

PENGARUH KONSENTRASI SUBSTRAT DAN LAMA INKUBASI TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK DAN KIMIA PATI WALUR (*Amorphophallus variabilis*) TERMODIFIKASI SECARA ENZIMATIS

*The Effect of Substrate Concentration and Incubation Time
on Physicochemical Characteristics of Enzymatically Modified
Walur Starch (*Amorphophallus variabilis*)*

Ratna Yulistiani, Rosida*, M. Dhiyarti

Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar Surabaya
*e-mail : rosidaupnjatim@gmail.com

ABSTRAK

Pati walur (*Amorphophallus variabilis*) memiliki kandungan amilopektinnya tinggi yang menyebabkan sifatnya terlalu lengket dan tidak tahan terhadap panas. Untuk memperbaiki sifat fisikokimia pati walur perlu dilakukan modifikasi pati, salah satunya adalah modifikasi pati secara enzimatik menggunakan *debranching enzyme* yaitu enzim pullulanase. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi substrat dan lama inkubasi terhadap karakteristik fisikokimia pati walur termodifikasi. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap pola faktorial dua faktor dengan dua kali ulangan. Faktor I adalah konsentrasi substrat (10%; 15%; 20%), faktor II adalah lama inkubasi (6 jam, 12 jam, 18 jam). Data yang diperoleh dianalisa dengan *Analysis of Variance* (ANOVA), dan uji lanjut dengan DMRT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat fisikokimia pati walur alami antara lain memiliki kadar air 7,79%, kadar pati 80,09%, kadar amilosa 20,03%, kadar amilopektin 60,06%, *swelling power* 18,48 g/g, *solubility* 11,22%, viskositas 2865,00 cP, kadar oksalat 0,22 g/100g, granula pati berbentuk poligonal, utuh, tipe profil gelatinisasi A dan derajat putih 83,83%. Hasil modifikasi pati walur secara enzimatik menunjukkan perlakuan terbaik pada konsentrasi substrat 20% dengan lama inkubasi 18 jam menghasilkan nilai kadar air 2,70%, kadar pati 77,81%, kadar amilosa 29,84%, kadar amilopektin 47,97%, *swelling power* 11,03 g/g, *solubility* 14,91%, viskositas 379,67 cP, kadar oksalat 0,21 g/100g, bentuk granula pati menjadi tidak beraturan, tipe profil gelatinisasi C dan derajat putih 77,78%.

Kata kunci: pati walur, modifikasi, enzimatik, pullulanase

ABSTRACT

*Walur starch (*Amorphophallus variabilis*) has a high amylopectin content, causing its nature to be too sticky and not resistant to heat. To improve the physicochemical properties of walur starch, it is necessary to modify starch. one of which is the enzymatic modification of starch using debranching enzyme, which is the pullulanase enzyme. The purpose of this study was to determine the effect of substrate concentration and incubation time on the physicochemical characteristics of modified starch lines. This study uses a Completely Randomized Design with two factors factorial pattern with two replications. Factor I is the substrate concentration (10%; 15%; 20%), factor II is the incubation time (6 hours, 12 hours, 18 hours). The data were analyzed with Analysis of Variance (ANOVA), and further tests with DMRT. The results showed that the physicochemical properties of natural walur starch included water content of 7.79%, starch content of 80.09%, amylose content of 20.03%, amylopectin content of 60.06%, swelling power of 18.48 g / g, solubility 11.22%, viscosity 2865.00 cP, oxalate content 0.22 g/100g, starch granules in polygonal form, intact, gelatinization profile type A and white degree*

83.83%. The results of enzymaticly modified walur starch showed the best treatment at a substrate concentration of 20% with an incubation time of 18 hours produced a value of water content of 2.70%, starch content of 77.81%, amylose content of 29.84%, amylopectin content of 47.97%, swelling power 11.03 g / g, solubility 14.91%, viscosity 379.67 cP, oxalate content 0.21 g / 100g, starch granules become irregular, type of gelatinization profile C and white degree 77.78%.

Keywords : Walur starch, modification, enzymatic, pullulanase

PENDAHULUAN

Walur atau acung (*Amorphophallus variabilis*) atau kembang bangkai merupakan anggota marga *Amorphophallus* yang umumnya tumbuh agak liar di pekarangan-pekarangan di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera (Heyne, 1987). Hasil penelitian Saputra, (2012) menunjukkan bahwa umbi walur mengandung kadar pati 78.21% (berat kering) kadar amilosa 19.00% (berat kering), dan kadar amilopektin 59.21% (berat kering). Tingginya komponen amilopektin dalam pati menyebabkan sifatnya yang terlalu lengket dan tidak tahan terhadap panas, sehingga merupakan kendala dalam pemanfaatannya pada industri pangan (Cornejo-Ramirez *et al.*, 2018). Salah satu upaya untuk menghasilkan pati dengan amilosa yang tinggi adalah dengan memodifikasi pati secara enzimatik menggunakan *debranching enzymes* yaitu enzim yang mampu menghidrolisis ikatan α -1-6 pada pati. Dalam penelitian ini menggunakan *debranching enzymes* yaitu pullulanase (Harianie *et al.*, 2009).

