

# Jurnal AGROTEKNOLOGI

Volume 5, Nomor 1, Juni 2011

ISSN 1978-1555

## **Running Titles :**

1. **Potensi Prebiotik Polisakarida Larut Air Gembili**
2. **Aktivitas Antitumor dan Prebiotik Senyawa Turunan Epiglukan**
3. **Kinetika Pertumbuhan Alga pada Model Monod**
4. **Karakteristik Fisikokimia dan Sensori Mie Ubi Kayu**
5. **Karakteristik Selulosa Kulit Rotan**
6. **Mutu Gula Kelapa Kristal**
7. **Strategi Pemasaran dan Peningkatan Mutu Keripik Sukun**
8. **Teknologi *Hurdle* pada Pengolahan**
9. **Modifikasi *Hurdle Technology* Produk Mie Basah**
10. **Karakteristik Tapioka**

***Dioscorea esculenta L.***



**Diterbitkan oleh :  
Fakultas Teknologi Pertanian (FTP)  
Universitas Jember**

Jurnal

# AGROTEKNOLOGI

Volume 5, Nomor 1, Juni 2011

ISSN : 1978-1555

**Diterbitkan oleh :**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**  
**UNIVERSITAS JEMBER**

**DAFTAR ISI****Hasil Penelitian**

- 
- POTENSI PREBIOTIK POLISAKARIDA LARUT AIR  
UMBI GEMBILI (*Dioscorea esculenta* L) SECARA *IN VITRO*** 1-11  
Herlina, Harijono, Achmad Subagio, Teti Estiasih
- AKTIVITAS ANTITUMOR DAN PREBIOTIK SENYAWA  
TURUNAN EPIGLUKAN: (1→3),(1→6)-β-GLUKAN EKSTRA  
SELULER DARI *Epicoccum nigrum* EHRENB. EX SCHLECHT** 12-20  
Jayus, Nuriman, Sony Suwasono
- IDENTIFIKASI KINETIKA PERTUMBUHAN ALGA PADA MODEL  
MONOD** 21-31  
Mochamad Bagus Hermanto, A.J.B. Boxtel, K.J. Keesman
- KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN SENSORI MIE UBI KAYU  
DENGAN SUPLEMENTASI ISOLAT PROTEIN KEDELAI** 32-39  
Retno Setyawati, Hidayah Dwiyantri, A.R. Siswanto B.W.
- KARAKTERISASI SELULOSA KULIT ROTAN SEBAGAI  
MATERIAL PENGGANTI *FIBER GLASS* PADA KOMPOSIT** 40-47  
Siti Nikmatin, Y.Aris Purwanto, Tienneke Mandang, Akhirudin Maddu, Setyo Purwanto
- EVALUASI MUTU GULA KELAPA KRISTAL (GULA SEMUT) DI  
KAWASAN *HOME* INDUSTRI GULA KELAPA KABUPATEN  
BANYUMAS** 48-61  
Pepita Haryanti, Mustaufik
- STRATEGI PEMASARAN DAN PENINGKATAN KUALITAS  
KERIPIK SUKUN** 62-70  
Noer Novijanto, Eka Ruriani, Fahrudi TK
- PENGEMBANGAN TEKNOLOGI *HURDLE* PADA PENGOLAHAN  
BAKSO MELALUI KOMBINASI *BLANCHING* DAN PENAMBAHAN  
EKSTRAK KUNYIT SERTA JAHE** 71-80  
Yuli Witono, Tamtarini, Djoko Pontjo Hardani, Ninik Sulistyowati
- MODIFIKASI *HURDLE TECHNOLOGY* DENGAN PENAMBAHAN  
EKSTRAK KUNYIT DAN PENYIMPANAN SUHU DINGIN  
PADA INDUSTRI MIE BASAH SKALA RUMAH TANGGA** 81-92  
Giyarto, Yuli Witono, Nany Mariah Qibthiyah
- KARAKTERISASI TAPIOKA DARI LIMA VARIETAS UBI KAYU  
(*Manihot utilisima* Crantz) ASAL LAMPUNG** 93-105  
Elvira Syamsir, Purwiyatno Hariyadi, Dedi Fardiaz, Nuri Andarwulan, Feri Kusnandar

**KARAKTERISASI TAPIOKA DARI LIMA VARIETAS UBI KAYU  
(*Manihot utilisima* Crantz) ASAL LAMPUNG**

*Characterization of Tapioca from Five Varieties *Manihot utilisima* Crantz from Lampung*

*Elvira Syamsir<sup>1</sup>, Purwiyatno Hariyadi, Dedi Fardiaz, Nuri Andarwulan dan Feri Kusnandar*

*Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan IPB dan  
Southeast Asia Food and Agricultural Science and Technology (SEAFAST) Center IPB  
Email : elvira\_tpg@yahoo.com*

**ABSTRACT**

*The physicochemical and functional properties of starches (tapioca) from five varieties *Manihot utilisima* Crantz (Thailand, Kasetsar, Pucuk Biru, Faroka and Adira-4) from Lampung were evaluated. All tapioca samples showed a typical A-type diffraction pattern, indicating that variety had no effect on it. However, the starch crystallinity was affected. Some parameters of physicochemical and functional of tapioca from five varieties varied significantly ( $p < 0,05$ ). Analysis of correlation showed that amylose, fat, ash as well as crystallinity and swelling power affected some of pasting and gel texture parameters. Digestion of gelatinized starch was also affected by root varieties.*

**Key words:** *physicochemical properties, pasting, texture, crystallinity*

**PENDAHULUAN**

Produksi ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) di Indonesia pada periode 2004-2010, berkisar antara 17.54.648 ton sampai 23.908.459 ton. Sepertiga dari total produksi tersebut berasal dari Lampung, diikuti oleh Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, Daerah Istimewa Yogyakarta dan Nusa Tenggara Timur (Badan Pusat Statistik, 2011).

Ketahanan yang tinggi terhadap kondisi stress lingkungan menyebabkan ubi kayu banyak ditanam pada skala kecil dan dengan sumber daya terbatas (El-Sharkawy, 2004). Di lain sisi, keragaman varietas ubi kayu di Indonesia cukup tinggi. Bank Gen BB-Biogen Bogor mencatat sebanyak 600 aksesori plasma nutfah, 452 diantaranya ada dalam data base (BB-Biogen, 2010). Kondisi ini menyebabkan beragamnya varietas ubi kayu di lapangan.

Tapioka (pati ubi kayu) merupakan industri utama dari ubi kayu. Proses ekstraksi yang relatif mudah, sifat patinya yang unik dengan warna dan flavor netral menyebabkan tapioka banyak dimanfaatkan

sebagai ingredien maupun aditif di industri pangan. Tapioka direkomendasikan untuk memperbaiki ekspansi produk ekstrusi, pengental pada produk yang kondisi prosesnya tidak ekstrim, bahan pengisi dalam produk makanan bayi olahan dan bahan pengikat pada produk-produk biskuit dan konfeksioneri (Tonukari, 2004).

