dengan varietas Adira 4 (kode c).

Sumber: Koehorst-van Putten *et al.* 2012.

tidak terlalu sulit. Namun modifikasi secara kimia perlu ditekan karena dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Ke depan, modifikasi pati secara genetik melalui kegiatan pemuliaan tanaman memiliki prospek yang bagus dan dapat menekan upaya modifikasi pati secara kimia yang tidak ramah lingkungan. Indonesia dalam hal ini Lembaga Ilmu Pengatahuan Indonesia (LIPI) telah melakukan penelitian modifikasi pati ubi kayu secara genetik melalui mutasi dan pembentukan tanaman transgenik. Potensi sumber daya genetik yang ada yaitu dari koleksi plasma nutfah ubi kayu perlu digali lebih dalam lagi. Tahap awal yang perlu dilakukan adalah identifikasi kadar pati ubi kayu secara mendetail dan bertahap seperti identifikasi kadar amilosa dan amilopektin. Teknik modifikasi genetik yang paling memungkinkan untuk diterapkan adalah melalui mutasi baik untuk mengubah komposisi amilosa- amilopektin maupun mengubah ukuran granula pati. Teknik modifikasi pati secara genetik melalui metode konvensional juga dapat dilakukan apabila sudah diketahui secara mendetail karakteristik genotipe-genotipe yang akan digunakan sebagai tetua persilangan. Penerapan teknik modifikasi pati secara genetik melalui perkembangan bioteknologi yang dilakukan secara mandiri hingga kini belum dilakukan karena keterbatasan sumberdaya manusia dan sarana.

KESIMPULAN

Ubi kayu merupakan penghasil pati utama, dan pati ubi kayu memiliki beragam manfaat dalam industri pangan dan non pangan. Sifat fungsional pati ubi kayu sangat ditentukan oleh rasio kandungan amilosa dan amilopektin.

Peluang modifikasi pati ubi kayu secara genetik sangat besar, dan telah dihasilkan beberapa klon unggul yang memiliki pati dengan kualitas tinggi seperti ubi kayu amilosa rendah, ubikayu amilosa tinggi dan ubi kayu dengan ukuran granula pati kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashogbon, A.O. and E.T. Akintayo. 2014. Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources: A review. *Starch-Stärke*. Special Issue: General Reviews 66 (1-2):41-57.
- Anonim. 2000. Composition of tapioca roots. The Thai Tapioca Development Institute. http://www.tapiocathai.org/English/D_e.html. Diakses tanggal 7 Oktober 2014.
- Anonim. 2010. Difference between amylose and amilopectin. <http://www.differencebetween.net/science/nature/difference-between-amylose-and-amilopectin/>Diakses tanggal 1 Oktober 2014.
- Anonim. 2013. Difference between amylose and amilopectin. http://www.majordifferences.com/2013/02/difference-between-amylose-and_17.html#.VCur2mdJEqo. Diakses tanggal 1 Oktober 2014.
- Baguma, Y. 2004. Regulation of starch synthesis in cassava. Doctoral thesis, Swedish Uni. of Agric. Sci. 44pp.
- Brandam C., X.M. Mayer, J. Proth, P. Strehaiano, and H. Pingard. 2003. An original kinetic model for the enzymatic hydrolysis of starch during mashing. *Biochem. Engineering J.* 13: 43-52.
- Badan Pusat Statistik. 2014. Statistik Indonesia 2014, Luas panen, produksi, dan produktivitas tanaman pangan. <http://www.bps.go.id/index.php/publikasi/326#accordion-daftar-subjek3>. Diakses pada tanggal 15 April 2015.
- Ceballos, H., T. Sanchez, N. Morante, M. Fregene, D. Dufour, A.M. Smith, K. Denyer, J.C. Perez, F. Calle, and C. Mestres. 2007. Discovery of an