Keuntungan modifikasi pati secara enzimatik adalah kerja enzim yang spesifik untuk mereduksi rantai amilopektin, sehingga pati menjadi lebih tahan terhadap panas dan

keamanan pangan terjamin (Jane, 1995). Modifikasi dengan enzim menghasilkan pati yang kekentalannya lebih stabil pada suhu panas maupun dingin dan sifat pembentukan gel yang baik (Koswara, 2009). Pati hasil modifikasi dengan enzim pullulanase mempunyai sifat yang unik, yaitu *thermoreversible*, daya kembang rendah, kelarutan yang tinggi dan kadar amilosa tinggi dan pati menjadi tahan terhadap suhu. Pati *thermoreversible* terlarut sempurna saat dipanaskan dan akan membentuk gel saat didinginkan dan akan kembali terlarut ketika dipanaskan kembali (Kaper *et al.*, 2003).

Belum ada laporan penelitian tentang modifikasi enzimatik pati walur dengan perlakuan konsentrasi substrat dan perbedaan waktu inkubasi, yang bertujuan untuk meningkatkan kadar amilosa pada pati walur. Konsentrasi substrat sangat berpengaruh pada keberhasilan produk yang terbentuk melalui reaksi enzimatik. Menurut Robinson,(2015) semakin lama waktu inkubasi maka akan semakin banyak enzim yang terdifusi ke dalam substrat sehingga produk yang dihasilkan akan semakin besar pula. Menurut Wolf *et al.*, (1977) beberapa struktur pati amilosa tinggi tidak berubah setelah dimasak, hal ini

menunjukkan bahwa pati dengan amilosa tinggi mempunyai ketahanan terhadap panas. Pati dengan kadar amilosa tinggi sesuai untuk diaplikasikan pada produk *edible film* Thirathumthavorn *et al.*, (2007) dimana akan menghasilkan *edible film* yang lentur dan kuat karena struktur amilosa memungkinkan pembentukan ikatan hidrogen antar molekul glukosa penyusunnya (Purwitasari, 2001). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi substrat dan lama inkubasi terhadap karakteristik fisik dan kimia pati walur termodifikasi.

METODOLOGI

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu umbi walur, enzim pullulanase, aquades dan buffer asetat 0,2 M, garam dan air.

Alat

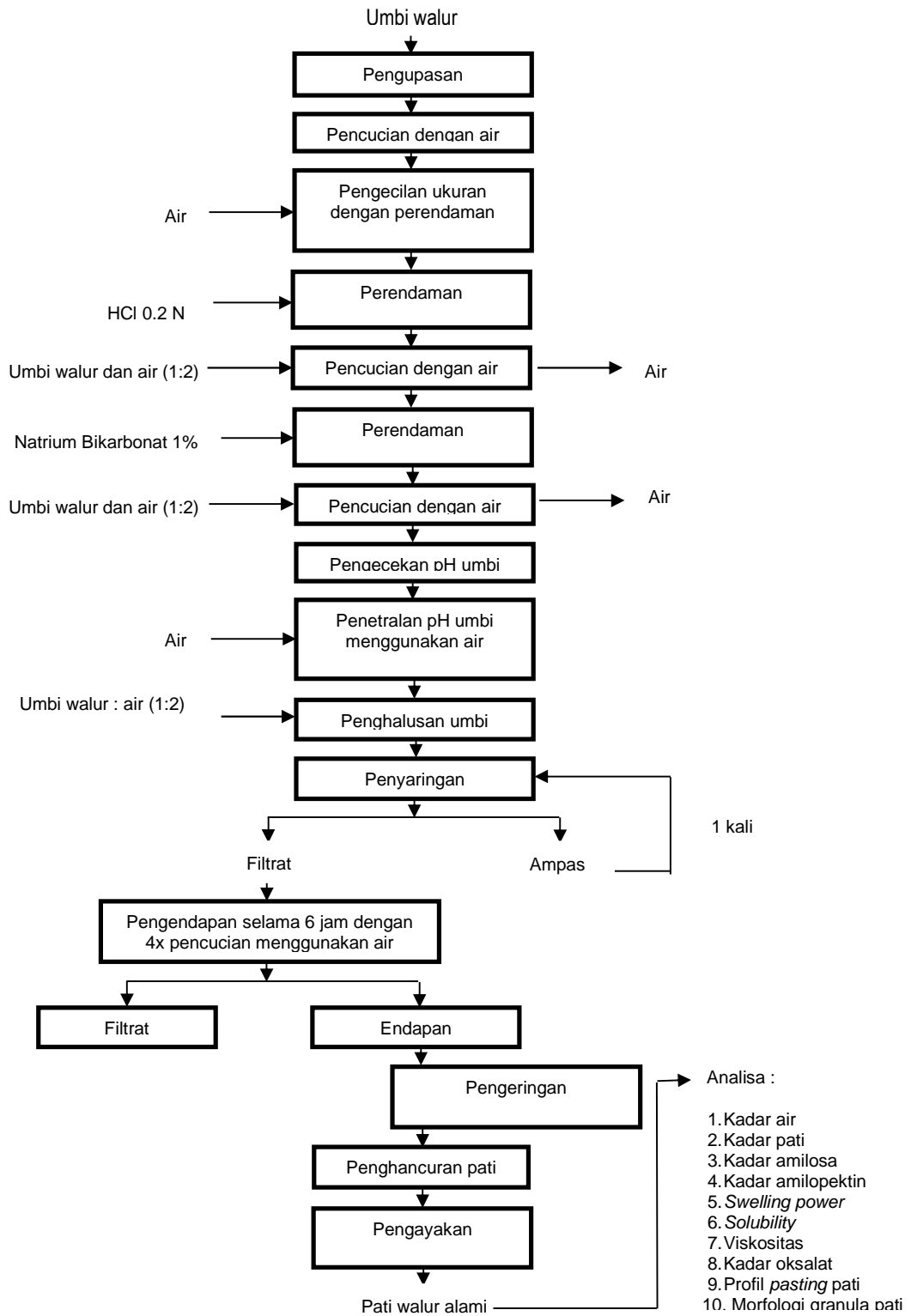
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *cabinet dryer, furnace (Thermolyne 48000)*, *viscometer (NDJ-8S Digital Rotary Viscometer)*, *spektrofotometer (Milton Roy Spectronic 21D)*, *Scanning Electron Microscopy (SEM) (Hitachi TM 300)*, *magnetic stirrer, blender*, ayakan 80 mesh, peralatan gelas, *waterbath (Memmert WNB7)*, *centrifuge (Tomy-MX105)*, timbangan analitik (Ohaus), desikator (Duran), oven (Memmert UN 110).