Aplikasi pati dalam suatu produk dipengaruhi oleh kemampuannya untuk membentuk karakteristik produk akhir yang diinginkan. Perbedaan karakteristik fisiko-kimia seperti bentuk granula, rasio amilosa/amilopektin, karakteristik molekuler pati dan keberadaan komponen lain merupakan penyebab perbedaan sifat fungsionalitas (Copelan *et al.*, 2009; Nwokocha *et al.*, 2009).

Variasi sifat fungsional pati di dalam suatu spesies menyebabkan masalah dalam pengolahan karena inkonsistensi bahan baku. Karakterisasi dan studi komparatif sifat fisikokimia dan fungsional pati dalam suatu varietas karena itu perlu dilakukan untuk memprediksi kesamaan dan perbedaan perilakunya pada tahap aplikasi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fisikokimia dan fungsional tapioka lima varietas berbeda (Thailand, Kasetsar, Pucuk Biru, Faroka dan Adira-4) sehingga memperoleh *data base* karakteristik fisikokimia dan fungsional tapioka lima varietas ubi kayu. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan varietas terhadap parameter yang dianalisis.

## METODA PENELITIAN

### Rancangan Penelitian

Kegiatan penelitian laboratories (*pure experiment*) ini terdiri atas enam kegiatan utama, yaitu : 1) ekstraksi tapioca, 2) analisis proksimat, kadar pati dan kadar amilosa, 3) pengamatan struktur kristal pati, 4) karakterisasi pasting, 5) analisis kapasitas pembengkakan (*swelling power*) dan solubilitas, dan 6) karakteristik gel – analisis profil tekstur. Semua kegiatan di atas dilakukan di laboratorium Jurusan TPG, IPB, Bogor.

### Rancangan Percobaan

Lima jenis ubi kayu, yaitu Thailand, Kasetsar, Pucuk Biru, Faroka dan Adira-4 diuji pengaruhnya terhadap karakteristik fisikokimia tapioca. Pengukuran nilai parameter dilakukan sebanyak tiga ulangan.

### Bahan dan Alat

Bahan utama penelitian ini adalah tapioka dari lima varietas ubi kayu. Ubi kayu diperoleh dari Medco Energi Lampung. Ekstraksi pati dilakukan di industri kecil tapioka Kedung Halang Bogor. Bahan lainnya adalah akuades dan bahan kimia untuk keperluan analisis.

Peralatan yang digunakan mencakup peralatan proses untuk produksi tapioka dan peralatan analisis termasuk juga instrumen difraksi sinar-X, *texture analyzer*, *Rapid Visco Analyzer* dan mikroskop polarisasi.

## Metoda Analisis

### Ekstraksi tapioka

Umbi dikupas, dicuci bersih dan diparut. Ekstraksi pati dilakukan dengan mengepres umbi yang telah diparut. Pengepresan dilakukan secara manual di dalam air mengalir. Ekstrak pati secara kontinyu dialirkan ke wadah penampungan. Pengepresan dilakukan sampai air yang digunakan tidak lagi berwarna keruh. Air berisi ekstrak pati didiamkan di dalam wadah penampung selama sekitar tiga jam (permukaan endapan pati yang tadinya kesat berubah menjadi licin). Selanjutnya, air dibuang dan endapan dikeringkan dalam oven pengering pada suhu 60°C.

### Analisis proksimat, kadar pati dan kadar amilosa

Analisis kadar air dilakukan dengan metode gravimetri (SNI 01-2891-1992); analisis protein dengan metode Kjeldahl (AOAC 1998); analisis lemak dengan metode soxhlet (AOAC 1996); analisis abu dengan metode gravimetri (AOAC 1996). Kadar pati dianalisis dengan metode Dubois *et al.* (1956) sementara analisis kadar amilosa ditentukan secara spektrofotometri menurut Juliano (1971).

### Pengamatan struktur kristal pati

Diamati dengan difraktometer sinar-X. Radiasi monokromatik yang digunakan adalah Cu dengan panjang gelombang 1.54060 Å yang dihasilkan dari difraktometer X-ray pada 40 kV dan 30 mA. Daerah *scanning* difraksi pada sudut 2 theta adalah 4 – 36° dengan step interval 0.02° dan kecepatan scan 2°/menit. Kristalinitas (%) dinyatakan sebagai persentase rasio dari daerah difraksi puncak dengan daerah difraksi total.

### Analisis kapasitas pembengkakan (*swelling power*) dan solubilitas

Analisis dilakukan dengan metode Wang *et al.* (2010). Suspensi pati (2% W/V) dipanaskan dalam penangas air suhu

90°C selama 30 menit, lalu disentrifuse pada kecepatan 1509×g selama 15 menit. Supernatan dikeluarkan dan sedimen ditimbang. Alikuot dari supernatan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C sampai diperoleh berat konstan. Kapasitas pembengkakan (SP, g/g bk) dihitung sebagai rasio berat sedimen terhadap berat kering pati setelah dikurangi dengan berat supernatan kering. Solubilitas (S, %) dihitung sebagai persentasi dari berat supernatan kering terhadap berat pati kering.

#### ***Karakterisasi pasting***

Dilakukan dengan *Rapid Visco Analyzer* (RVA). Suspensi pati (3,5 gram sampel pati, kadar air 14%, dicampur dengan 25 gram akuades) diputar pada wadah sampel dengan kecepatan 160 RPM. Pada satu menit pertama dilakukan pemanasan awal sampai suhu mencapai 50°C. Selanjutnya, suhu pemanasan dinaikkan hingga 95°C pada menit ke 8,5 dan dijaga konstan pada 95°C selama 5 menit. Lalu, suhu diturunkan kembali ke 50°C (pada menit ke 21) dan dipertahankan di 50°C selama 2 menit (sampai menit ke 23). Dari sini diperoleh viskositas puncak, suhu pasting (suhu awal naiknya viskositas), suhu viskositas puncak, viskositas panas (viskositas setelah pemanasan 95°C selama 5 menit), viskositas akhir (viskositas setelah pendinginan di suhu 50°C selama 2 menit), viskositas *breakdown* relatif (rasio antara selisih viskositas puncak dan viskositas panas dengan viskositas puncak, dinyatakan dalam persen) dan viskositas balik relatif (rasio antara selisih viskositas akhir dan viskositas panas dengan viskositas panas, dinyatakan dalam persen). Viskositas *breakdown* sendiri adalah selisih antara viskositas puncak dengan viskositas panas; sementara viskositas balik adalah selisih antara viskositas akhir dengan viskositas panas.