- amylose-free starch mutant in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *J. of Agric. and Food Chem.* 55:7469–7476.
- Ceballos H, T. Sánchez, K. Denyer, A.P. Tofiño, E.A. Rosero, D. Dufour, A. Smith, N. Morante, J.C. Pérez, and B. Fahy. 2008. Induction and identification of a small-granule, high amylose mutant in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *J. of Agric. and Food Chem.* 56(16):7215–7222.
- Charles, A.L., K. Sriroth, and T. Huang. 2005. Proximate composition, mineral contents, hydrogen cyanide and phytic acid of 5 cassava genotypes. *Food Chem.* 92(4):615–620.
- Fen, H.L. 2007. Physicochemical and functional properties of enzyme modified tapioca starches. Theses, Universiti Sains Malsysia. 223 pp.
- Ghanbarzadeh, B. and H. Almasi. 2013. Biodegradable Polymers. <http://dx.doi.org/10.5772/56230>. Diakses tanggal 20 Mei 2015.
- Henry G, A. Westby, and C. Collinson. 1998. Global cassava end-uses and markets: Current situation and recommendations for further study. FAO. 58pp.
- Horvathova, V., Janecek, S. and Sturdik, E. 2001. Amylolytic enzymes: their specificities, origins and properties. *Biologia, Bratislava* 56: 605–615. ISSN 0006–3088 (*Biologia*).
- IITA. 2005. Cassava Starch Production. Integrated Cassava Project. <http://www.cassavabiz.org/postharvest/starch03.htm>. Diakses tanggal 6 Oktober 2014.
- Jayeola, A.A. and O.A. Akinseban. 2013. Micro-morphological studies of starch granules in selected processed indigenous flour of South Western Nigeria. *Annals of West Univ. of Timioara, ser. Biology* 16(1):1–10.
- Jobling, S. 2004. Improving starch for food and industrial applications. *Current Opinion in Plant Biology* 7:210–218.
- Kalsum, N. dan Surfiana. 2013. Karakteristik Dekstrin dari Pati Ubi Kayu yang Diproduksi dengan Metode Prigelatinisasi Parsial. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 13(1):13–23.
- Kasprzak, M.M., H.N. Lærke, F.H. Larsen, K.E.B. Knudsen, S. Pedersen, and A.S. Jorgensen. 2012. Effect of enzymatic treatment of different starch sources on the *in vitro* rate and extent of starch digestion. *Int. J. Mol. Sci.* 13:929–942.
- Koehorst-van Putten, H.J.J., E. Sudarmonowati, M. Herman, I.J. Pereira-Bertram, A.M.A. Wolters, H. Meima, N. de Vetten, C.J.J.M. Raemakers, and R.G.F. Visser. 2012. Field testing and exploitation of genetically modified cassava with low-amylose or amylose-free starch in Indonesia. *Transgenic Res.* 21:39–50.
- Kusnandar, F. 2010. Teknologi modifikasi pati dan aplikasinya di industri pangan. Fateta IPB. http://itp.fateta.ipb.ac.id/id/index.php?option=com_content&task=view&id=111&Itemid=94. Diakses tanggal 28 April 2015.
- Munyikwa, T.R.I., S. Langeveld, E. Jacobsen, and R.G.F. Visser. 1997. Cassava starch biosynthesis: new avenues for modifying starch quantity and quality. *Euphytica* 96:65–75.
- Neelam, K., S. Vijay, and S. Lalit. 2012. Various techniques for the modification of starch and the applications of its derivatives. *Internat. Res. J. of Pharmacy* 3(5):25–37.
- Patron, D.D. 2008. Non-food uses of cassava. [http://goarticles.com/article/Non-food-uses-of-Cassava/772381/Diakses tanggal 6 Oktober 2014](http://goarticles.com/article/Non-food-uses-of-Cassava/772381/Diakses%20tanggal%206%20Oktober%202014).
- Raemakers, K., M. Schreuder, L. Suurs, H. Furrer-Verhorst, J. Vincken, N. de Vetten, E. Jacobsen, and G.F. Visser. 2005. Improved cassava starch by antisense inhibition of granule-bound starch synthase I. *Molecular Breeding* 16: 163–175.
- Rolland-Sabaté, A., T. Sánchez, A. Buléon, P. Colonna, B. Jaillais, H. Ceballos, and D. Dufour. 2012. Structural characterization of novel cassava starches with low and high-amylose contents in comparison with other commercial sources. *Food Hydrocolloids* 27(1): 161–174.
- Rongsirikul O., T. Saithong, S. Kalapanulak, A. Meechai, S. Cheevadhanarak, S. Netrphan, and M. Suksangpanomrang. 2010. Reconstruction of starch biosynthesis pathway in cassava using comparative genomic approach. J.H. Chan, Y.S. Ong, and S.B. Cho (eds.): *CSBio, CCIS 115:118–129*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Saithong, T., O. Rongsirikul, S. Kalapanulak, P. Chiewchankaset, W. Siriwat, S. Netrphan, M. Suksangpanomrung, A. Meechai, and Cheevadhanarak. 2013. Starch biosynthesis in cassava: a genome-based pathway reconstruction and its exploitation in data integration. *BMC Systems Biol.* 7:75–92.
- Sánchez, T., G. Mafla, N. Morante, H. Ceballos, D. Dufour, and F. Calle. 2009. Screening of starch quality traits in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Starch/Stärke* 61:12–19.
- Sofyadi, E. 2011. Aspek budidaya, prospek, kendala, solusi pengembangan sorgum di Indonesia. <https://edysof.wordpress.com/2011/04/21/aspek-budidaya-prospek-kendala-dan-solusi-pengembangan-sorgum-di-indonesia/> Diakses tanggal 9 Januari 2014.
- Streb, S., B. Egli, S. Eicke, and S.C. Zeeman. 2009. The debate on the pathway of starch synthesis: A closer look at low-starch mutants lacking plastocisal phosphoglucomutase supports the chloroplast-localized pathway. *Plant Physiol.* 15:1769–1772.
- Sudarmonowati, E., N.S. Hartati, dan A. Amzal. 2015. Perbaikan sifat ubi kayu dan pengembangannya untuk ketahanan pangan dan nutrisi. *Widya Karya Nasional Pangan dan Gizi. Inpress*.
- Winarno, F.G., *Enzim Pangan*, PT Gramedia, Jakarta, 1984, pp. 35–53.
- Zhao, S., D. Dufour, T. Sánchez, H. Ceballos, and P. Zhang. 2011. Development of waxy cassava with different Biological and physico-chemical characteristics of starches for industrial applications. *Biotech. and Bioeng.* 108(8):1925–1935.