Metode penelitian

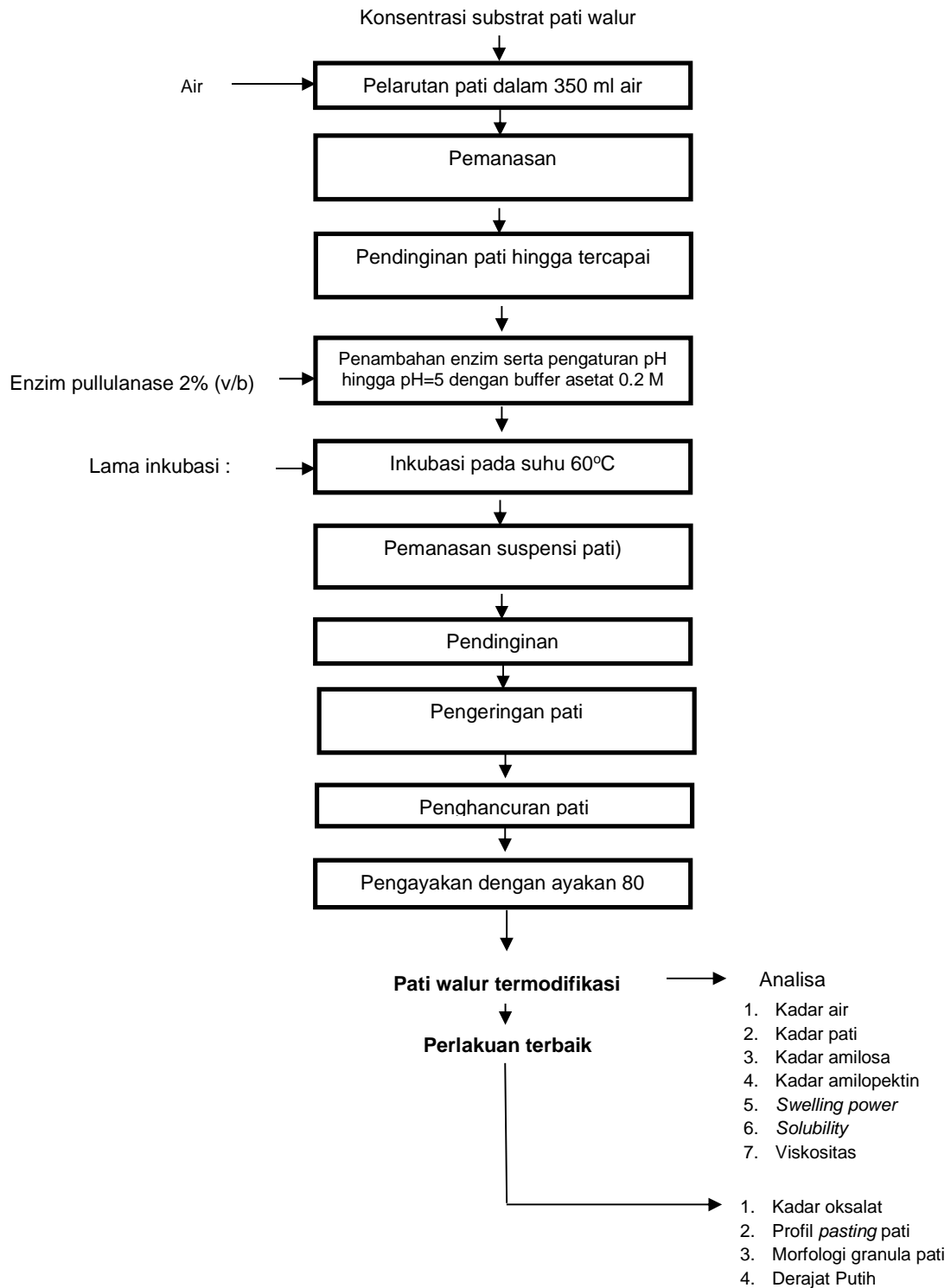
Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial dengan dua faktor dan dua kali ulangan. Faktor I adalah konsentrasi substrat (10%; 15%; 20%), sedangkan faktor II adalah lama inkubasi (6 jam, 12 jam, 18 jam). Data yang diperoleh dianalisa dengan *Analysis of Variance (ANOVA)*, dan diuji lanjut dengan *Duncan Multiple Range Test (DMRT)* pada tingkat kepercayaan 5 %.

Prosedur penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui dua tahapan penelitian meliputi : penelitian tahap 1 yaitu pembuatan pati walur alami (Gambar 1), dilanjutkan penelitian tahap 2 yaitu pembuatan pati walur termodifikasi (Gambar 2). Pengamatan dan analisis dilakukan pada pati walur alami dan pati walur termodifikasi meliputi analisis kadar air (AOAC, 2005), kadar pati (AOAC, 2005), kadar amilosa dan kadar amilopektin (IRRI, 1971 dalam Apriyantono, 1989), *Swelling Power* dan *Solubility* (Raina *et al.*, 2006), profil *pasting* pati dengan RVA (AACC, 2000), morfologi struktur granula pati dengan SEM (Murillo *et al.*, 2008), kadar oksalat (Savage *et al.*, 2000), derajat putih (Lanier *et al.*, 1991), Viskositas (AOAC, 2005).