#### ***Karakteristik gel – analisis profil tekstur***

Dilakukan dengan *texture analyzer* menurut Mishra dan Rai (2006) yang dimodifikasi. Gel disiapkan dari suspensi pati (rasio pati dan air = 10 : 50) yang dipanaskan dalam penangas air suhu 85 ± 1°C selama 15 menit dengan pengadukan kontinyu. Pasta lalu dituang ke dalam wadah sampel, didinginkan di suhu ruang dan disimpan di refrigerator selama 16 jam. Pengujian dengan *texture analyzer* dilakukan menggunakan *load cell* 25 kg. *Texture analyzer* diprogram untuk menekan gel silinder (diameter = 3 cm, tinggi = 1,5 cm) yang berdiri bebas sampai 80% dari tinggi awalnya. Kurva deformasi diperoleh dari dua kali penekanan dengan plat kompresi ukuran 75 mm. Setting alat yang digunakan: kecepatan pretest, test dan post-test berturut-turut 5,0, 2,5 dan 10,0 mm.s<sup>-1</sup>; trigger type: auto 5,0 mm, treshold 5g, waktu 17,5 s dan data acquisition rate 250 pps. Karakteristik yang dianalisis adalah kekerasan (*hardness*), kelengketan (*adhesiveness*), kepaduan (*cohesiveness*) dan elastisitas (*springiness*).

*Daya cerna pati tergelatinisasi*. Analisis dilakukan dengan modifikasi metode Anderson *et al.* (2002) secara spektroskopi yang mencakup tahapan pembuatan kurva standar maltosa dan analisis sampel. Pengukuran daya cerna dilakukan menggunakan enzim  $\alpha$  amilase dan waktu inkubasi 30 menit. Absorbansi diukur dengan UV-Vis spektrofotometer pada panjang gelombang 520 nm. Daya cerna pati (%) dihitung sebagai persentase rasio antara maltosa dalam sampel dengan maltosa dalam pati murni.

#### ***Analisis data***

Analisis ragam dilakukan untuk mengetahui pengaruh varietas ubi kayu terhadap sifat fisikokimia tapioka. Bagi beberapa parameter dilakukan analisis korelasi untuk melihat kekuatan hubungan antara beberapa parameter fisikokimia

tersebut. Kedua analisis dilakukan menggunakan *software* SPSS 17,00

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Komposisi Kimia

Data komposisi kimia tapioka ditampilkan pada **Tabel 1**. Varietas Thailand memiliki komposisi kimia yang relatif berbeda dari empat varietas lainnya. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan perbedaan adalah perbedaan varietas, lingkungan tempat

tumbuh (tanah, iklim), umur panen dan penanganan pasca panen (Sriroth *et al.*, 1999; Abera dan Rakshit, 2003; Moorthy, 2002; Zaidul *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2009).

Komponen minor (abu, lemak, protein) terdapat dalam jumlah relatif rendah. Kandungan komponen minor tapioka lebih rendah dibandingkan pati sereal, seperti jagung (Mishra dan Rai, 2006). Kandungan komponen minor yang rendah lebih disukai karena keberadaannya bisa mengganggu sifat-sifat pasting (Copelan *et al.*, 2009).

Tabel 1. Komposisi kimia tapioka dari lima varietas. Data dinyatakan dalam g/100 g bk, kecuali untuk kadar air (dinyatakan dalam g/100 g bb).

Komponen	Thailand	Kasetsar	Pucuk biru	Faroka	Adira 4
Air	14,22 <sup>d</sup> ± 0,02	12,24 <sup>a</sup> ± 0,01	15,69 <sup>c</sup> ± 0,01	13,18 <sup>b</sup> ± 0,09	13,63 <sup>c</sup> ± 0,07
Abu	0,19 <sup>d</sup> ± 0,00	0,12 <sup>a</sup> ± 0,00	0,15 <sup>c</sup> ± 0,00	0,14 <sup>b</sup> ± 0,00	0,11 <sup>a</sup> ± 0,00
Lemak	0,76 <sup>d</sup> ± 0,00	0,33 <sup>a</sup> ± 0,00	0,53 <sup>b</sup> ± 0,01	0,51 <sup>b</sup> ± 0,00	0,55 <sup>c</sup> ± 0,01
Protein	0,13 <sup>c</sup> ± 0,00	0,15 <sup>d</sup> ± 0,00	0,10 <sup>a</sup> ± 0,00	0,10 <sup>b</sup> ± 0,00	0,10 <sup>ab</sup> ± 0,00
Pati	83,55 <sup>a</sup> ± 0,16	82,62 <sup>a</sup> ± 1,32	80,16 <sup>a</sup> ± 1,09	79,78 <sup>a</sup> ± 1,23	81,19 <sup>a</sup> ± 1,77
Amilosa	33,13 <sup>c</sup> ± 0,16	31,81 <sup>b</sup> ± 0,04	30,88 <sup>a</sup> ± 0,25	30,92 <sup>a</sup> ± 0,12	31,13 <sup>a</sup> ± 0,12
Amilopektin	50,42 <sup>a</sup> ± 0,51	50,80 <sup>a</sup> ± 1,28	49,28 <sup>a</sup> ± 0,85	48,85 <sup>a</sup> ± 1,35	50,06 <sup>a</sup> ± 1,66

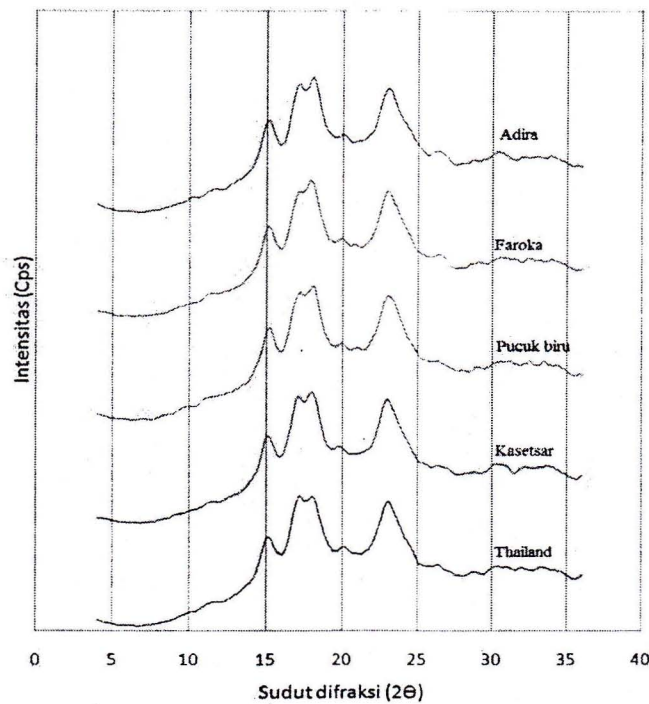
\*Pada baris yang sama, nilai yang diikuti oleh huruf berbeda menunjukkan hasil berbeda nyata ( $\alpha < 0,05$ )

### Pola Difraksi Sinar X

Pati umbi-umbian umumnya menunjukkan kristal tipe B. Tapioka, walaupun merupakan pati umbi, telah dilaporkan menunjukkan kristal tipe A, B dan C (Moorthy, 2002). Penelitian Atichokudomchai *et al.* (2000) pada maizena menunjukkan, pergeseran tipe kristalinitas bisa terjadi dengan perubahan kadar amilosa pati. Pati dengan amilosa rendah cenderung memiliki lapisan semikristalit yang lebih teratur dan membentuk kristal tipe A.

Tapioka yang diamati memiliki kristal tipe A dengan empat puncak utama pada sudut difraksi  $2\theta$  15,06 -15,2; 17,1-17,2; 17,8-18,1 dan 23,18-23,2 (Gambar 1). Intensitas difraksi yang cukup kuat ada pada sudut difraksi  $2\theta$  4,9 - 5,0 dan 5,2 Å. Kristalinitas tipe A pada tapioka juga dilaporkan oleh Franco *et al.* (2002), Gunaratne dan Hoover (2002) serta Charoenkul *et al.* (2011).

Kristalinitas tapioka berkisar antara 25,96 - 27,60% dengan kristalinitas tertinggi ditunjukkan oleh tapioka Adira (**Tabel 2**). Tapioka Thailand yang kandungan amilosanya lebih tinggi, memiliki kristalinitas terendah. Peningkatan derajat kristalinitas dengan menurunnya kadar amilosa telah dilaporkan pada tapioka (Atichokudomchai *et al.*, 2000), maizena (Cheetham dan Tao, 1998) dan pati beras (Zavareze *et al.*, 2010). Dari analisis korelasi, walau tidak signifikan terlihat adanya kecenderungan penurunan kristalinitas dengan naiknya kadar amilosa ( $r = -0,73$ ,  $\alpha = 0,08$ ). Keberadaan komponen minor diduga mengganggu pembentukan struktur heliks. Dijumpai korelasi negatif antara kristalinitas dan kadar abu ( $r = -0,95$ ,  $\alpha = 0,006$ ), serta kecenderungan penurunan kristalinitas dengan meningkatnya kadar lemak ( $r = -0,73$ ,  $\alpha = 0,08$ ).



Gambar 1. Pola difraksi sinar X tapioka dari lima varietas ubi kayu

Tabel 2. Kristalinitas dan intensitas puncak utama tapioka dari lima varietas ubi kayu

	Tipe kristal	Kristalinitas (%)	Jarak, A (Intensitas, CPS*)			
Thailand	A	25,96	5,9 (64)	5,2 (108)	4,9 (104)	3,8 (90)
Kasetsar	A	27,35	5,8 (65)	5,2 (106)	5,0 (107)	3,8 (90)
Pucuk biru	A	27,18	5,8 (70)	5,2 (106)	4,9 (109)	3,8 (91)
Faroka	A	26,76	5,8 (67)	5,2 (103)	5,0 (113)	3,8 (92)
Adira 4	A	27,60	5,8 (70)	5,2 (107)	4,9 (113)	3,8 (91)

\*CPS = Counts per second

**Kapasitas Pembengkakan (Swelling Power, SP) dan Solubilitas**

Pemanasan di dalam air berlebih menyebabkan melemahnya ikatan dalam granula, sehingga air masuk dan terjadi pembengkakan granula sementara amilosa yang memiliki berat molekul (BM) rendah akan larut ke dalam air. Perbedaan dari karakteristik SP dan solubilitas mengindikasikan adanya perbedaan gaya pengikatan dari granula pati (Nwokocha *et al.*, 2009). Interaksi yang kuat akan mengurangi jumlah gugus OH bebas yang tersedia untuk hidrasi, dan mengurangi masuknya air ke dalam interior granula sehingga menurunkan SP dan solubilitas (Chung *et al.*, 2010). Menurut Singh *et al.*

(2003), intensitas SP dan solubilitas pati tergantung pada suhu, perbedaan kadar amilosa dan lemak, keberadaan fosfat, kristalinitas, interaksi antara daerah amorfous dan kristalin pati yang dipengaruhi oleh rasio amilosa dan amilopektin dan karakteristik molekuler pati.

Kapasitas pembengkakan (SP) dan solubilitas granula tapioka dari lima varietas ubi kayu pada pemanasan di suhu 90°C selama 30 menit ditampilkan pada Tabel 3. Tapioka Thailand memiliki SP yang secara signifikan lebih tinggi dari tapioka lainnya, mengindikasikan bahwa pengaturan intra granularnya tidak sebaik varietas yang lain. Penyebabnya diduga



karena kristalinitas tapioka Thailand yang lebih rendah. Daerah amorfous yang lebih tinggi menyebabkan air lebih mudah masuk ke dalam granula dan meningkatkan pembengkakan pati. Selain kristalinitas, struktur amilopektin terutama proporsi dari rantai cabang amilopektin dengan derajat polimerisasi (DP)  $\geq 37$  juga berpengaruh pada

kemampuan pembengkakan pati. Peningkatan amilopektin dengan DP  $\geq 37$  berkontribusi pada pembentukan struktur kristalin yang kuat karena akan membentuk double heliks. Peningkatan kekuatan struktur kristalin tersebut akan menghambat pembengkakan granula (Chung 2010).

Tabel 3. Kapasitas pembengkakan dan solubilitas tapioka dari lima varietas ubi kayu

Tapioka	Kapasitas pembengkakan (g/g bk)	Solubilitas (%)
Thailand	15,01 $\pm$ 0,024 <sup>c</sup>	10,90 $\pm$ 0,703 <sup>b</sup>
Kasetsar	10,35 $\pm$ 0,667 <sup>a</sup>	5,30 $\pm$ 0,870 <sup>a</sup>
Pucuk biru	10,12 $\pm$ 0,446 <sup>a</sup>	4,89 $\pm$ 0,360 <sup>a</sup>
Faroka	10,92 $\pm$ 0,328 <sup>a</sup>	6,03 $\pm$ 0,119 <sup>a</sup>
Adira 4	13,03 $\pm$ 0,275 <sup>b</sup>	13,15 $\pm$ 0,914 <sup>b</sup>

Ket: huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ( $\alpha < 0,05$ )

Pada pati sereal (gandum dan barley), peningkatan kandungan amilosa dan lemak menyebabkan penurunan SP dan solubilitas. Penurunan SP disebabkan oleh adanya kompleks amilosa-lemak yang memperkuat integritas struktur granula (Tester dan Morrison, 1990 dikutip oleh Charles *et al.*, 2005). Tetapi, penelitian Charles *et al.* (2005) menunjukkan peningkatan SP dan solubilitas tapioka dengan meningkatnya kadar amilosa. Peningkatan solubilitas secara non linier dengan meningkatnya kadar amilosa, juga dilaporkan pada pati kacang hijau (Abdel-Rahman *et al.*, 2008).