Gambar 1. Diagram alir pembuatan pati walur alami



Gambar 2. Diagram alir pembuatan pati walur termodifikasi secara enzimatik

Hasil dan Pembahasan

Hasil Analisa Pati Walur Alami

Nilai rerata hasil analisis kadar air, kadar pati, kadar amilosa dan kadar amilopektin, *swelling power*, *solubility*, dan viskositas dari pati walur alami disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rerata bahan baku pati walur alami

Komponen Kimia	Hasil analisis (Rata-rata ± SD)	Literatur
Kadar air (%) (bb)	7,79 ± 0,08	7,65*
Kadar pati (%)	80,09 ± 0,02	78,21*
Kadar amilosa (%)	20,03 ± 0,03	19,00*
Kadar amilopektin (%)	60,06 ± 0,05	59,21*
<i>Swelling power</i> (g/g)	18,48 ± 0,04	20,36**
<i>Solubility</i> (%)	11,22 ± 0,03	13,63**
Viskositas (cP)	2865,00 ± 0,00	2400,00***

Sumber: * Saputra (2012), ** Anggraeni (2011), *** Richana dan Sunarti (2004)

Hasil Analisa Pati Walur Termodifikasi

Kadar Air

Hasil analisis ragam menunjukkan terdapat interaksi yang nyata ($p \leq 0,05$) antara perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi terhadap

kadar air pati walur termodifikasi. Demikian pula masing-masing perlakuan menunjukkan pengaruh yang nyata. Nilai rata-rata kadar air pati walur termodifikasi pada perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada Tabel 2, menunjukkan semakin tinggi konsentrasi substrat dan semakin lama inkubasi maka kadar air akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi substrat dan lama inkubasi mengakibatkan pemecahan pati oleh enzim semakin meningkat sehingga komponen amilosa yang dihasilkan setelah dimodifikasi semakin tinggi. Tingginya komponen amilosa dalam pati mengakibatkan pati mudah mengalami retrogradasi yang diikuti oleh peristiwa sineresis. Saat terjadi retrogradasi, molekul amilosa cenderung mengendap dari larutan dan melepaskan air, karena amilosa saling terikat kuat melalui ikatan hidrogen, sehingga kadar air pada pati termodifikasi ini mengalami penurunan (Harianie *et al.*, 2009). Selain itu, proses pengeringan dari pati termodifikasi ini dilakukan selama 18 jam sehingga kandungan air bebas dalam pati dapat teruapkan secara keseluruhan (Ramadani *et al.*, 2017).

Tabel 2. Nilai rata-rata kadar air pati termodifikasi dengan perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi

Perlakuan		Rata-rata Kadar Air (%)	DMRT	Notasi
Konsentrasi Substrat (%)	Lama Inkubasi (Jam)			
10	6	3,80 ± 0,08	-	a
10	12	3,43 ± 0,08	0,16	cd
10	18	3,30 ± 0,07	0,16	de
15	6	3,66 ± 0,02	0,16	ab
15	12	3,25 ± 0,06	0,16	ef
15	18	2,82 ± 0,05	0,15	g
20	6	3,57 ± 0,04	0,16	bc
20	12	3,10 ± 0,08	0,15	f
20	18	2,70 ± 0,07	0,16	g

Keterangan : Notasi yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan nyata pada $\alpha = 5\%$.

Kadar Pati

Hasil analisis ragam menunjukkan terdapat interaksi yang nyata ($p \leq 0,05$) antara perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi terhadap kadar pati pada pati walur termodifikasi. Demikian

pula masing-masing perlakuan menunjukkan pengaruh yang nyata. Nilai rata-rata kadar pati pada perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai rata-rata kadar pati dengan perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi

Perlakuan		Rata-rata Kadar Pati (%)	DMRT	Notasi
Konsentrasi Substrat (%)	Lama Inkubasi (Jam)			
10	6	76,47 ± 0,05	-	a
10	12	76,71 ± 0,08	0,16	b
10	18	76,92 ± 0,06	0,15	bc
15	6	77,11 ± 0,01	0,15	cd
15	12	77,30 ± 0,06	0,15	d
15	18	77,34 ± 0,02	0,15	e
20	6	77,48 ± 0,06	0,15	f
20	12	77,50 ± 0,09	0,14	g
20	18	77,81 ± 0,07	0,16	h

Keterangan : Notasi yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan nyata pada $\alpha = 5\%$.

Tabel 3. menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi substrat dan semakin lama inkubasi maka kadar pati akan mengalami

peningkatan secara nyata. Hal ini disebabkan karena dengan semakin tingginya konsentrasi substrat maka pati yang tersedia semakin banyak

sehingga degradasi enzim pada pati semakin tinggi. Hal ini ditunjukkan oleh hasil analisa kadar amilosa yang mengalami peningkatan pada konsentrasi substrat yang semakin tinggi. Peningkatan kadar amilosa mengakibatkan terbentuknya kristal diantara amilosa sehingga pati mengalami peningkatan (Laga, 2006).