Tapioka dengan amilosa yang lebih tinggi (Thailand) menunjukkan SP dan solubilitas yang relatif lebih tinggi. Kurangnya pembentukan kompleks lemak-amilosa karena kadar lemak yang rendah menyebabkan peningkatan amilosa akan meningkatkan SP dan solubilitas (Charles *et al.*, 2005). Pada empat tapioka yang lain, kadar amilosa dan kristalinitas relatif sama sehingga perbedaan SP dan solubilitas dari 4 varietas tersebut diduga karena perbedaan panjang rantai amilosa dan amilopektin. Pati dengan panjang rantai yang lebih pendek dilaporkan lebih mudah larut selama pemanasan sehingga meningkatkan nilai solubilitas.

Analisis korelasi menunjukkan korelasi positif antara lemak dan SP ( $r = 0,84$   $\alpha = 0,036$ ) juga antara SP dan solubilitas ( $r = 0,85$   $\alpha = 0,035$ ). Diduga keberadaan lemak dalam jumlah yang kecil di dalam granula tapioka walaupun membentuk kompleks dengan amilosa, tetapi ikatannya relatif lemah dan peningkatannya justru menurunkan kristalinitas (meningkatkan daerah amorfous) sehingga granula lebih mudah diganggu. Peningkatan SP selanjutnya akan mempermudah amilosa untuk lisis sehingga akan terjadi peningkatan solubilitas dengan naiknya SP.

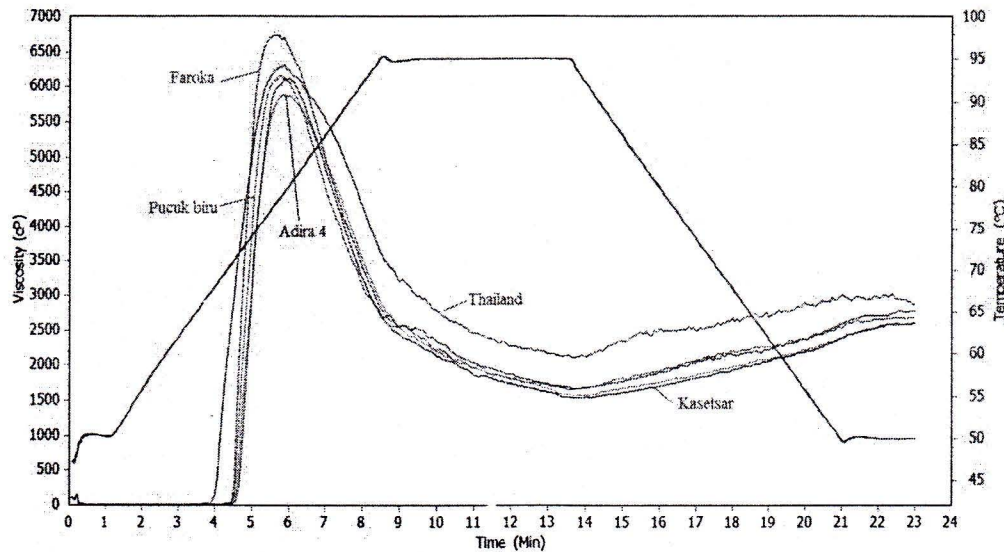
#### Karakteristik Pasting

Gelatinisasi adalah fase transisi granula pati dari bentuk teratur ke bentuk tidak beraturan, selama pemanasan dalam air berlebih. Proses transisi melibatkan hilangnya kristalinitas dan birefringence serta hidrasi pati (Hermansson dan Svegmarm, 1996). Pasting adalah fenomena yang mengikuti gelatinisasi (Xie *et al.*, 2006), menunjukkan perilaku viskositas yang terjadi selama proses pemanasan dan pendinginan pada pengadukan terkontrol (Singh *et al.*, 2003). Profil pasta merupakan salah satu cara untuk memprediksi sifat fungsional pati dan pengembangan aplikasinya di

dalam produk secara optimal (Chen, 2003).

Amilograf pasting tapioka dapat dilihat pada Gambar 2. Tapioka memiliki karakteristik pasting tipe A yang dicirikan dengan viskositas puncak yang tinggi dan diikuti dengan pengenceran

yang cepat selama pemanasan. Pati dengan karakteristik pasting tipe A cenderung tidak tahan proses pemanasan dan pengadukan, sehingga kurang aplikatif untuk diterapkan pada produk yang diolah menggunakan panas dan pengadukan.



Gambar 2. Amilograf pasting tapioka dari 5 varietas ubi kayu

Perbedaan cukup menyolok ditunjukkan oleh tapioka Thailand yang memiliki viskositas breakdown relatif (VBD-R) yang lebih rendah, viskositas akhir lebih tinggi, viskositas balik relatif (VB-R) lebih rendah dan suhu pasting lebih

rendah dari empat varietas lainnya (Tabel 4). Hal ini mengindikasikan bahwa tapioka Thailand lebih stabil selama pemanasan, memiliki sifat pengentalan yang lebih baik dengan kecenderungan retrogradasi dan pembentukan gel yang lebih rendah.

Tabel 4. Karakteristik pasting tapioka dari lima varietas ubi kayu menggunakan RVA

	V. Puncak (Cp)	V. Panas (Cp)	V. Akhir (Cp)	VBD-R (%)	VB-R (%)	T pasting (°C)	T puncak (°C)
Thailand	6335,0 ± 25,46 <sup>b</sup>	2161 ± 67,88 <sup>b</sup>	2978,5 ± 143,54 <sup>b</sup>	65,9 ± 0,99 <sup>a</sup>	37,8 ± 2,31 <sup>a</sup>	67,3 ± 0,00 <sup>a</sup>	79,2 ± 0,00 <sup>ab</sup>
Kasetsar	6244,0 ± 171,12 <sup>b</sup>	1568 ± 36,77 <sup>a</sup>	2623,5 ± 31,82 <sup>a</sup>	74,9 ± 0,14 <sup>c</sup>	67,3 ± 1,90 <sup>b</sup>	71,1 ± 0,28 <sup>b</sup>	79,4 ± 0,25 <sup>b</sup>
P. biru	6115,5 ± 53,03 <sup>ab</sup>	1683 ± 25,46 <sup>a</sup>	2683,0 ± 8,49 <sup>a</sup>	72,5 ± 0,64 <sup>b</sup>	59,4 ± 2,91 <sup>b</sup>	70,5 ± 0,04 <sup>b</sup>	78,6 ± 0,30 <sup>ab</sup>
Faroka	6744,0 ± 0,00 <sup>c</sup>	1676 ± 0,00 <sup>a</sup>	2778,0 ± 0,00 <sup>ab</sup>	75,1 ± 0,00 <sup>c</sup>	65,8 ± 0,00 <sup>b</sup>	70,5 ± 0,00 <sup>b</sup>	78,4 ± 0,00 <sup>a</sup>
Adira 4	5895,5 ± 17,68 <sup>a</sup>	1595 ± 22,63 <sup>a</sup>	2603,5 ± 7,78 <sup>a</sup>	72,9 ± 0,35 <sup>bc</sup>	63,3 ± 2,80 <sup>b</sup>	71,1 ± 0,28 <sup>b</sup>	79,0 ± 0,30 <sup>ab</sup>