Kadar Amilosa

Hasil analisis ragam menunjukkan terdapat interaksi yang nyata ($p \leq 0,05$) antara perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi terhadap kadar amilosa pati walur termodifikasi. Demikian pula masing-masing perlakuan menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap kadar amilosa pati walur termodifikasi. Nilai rata-rata kadar amilosa pada pati walur termodifikasi pada perlakuan penambahan konsentrasi substrat dan lama inkubasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Hasil pengamatan (Tabel 4), menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi substrat dan

semakin lama waktu inkubasi maka kadar amilosa akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena semakin banyak substrat yang tersedia maka enzim pullulanase dapat memotong rantai cabang dari amilopektin semakin banyak. Demikian pula, semakin lama waktu inkubasi maka semakin banyak rantai cabang amilopektin yang dapat dipotong oleh enzim pullulanase karena enzim ini bekerja secara spesifik untuk memotong amilopektin menjadi amilosa sehingga kadar amilosa semakin meningkat. Laga (2006), melaporkan bahwa peningkatan jumlah amilosa terjadi akibat putusnya rantai cabang amilopektin pada ikatan α 1-6 glikosida. Secara otomatis jumlah rantai cabang amilopektin akan berkurang dan meningkatkan jumlah rantai lurus amilosa sebagai hasil pemutusan ikatan cabang amilopektin.

Tabel 4. Nilai rata-rata kadar amilosa dengan perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi

Perlakuan		Rata-rata Kadar Amilosa (%)	DMRT	Notasi
Konsentrasi Substrat (%)	Lama Inkubasi (Jam)			
10	6	24,07 ± 0,07	-	a
10	12	25,02 ± 0,01	0,15	b
10	18	25,67 ± 0,09	0,16	c
15	6	26,08 ± 0,09	0,16	c
15	12	26,58 ± 0,06	0,17	d
15	18	27,17 ± 0,06	0,17	e
20	6	27,70 ± 0,06	0,17	f
20	12	28,67 ± 0,07	0,17	g
20	18	29,84 ± 0,06	0,17	h

Keterangan : Notasi yang beda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan nyata pada $\alpha = 5\%$.

Kadar amilopektin

Hasil analisis ragam menunjukkan terdapat interaksi yang nyata ($p \leq 0,05$) antara perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi terhadap kadar amilopektin pati walur termodifikasi. Demikian pula masing-masing perlakuan mempunyai pengaruh yang nyata. Nilai rata-rata kadar amilopektin pati walur termodifikasi pada perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 6, menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi substrat dan semakin lama inkubasi mengakibatkan terjadinya penurunan kadar amilopektin. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi substrat dan lama inkubasi mengakibatkan semakin banyak rantai cabang pada amilopektin yang mengalami *debranching* menjadi rantai lurus sehingga kadar amilopektin mengalami penurunan (Laga, 2002 ; Babu dan Parimalavalli, 2018^b)

Tabel 5. Hasil analisa kadar amilopektin dengan perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi

Perlakuan		Kadar Amilopektin (%)	DMRT	Notasi
Konsentrasi Substrat (%)	Lama Inkubasi (Jam)			
10	6	52,40 ± 0,18	-	a
10	12	51,69 ± 0,01	0,24	b
10	18	51,25 ± 0,09	0,24	c
15	6	51,03 ± 0,04	0,24	d
15	12	50,72 ± 0,04	0,24	e
15	18	50,17 ± 0,06	0,23	f
20	6	49,78 ± 0,04	0,23	g
20	12	48,83 ± 0,10	0,22	h
20	18	47,97 ± 0,16	0,24	i

Keterangan : Notasi yang beda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan nyata pada $\alpha = 5\%$.

Swelling Power

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan terdapat interaksi yang nyata ($p \leq 0,05$) antara perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi terhadap *swelling power* pati walur termodifikasi. Demikian pula masing-masing perlakuan mempunyai pengaruh yang nyata. Nilai rata-rata *swelling power* pati walur termodifikasi pada perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6, menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi substrat dan semakin lama waktu inkubasi maka nilai *swelling power* akan semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh semakin tingginya konsentrasi substrat dan lama waktu inkubasi mengakibatkan semakin tingginya kadar amilosa yang dihasilkan akibat dari *debranching* oleh pullulanase. Semakin tinggi kadar amilosa mengakibatkan terjadinya perubahan pada daerah amorf karena ikatan antar

molekul menjadi lebih kuat disebabkan oleh kristal yang terbentuk diantara rantai lurus amilosa sehingga dapat menurunkan kemampuan mengembang pada pati karena air sulit

berpenetrasi kedalam granula (Singh *et al.*, 2004). Menurut Babu dan Parimalavalli (2012^a), kapasitas pembengkakan dipengaruhi oleh ukuran granula, amilosa-lipid kompleks dan struktur amilopektin.

Tabel 6. Hasil analisa *swelling power* dengan perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi

Perlakuan		Swelling Power (g/g)	DMRT	Notasi
Konsentrasi Substrat (%)	Lama Inkubasi (Jam)			
10	6	13,72 ± 0,06	-	a
10	12	13,42 ± 0,02	0,08	b
10	18	13,20 ± 0,02	0,08	c
15	6	13,01 ± 0,01	0,08	d
15	12	12,89 ± 0,03	0,07	e
15	18	12,78 ± 0,04	0,08	f
20	6	12,29 ± 0,04	0,08	g
20	12	11,88 ± 0,01	0,07	h
20	18	11,03 ± 0,01	0,08	i

Keterangan : Notasi yang beda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan nyata pada $\alpha = 5\%$.

Solubility

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan terdapat interaksi yang nyata ($p \leq 0,05$) antara perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi terhadap *solubility* pati walur termodifikasi.