Keterangan: VBD-R = viskositas balik relatif; VB-R = viskositas balik relatif.

huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ( $\alpha < 0,05$ )

Suhu pasting terkait dengan imbibisi air dan pembengkakan granula. Pati Thailand dengan tingkat kristalinitas yang lebih rendah serta kadar abu, lemak dan amilosa yang lebih tinggi memiliki suhu pasting terendah. Suhu pasting berkorelasi positif dengan tingkat kristalinitas pati dan berkorelasi negatif dengan kadar abu,

lemak dan amilosa (Tabel 5). Menurut Singh *et al.* (2003), daerah amorfous karena memiliki ikatan hidrogen yang relatif lemah menjadi daerah pertama yang ditembus air. Pati dengan kristalinitas rendah (daerah amorfous lebih tinggi) akan lebih mudah mengalami pasting. Peningkatan komponen abu diduga meningkatkan muatan ionik

sejenis yang saling tolak-menolak, meningkatkan jarak antar polimer pati dan mempermudah masuknya air sehingga pasting berlangsung pada suhu yang lebih rendah. Sementara itu, peningkatan lemak dalam jumlah yang kecil maupun

peningkatan jumlah amilosa tetapi tidak berupa kompleks amilosa-lemak juga akan menurunkan kristalinitas. Akibatnya, peningkatan lemak dan amilosa di dalam tapioka akan menyebabkan turunnya suhu pasting.

Tabel 5. Nilai korelasi pearson parameter kimia dan pasting (N= 5)

		K. Abu	K. Lemak	K. Amilosa	Kristalinitas	SP
Visk. puncak	Pearson Corr.	0,351	0,005	0,051	-0,548	-0,140
	Sig. (1-tailed)	0,281	0,497	0,468	0,170	0,411
VBD-R	Pearson Corr.	-0,850*	-0,885*	-0,817*	0,760	-0,843*
	Sig. (1-tailed)	0,034	0,023	0,046	0,068	0,036
VB-R	Pearson Corr.	-0,911*	-0,885*	-0,823*	0,838*	-0,808*
	Sig. (1-tailed)	0,016	0,023	0,043	0,038	0,049
Suhu pasting	Pearson Corr.	-0,952**	-0,844*	-0,846*	0,940**	-0,770
	Sig. (1-tailed)	0,006	0,036	0,035	0,009	0,064

Keterangan: VBD-R = viskositas balik relatif; VB-R = viskositas balik relatif.

Suhu puncak pasting merupakan suhu saat viskositas pasta maksimum tercapai (Batey, 2007). Kelima tapioka memiliki suhu puncak yang relatif mirip dan dipengaruhi oleh kadar amilopektin dan protein pati. Struktur kristalin amilopektin susah dipenetrasi oleh air, menyebabkan terjadinya peningkatan suhu puncak dengan naiknya kadar amilopektin. Keberadaan protein yang mengembang selama pemanasan dan berkontribusi pada peningkatan viskositas dapat menyebabkan suhu puncak menjadi lebih tinggi dari yang seharusnya. Analisis korelasi menunjukkan bahwa suhu puncak pasting berkorelasi positif dengan kadar amilopektin ( $r = 1,00 \alpha = 0,00$ ) dan protein ( $r = 0,82 \alpha = 0,045$ ).

Viskositas puncak tertinggi ditunjukkan oleh tapioka faroka, terendah oleh tapioka adira 4 sementara tiga tapioka lainnya memiliki viskositas puncak yang mirip. Nilai ini merefleksikan kemampuan granula untuk mengikat air dan mempertahankan pembengkakan selama pemanasan. Viskositas puncak terjadi ketika jumlah pati yang membengkak seimbang dengan jumlah pati yang rusak (lisis). Tidak ditemukan korelasi antara viskositas puncak dengan beberapa parameter kimia

pati (Tabel 5). Beberapa faktor yang mempengaruhi adalah kadar dan rasio amilosa/a.milopektin, berat molekul, konformasi molekuler dan derajat polimerisasi amilosa dan amilopektin serta jumlah percabangan amilopektin maupun keberadaan komponen minor, juga ukuran granula (Mélo *et al.*, 2003).

Nilai VBD-R merupakan indikator kerentanan granula terhadap pemanasan, sementara VB-R mengindikasikan potensi pembentukan gel dan kecenderungan retrogradasi. Tapioka Thailand lebih tahan terhadap proses pemanasan dibandingkan dengan empat tapioka yang lain, ditunjukkan oleh VBD-R yang lebih rendah. Selain itu, VB-R tapioka Thailand secara signifikan juga lebih rendah dari tapioka lainnya, mengindikasikan bahwa gel dari tapioka Thailand memiliki kekerasan yang lebih rendah. Nilai VB-R mengindikasikan potensi pembentukan gel dan kecenderungan retrogradasi. Pati dengan kecenderungan retrogradasi rendah mengindikasikan kemampuan untuk mempertahankan tekstur selama penyimpanan (Tran *et al.*, 2001 disitasi oleh Copeland *et al.*, 2009). Peningkatan viskositas balik selama pendinginan mengindikasikan kecenderungan berbagai

komponen di dalam pasta panas (granula yang membengkak dalam bentuk utuh atau fragmen, dispersi koloid ataupun molekul-molekul terlarut) untuk berhubungan atau mengalami retrogradasi (Adebowale *et al.*, 2009).

Dari analisis korelasi (Tabel 5) didapatkan bahwa VBD-R dan VB-R berkorelasi negatif dengan SP, komponen minor (abu, lemak) dan amilosa. VB-R juga berkorelasi positif dengan tingkat kristalinitas. Menurut Hermansson dan Svegmarm (1996), granula dengan SP yang tinggi akan mengikat sebagian besar air bebas dan menghambat interaksi antar amilosa, dan/atau menghambat lisis amilosa keluar dari granula sehingga viskositas dapat dipertahankan selama pemanasan (VBD-R rendah). Pada saat pendinginan, karena amilosa yang tersedia untuk proses retrogradasi menjadi lebih sedikit maka kecenderungan retrogradasi menjadi lebih rendah (VB-R rendah). Keberadaan komponen minor, amilosa

dan kondisi kristalinitas pati terkait dengan peningkatan pengikatan air yang diduga berpengaruh terhadap peningkatan SP dan atau ukuran granula.