Demikian pula antara masing-masing perlakuan mempunyai pengaruh yang nyata. Nilai rata-rata *solubility* pati walur termodifikasi pada perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil analisa *solubility* dengan perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi

Perlakuan		Solubility (%)	DMRT	Notasi
Konsentrasi Substrat (%)	Lama Inkubasi (Jam)			
10	6	12,88 ± 0,02	-	a
10	12	13,05 ± 0,01	0,07	b
10	18	13,38 ± 0,03	0,07	c
15	6	13,61 ± 0,02	0,07	d
15	12	13,94 ± 0,04	0,07	e
15	18	14,13 ± 0,01	0,07	f
20	6	14,44 ± 0,06	0,07	g
20	12	14,72 ± 0,01	0,07	h
20	18	14,91 ± 0,01	0,07	i

Keterangan : Notasi yang beda pada kolom yang sama menunjukkan perlakuan memberikan pengaruh nyata pada selang kepercayaan 95%

Tabel 7, menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi substrat dan semakin lama waktu inkubasi maka nilai *solubillity* akan semakin meningkat. Hal ini dapat terjadi karena semakin tinggi konsentrasi substrat dan lama inkubasi mengakibatkan kenaikan pada komponen amilosa, sedangkan komponen amilopektin juga semakin menurun. Amilosa memiliki sifat yang mudah larut dalam air dibandingkan amilopektin sehingga semakin tingginya komponen amilosa mengakibatkan *solubility* mengalami peningkatan (Artiani dan Avrelina, 2009).

Viskositas

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan terdapat interaksi yang nyata ($p \leq 0,05$) antara perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi terhadap viskositas pati walur termodifikasi. Demikian pula antara masing-masing perlakuan mempunyai pengaruh yang nyata terhadap viskositas pati walur termodifikasi. Nilai rata-rata viskositas pada pati walur termodifikasi pada perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil analisa viskositas dengan perlakuan konsentrasi substrat dan lama inkubasi

Perlakuan		Viskositas (cP)	DMRT	Notasi
Konsentrasi Substrat (%)	Lama Inkubasi (Jam)			
10	6	702,65 ± 0,01	-	a
10	12	665,54 ± 0,00	0,03	b
10	18	621,04 ± 0,02	0,03	c
15	6	602,01 ± 0,01	0,03	d
15	12	586,43 ± 0,01	0,03	e
15	18	543,87 ± 0,01	0,03	f
20	6	487,86 ± 0,01	0,03	g
20	12	401,55 ± 0,01	0,03	h
20	18	379,67 ± 0,01	0,03	i

Keterangan : Notasi yang beda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan nyata pada $\alpha = 5 \%$.

Tabel 8, menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi substrat dan semakin lama waktu inkubasi maka nilai viskositas akan semakin rendah. Karena semakin tinggi konsentrasi substrat dan semakin lama waktu inkubasi mengakibatkan semakin banyaknya komponen amilosa yang terkandung dalam pati akibat *debranching* amilopektin oleh enzim pullulanase, sehingga terjadi peningkatan amilosa. Semakin

tinggi amilosa mengakibatkan proses retrogradasi pada pati menjadi lebih tinggi sehingga pati menjadi lebih sulit mengembang selama proses pemanasan karena adanya ikatan hidrogen yang kuat sehingga viskositas pada pati mengalami penurunan. Hal ini berkaitan juga dengan kandungan amilopektin yang semakin berkurang. Amilopektin berperan pada pembentukan gel pada pati, sehingga rendahnya amilopektin

mengakibatkan viskositas dari pati termodifikasi menjadi menurun (Wulan dkk, 2007; Harianie dkk., 2009). Sebagaimana dilaporkan Laga (2002), bahwa penurunan viscositas akibat proses *debranching* amilopektin yang terkonversi menjadi fraksi amilosa. Whitt et al. (2002), juga melaporkan bahwa amilopektin memiliki efek yang lebih kuat terhadap viskositas akibat strukturnya yang bercabang dan lebih terbuka jika dibandingkan amilosa. Amilopektin dapat mengentalkan pasta seiring dengan kenaikan suhu.

Perlakuan Terbaik

Pemilihan perlakuan terbaik didasarkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Harianie *et al.* (2009), dimana perlakuan terbaik ditunjukkan pada hasil kadar amilosa tertinggi. Pati yang berkadar amilosa tinggi mempunyai kekuatan ikatan hidrogen yang lebih kuat karena jumlah rantai lurus yang banyak dalam granulanya (Smith, 1982).

Kadar Oksalat

Hasil analisa kadar oksalat dari pati walur alami dan pati walur termodifikasi disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil analisa kadar oksalat

Pati Walur	Kadar Oksalat (g/100 g)
Alami	0,22
Termodifikasi	0,21

Tabel 9, menunjukkan bahwa kadar oksalat antara pati alami dan pati termodifikasi tidak menunjukkan adanya perbedaan nyata. Hal ini

diduga perlakuan enzimatik tidak berpengaruh pada kadar oksalat pati walur, sehingga pati walur termodifikasi memiliki kadar oksalat yang sama dengan pati alaminya. Selain itu kalsium oksalat dapat hilang jika diberi perlakuan pendahuluan seperti perendaman dengan senyawa asam atau basa seperti HCl, NaOH, NaCl akan tetapi pada metode enzimatik ini tidak menggunakan bahan kimia tersebut. Menurut Lukitaningsih *et al.*, (2010), untuk menghilangkan kandungan kalsium oksalat, salah satunya dapat dilakukan dengan perlakuan kimia dengan cara melarutkan kalsium oksalat dalam pelarut kimia sehingga mendekomposisi kalsium oksalat menjadi asam oksalat yang larut dalam air.

Derajat Putih

Tabel 10. Hasil analisa derajat putih pada pati walur

Pati Walur	Warna	
Alami	L*	83,83
	a*	-2,2
	b*	9,4
Termodifikasi	L*	77,78
	a*	-16,5
	b*	15,89

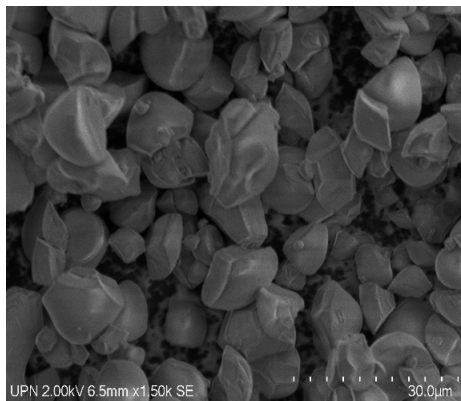
Tabel 10, menunjukkan terjadinya penurunan warna pada derajat keputihan pati alami dengan pati termodifikasinya. Perbedaan ini disebabkan pada saat proses inkubasi dan pengeringan, pati termodifikasi terkena panas selama 18 jam pada suhu 60°C dan 50°C. Hal ini sesuai dengan pernyataan Herawati (2012), bahwa waktu reaksi sangat berkaitan dengan perubahan warna yang terjadi pada pati. Selain itu, pemanasan juga

menurunkan tingkat kecerahan tepung ataupun pati. Penurunan kecerahan pati juga diakibatkan karena lamanya intensitas panas yang diterima selama proses pengeringan.

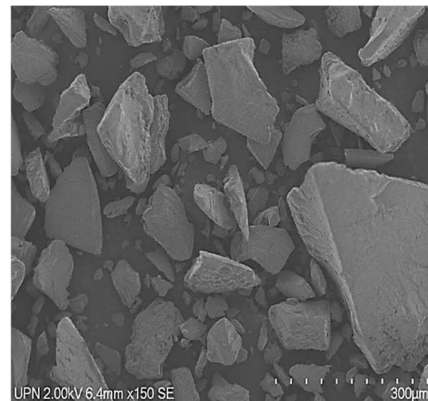
Morfologi Granula Pati

Hasil analisa *Scanning Electron Micrographs* (SEM) menunjukkan bahwa pati walur alami memiliki bentuk polional dan utuh sedangkan pati walur termodifikasi mengalami perubahan yaitu bentuk granula tidak beraturan dan rusak akibat aktivitas enzim. Menurut Miao *et al.*, (2009) dan Srichuwong *et al.*,(2005) bahwa

granula pati yang telah dimodifikasi akan mengalami kerusakan setelah dilakukan pemasakan, pemutusan ikatan cabang dan pengeringan. Akibat semua perlakuan, sampel akan mengalami perubahan yang ditunjukkan pada perubahan bentuk granula pati yang menjadi tidak beraturan dengan ukuran yang tidak seragam (Shi *et al.*, 2013). Hasil *scanning electron micrographs* dengan perbesaran 1500x pati walur (a) alami dan (b) termodifikasi. dapat dilihat pada Gambar 3.



(a)



(b)

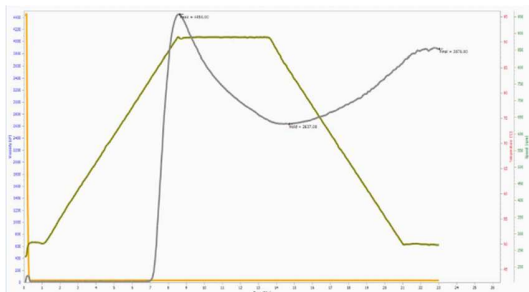
Gambar 3. Hasil *scanning electron micrographs* dengan perbesaran 1500x pati walur (a) alami dan (b) termodifikasi.

Profil Pasting Pati

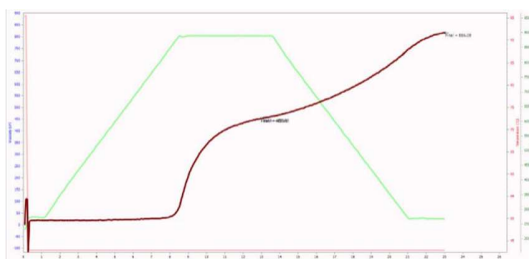
Profil *pasting* pati dari pati walur dianalisa menggunakan alat RVA. Hasil penelitian menunjukkan pati walur memiliki viskositas puncak yang tinggi dan cepat mengalami pengenceran selama pemanasan (Gambar 4). Berdasarkan karakteristik tersebut pati walur memiliki tipe profil

gelatinisasi tipe A. Tipe A adalah jenis pati yang memiliki kemampuan pengembangan yang tinggi. Granula pati dari tipe ini mengembang dengan mudah ketika dipanaskan dalam air dan ikatan internalnya menjadi lemah sehingga menjadi tidak tahan terhadap pengadukan. Kurva viskositas tipe ini menghasilkan puncak viskositas yang tinggi

diikuti dengan pengenceran secara cepat selama pemasakan (Schoch dan Maywald, 1968).



Gambar 4. Hasil analisa RVA pati walur alami.