### Karakteristik Tekstur

Analisis profil tekstur (TPA) menunjukkan bahwa gel tapioka lima varietas memiliki perbedaan karakteristik kekerasan dan kelengketan sementara karakteristik kepadatan dan elastisitas relatif mirip (Tabel 6). Varietas Thailand memiliki nilai kekerasan dan kelengketan yang rendah, sementara Faroka menunjukkan nilai kekerasan dan kelengketan yang tinggi. Menurut Mishra dan Rai (2006), variasi dari tekstur gel dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik pati, serta keberadaan dari komponen minor termasuk diantaranya lemak, protein, dan sebagainya sehingga dihasilkan gel dengan sifat-sifat yang bervariasi.

Tabel 6. Nilai analisis tekstur tapioka dari lima varietas ubi kayu

	Kekerasan (g)	Kepadatan	Kelengketan (g.s)	Elastisitas
Thailand	162,48 ± 2,86 <sup>a</sup>	0,66 ± 0,00 <sup>a</sup>	19,66 ± 11,53 <sup>a</sup>	0,97 ± 0,01 <sup>a</sup>
Kasetsar	227,74 ± 24,69 <sup>ab</sup>	0,68 ± 0,00 <sup>a</sup>	66,73 ± 15,48 <sup>b</sup>	0,89 ± 0,04 <sup>a</sup>
Pucuk biru	226,20 ± 3,53 <sup>ab</sup>	0,66 ± 0,02 <sup>a</sup>	42,42 ± 1,36 <sup>ab</sup>	0,94 ± 0,00 <sup>a</sup>
Faroka	254,15 ± 35,96 <sup>b</sup>	0,69 ± 0,00 <sup>a</sup>	65,97 ± 8,86 <sup>b</sup>	0,91 ± 0,03 <sup>a</sup>
Adira 4	196,43 ± 9,87 <sup>ab</sup>	0,67 ± 0,00 <sup>a</sup>	51,57 ± 2,95 <sup>ab</sup>	0,91 ± 0,01 <sup>a</sup>

\*huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata

Kekerasan gel pati terkait dengan proses retrogradasi pati yang terjadi selama proses pendinginan dan penyimpanan pasca pemanasan (gelatinisasi). Pasta pati bisa dianggap sebagai sistim dua fase dimana granula yang membengkak merupakan fase terdispersi dan amilosa yang lisis sebagai fase pendispersi. Jika jumlah fase pendispersi tinggi, maka proses agregasi selama pendinginan akan menghasilkan gel yang kuat (Hermansson dan Svegmarm, 1996). Pada proses agregasi, molekul amilosa bebas membentuk ikatan hidrogen tidak saja dengan sesama amilosa tetapi juga dengan percabangan amilopektin yang

menjulang dari granula yang membengkak, sehingga amilopektin juga berperan dalam pembentukan kekerasan gel walaupun dengan intensitas kekuatan yang lebih rendah (Collado dan Corke, 1999).

Menurut Collado dan Corke (1999), peningkatan lisis amilosa (solubilitas) dan penurunan SP pati akan menyebabkan peningkatan kekerasan gel yang dihasilkan. Berbeda dari penjelasan tersebut, penelitian ini menunjukkan bahwa tapioka dengan tingkat kekerasan gel yang tinggi memiliki SP rendah dan solubilitas rendah. Menurut Hermansson dan Svegmarm (1996), granula dengan SP yang tinggi akan mengikat

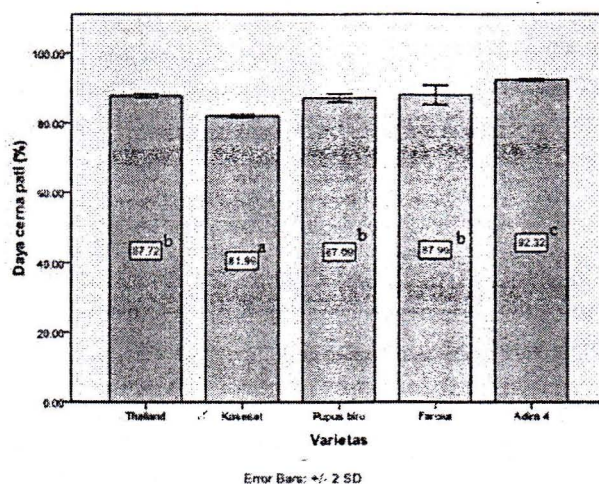
sebagian besar air bebas dan menghambat interaksi antar amilosa, dan/atau menghambat lisis amilosa keluar dari granula. Hal ini menjelaskan mengapa solubilitas yang tinggi tidak diikuti oleh peningkatan kekerasan gel. Selain itu, keberadaan komponen lain seperti polisakarida non pati, protein, dan lemak bisa menurunkan kekerasan gel karena secara fisik menghambat pembentukan ikatan hidrogen antar amilosa atau berinteraksi dengan molekul-molekul amilosa sehingga mereduksi interaksi amilosa-amilosa (Charoenkul *et al.*, 2011).

### Daya Cerna Pati Gelatinisasi

Daya cerna pati adalah tingkat kemudahan hidrolisis pati oleh enzim

pemecah pati menjadi unit-unit yang lebih sederhana dan dihitung sebagai persentase relatif terhadap pati murni yang diasumsikan dapat dicerna secara sempurna dalam saluran pencernaan. Menurut Tian *et al.* (1996) di dalam Moorthy (2002), tapioka mentah memiliki resistensi yang tinggi terhadap aktivitas  $\alpha$  amilase. Pemasakan (gelatinisasi) akan merubah struktur granula dan meningkatkan daya cerna pati.

Penilaian daya cerna pati dari lima jenis tapioka yang telah dilakukan mengindikasikan tingginya daya cerna invitro tapioka gelatinisasi. Nilai daya cerna tapioka gelatinisasi berkisar antara 81,99% (Kasetsar) sampai 92,32% (Adira 4) seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Daya cerna tapioka dari lima varietas ubi kayu

Perbedaan daya cerna tapioka Kasetsar dan Adira 4 dari tiga tapioka yang lain menunjukkan bahwa varietas bisa menyebabkan perbedaan daya cerna tapioka. Dalam tinjauannya, Moorthy (2002) menyebutkan bahwa daya cerna pati masak tidak dipengaruhi oleh kadar amilosa dan kandungan amilosa terlarut. Berbeda dengan pati mentah, dimana kristalinitas bentuk A lebih rentan terhadap aktivitas  $\alpha$  amilase, pada pati masak pola difraksi sinar X nya menjadi sama, sehingga tidak ditemukan lagi pengaruh

perbedaan kristalinitas pati terhadap daya cerna pati masak.

### KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tapioka dari lima varietas ubi kayu (Thailand, Kasetsar, Pucuk Biru, Faroka dan Adira-4) memiliki pola kristalinitas yang sama (tipe A) tetapi dengan kristalinitas yang berbeda. Perbedaan varietas juga menyebabkan perbedaan karakteristik fisikokimia tapioka dan berpengaruh pada sifat fungsionalnya.

Beberapa parameter pasting dan tekstur gel tapioka dipengaruhi oleh perbedaan kristalinitas, kadar amilosa, lemak dan abu serta perbedaan kapasitas pembengkakan. Tapioka dari lima varietas ubi kayu ini juga menunjukkan perbedaan daya cerna pati tergelatinisasinya. Hasil ini dapat dijadikan dasar untuk menyatakan bahwa perbedaan varietas ubi kayu akan menghasilkan tapioka dengan karakteristik fisiko-kimia, fungsional dan daya cerna yang berbeda. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui bagaimana pengaruhnya terhadap proses dan produk akhir sehingga dihasilkan suatu rekomendasi untuk pemanfaatan tapioka secara tepat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Rahman ESA, El-Fishawy FA, El-Geddawy MA, Kurz T, El-Rify MN (2008). Isolation and physico-chemical characterization of mung bean starches. *International Journal of Food Engineering* 4(1): Art.1
- Abera S, Rakshit SK (2003). Comparison of physicochemical and functional properties of cassava starch extracted from fresh root and dry chips. *Starch/Stärke* 55:287-296
- Atichokudomchai N, Shobsngob S, Varavinita S (2000). Morphological properties of acid-modified tapioca starch. *Starch/Stärke* 52:283-289
- Anderson AK, Guraya HS, James C, Salvaggio L (2002). Digestibility and Pasting Properties of Rice Starch Heat-Moisture Treated at the Melting Temperature ( $T_m$ ). *Starch/Stärke* 54: 401-409
- Badan Pusat Statistik (2011). Data statistik tanaman pangan – ubi kayu. [http://www.bps.go.id/tnmn\\_pgn.php?eng=0](http://www.bps.go.id/tnmn_pgn.php?eng=0) [10 Juli 2011]
- Batey IL (2007). Interpretation of RVA curves. Di dalam *The RVA Handbook*. Crosbie GB dan Ross AS. AACC International
- BB-Biogen (2010). Buku Katalog Plasma Nutfah Tanaman Pangan 2010. Balai Besar Litbang Biogen. Bogor.
- Charles AL, Chang YH, Ko WC, Sriroth K, Huang TC (2005). Influence of amylopectin structure and amylose content on the gelling properties of five cultivars of cassava starches. *J Agric Food Chem* 53(7):2717-25.
- Charoenkul N, Uttapap D, Pathipanawat W, Takeda Y (2011). Physicochemical characteristics of starches and flours from cassava varieties having different cooked root textures. *LWT - Food Science and Technology* 44:1774-1781
- Cheetham NWH, Tao L (1998). Variation in crystalline type with amylose content in maize starch granules: an X-ray powder diffraction study. *Carbohydrate Polymers* 36:277-284
- Chen Z (2003). Physicochemical Properties of Sweet Potato Starches and Their Application in Noodle Products. Ph.D. Thesis Wageningen University.
- Chung H-J, Liu Q, Hoover R (2010). Effect of single and dual hydrothermal treatments on the crystalline structure, thermal properties, and nutritional fractions of pea, lentil, and navy bean starches. *Food Research International* 43:501-508
- Copeland L, Blazek J, Salman H, Tang MC (2009). Form and functionality of starch. *Food Hydrocolloids* 23:1527-1534

- El-Sharkawy M.A (2004). Cassava biology and physiology. *Plant Molecular Biology* 56:481-501.
- Franco CML, Cabral RAF, Tavares DQ (2002). Structural and physicochemical characteristics of lintnerized native and sour cassava starches. *Starch/Stärke* 54:469-475.
- Gunaratne A, Hoover R (2002). Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carbohydrate Polymers* 49(4): 425-437
- Hermansson A-M, Svegmärk K (1996). Developments in the understanding of starch functionality – review. *Trends in Food Science & Technology* 7:345–353
- Hibi Y, Hikone (1998). Roles of water soluble and water insoluble carbohydrates in the gelatinization and retrogradation of rice starch. *Starch/Stärke* 50:474-478.
- Hoover R (2001). Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydrate Polymers* 45:253–267
- Huang M, Kennedy JF, Li B, Xiao Xu, Xie BJ (2007). Characters of rice starch gel modified by gellan, carrageenan, and glucomannan: A texture profile analysis study. *Carbohydrate Polymers* 69: 411–418
- Juliano BO (1971). A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Science Today* 16:334-338
- Mélo EA, Stamford TLM, Silva MPC, Krieger N, Stamford NP (2003). Functional properties of yam bean (*Pachyrhizus erosus*) starch - short communication. *Bioresource Technology* 89:103–106
- Mishra S, Rai T (2006). Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. *Food hydrocolloids* 20(5): 557-566
- Moorthy SN (2002). Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: a review. *Starch/Stärke* 54:559–592
- Nwokocha LM, Aviara NA, Senan C, Williams PA (2009). A comparative study of some properties of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) and cocoyam (*Colocasia esculenta*, Linn) starches. *Carbohydrate Polymers* 76:362–367
- Rosenthal AJ (1999). Relation between instrumental and sensory measures of food texture. *Di dalam Food Texture - Measurement and Perception*. Rosenthal AJ (ed). A Chapman and Hall Food Science Book
- Singh N, Singh J, Kaur L, Sodhi NS, Gill BS (2003). Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources - review. *Food Chemistry* 81:219–231
- Sriroth K, Santisopasri V, Petchalanuwat C, Kurotjanawong K, Piyachomkwan K, Oates CG (1999). Cassava starch granule structure – function properties: influence of time and conditions at harvest on four cultivars of cassava starch. *Carbohydrate Polymers* 38:161–170
- Tonukari NJ (2004). Cassava and the future of starch. *Electronic Journal*

*of Biotechnology. Vol. 7 No. 1,  
Issue of April 15, 2004*

Xie F, Liu H, Chen P, Xue T, Chen L, Yu L, Corrigan P (2006). Starch gelatinization under shearless and shear conditions. *International Journal of Food Engineering* 2(5):Art.6

Zaidul ISM, Yamauchi H, Takigawa S, Matsuura-Endo C, Suzuki T, Noda

T (2007). Correlation between the compositional and pasting properties of various potato starches. *Food Chemistry* 105:164–172

Zhou Z, Robards K, Helliwell S, Blanchard C (2007). Effect of the addition of fatty acids on rice starch properties. *Food Research International* 40:209–214