Gambar 5. Hasil analisa RVA pati walur termodifikasi

Gambar 5, menunjukkan pati walur termodifikasi tidak memiliki kurva viskositas puncak dan *breakdown* yang menandakan bahwa pati walur termodifikasi ini memiliki pengembangan yang rendah tetapi memiliki ketahanan terhadap panas. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Schoch dan Maywald (1968) bahwa pati yang mengalami pengembangan terbatas ditunjukkan dengan tidak adanya viskositas maksimal dan viskositas *breakdown* yang menunjukkan bahwa pati memiliki ketahanan terhadap panas yang tinggi. Selain itu, viskositas *setback* dan viskositas akhir juga menunjukkan peningkatan, hal ini karena pasta pati mudah mengalami retrogradasi

pada saat fase pendinginan akibat tingginya kadar amilosa pada bahan

KESIMPULAN

Konsentrasi substrat sebesar 20% dengan lama inkubasi 18 jam merupakan perlakuan terbaik yang menghasilkan pati walur termodifikasi dengan kadar air 2,70%, kadar pati 77,81%, kadar amilosa 29,84%, kadar amilopektin 47,97%, *swelling power* 11,03 g/g, *solubility* 14,91%, viskositas 379,67 cP, kadar oksalat 0,21 g/100g, granula pati berbentuk tidak beraturan dan rusak (tidak utuh) dengan profil gelatinisasi tipe C dan derajat putih 77,78%

Daftar pustaka

- AACC (*American Association of Cereal Chemists*). (2000). *AACC International Approved Methods of Analysis*, eleventh ed. St. Paul, MN, USA.
- AOAC (*Association of Analytical Communities*). (2005). *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists. Benjamin Franklin Station, Washington.
- Apriyanto, A., Fardiaz, D., Puspitasari, N.L., Sedarnawati, dan Budijanto, S. (1989). *Analisis Pangan*. IPB Press, Bogor.
- Artiani, P.A. dan Avrelina, Y.R. (2009). *Modifikasi Cassava starch* untuk Produk Pangan. Laporan Penelitian. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Babu, A.S. and Parimalavalli, R. (2012^a). Functional and chemical properties of starch isolated from tubers. *International Journal of Agricultural and Food Science* 2(3):77-80.

- Babu, A.S. and Parimalavalli, R. (2018^b). Effect of Pullulanase Debranching and Storage Temperatures on Structural Characteristics and Digestibility of Sweet Potato Starch. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 17:208-216.
- Cornejo-Ramírez, Y. I., Martínez-Cruz, O., Del Toro-Sánchez, C. L., Wong-Corral, F. J., Borboa-Flores, J. and Cinco-Moroyoqui, F.J. (2018). The structural characteristics of starches and their functional properties. *CyTA-Journal of Food* 16(1): 1003-1017.
- Harianie, L., Yunianta. dan Argo, B.D. (2009). Pembuatan Pati Tinggi Amilosa secara Enzimatis dari Pati Ubi Kayu (*Manihot esculanta*) dan Aplikasinya untuk Pembuatan Maltosa. *El-Hayah* 1:14-24.
- Herawati. (2012). Teknologi Proses Produksi Food Ingredients pada Tapioka Termodifikasi. *Jurnal Litbang Pertanian* 31: 68-76.
- Heyne, K. (1987). Tumbuhan Berguna Indonesia III: 1784-5. Jakarta: Badan Litbang Kehutanan, Departemen Kehutanan.
- Jane, J. J. M. S. (1995). Starch properties, modifications, and applications. *Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry* 32(4):751-757.
- Kaper, T., Van Der Maarel, M.J.E.C., Eunverik, G.J.W. and Dijkhuizen, L. (2003). Exploring and Exploiting Starch-Modifying Pullulanase. *Journal of Biochemical Society Transaction* 32:279-282.
- Koswara, S. (2009). Teknologi Modifikasi Pati. E-book Pangan. co
- Laga, A. (2002). Produksi Siklodextrin menggunakan Substrat Tapioka Terlikuifikasi dengan Aseptor Minimal. IPB, Bogor.
- Laga, A. (2006). Pengembangan Pati Termodifikasi dari Substrat Tapioka dengan Optimalisasi Pemotongan Rantai Cabang Menggunakan Enzim Pullulanase. Prosiding Seminar Nasional PATPI, Yogyakarta.
- Lanier, T.C., Hart, K. And Martin, R.E. (1991). A Manual of Standart Methods for Measuring and Specifying the Properties of Surimi. National Fisheries Institute, Washington, DC.
- Lukitaningsih, E., Rumiya, R., Puspitasari, I. and Christiana, M. (2012). Analysis of Macronutrien content, Glycemic Index and Calcium Oxalate Elimination in *Amorphophallus Campanulatus* (Roxb.). *Jurnal Natural* 12:23-28.
- Srichuwong, S., Sunarti, T. C., Mishima, T., Isono, N. and Hisamatsu, M. (2005). Starches from different botanical sources I: Contribution of amylopectin fine structure
- Miao, M., Jiang, B. and Zhang, T. (2009). Effect of Pullulanase Debranching and Recrystallization on Structure and Digestibility of Waxy Maize Starch. *Carbohydrate Polymers* 76(2):214-221.
- Murillo, C.E.C., Wang, Y.I. and Perez, L.A.B. (2008). Morphological, Physicochemical and Structural Characteristics of Oxidized Barley and Corn Starches. *Starch/ Starke* 60:634-645.
- Purwitasari, D. (2001). Pembuatan *Edible Film* (Kajian Suspensi Tapioka dan Konsentrasi Karaginan terhadap Sifat Fisik *Edible Film*). Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Skripsi (Tidak Dipublikasikan).
- Raina, C., Singh, S., Bawa, A. and Saxena, D. (2006). Some Characteristics of Acetylated, Cross-Linked and Dual Modified Indian

- Rice Starches. *European Food Research and Technology* 223: 561-570.
- Ramadani, R.W., Yahya, H.M. dan Palla, J. (2017). Perubahan Kadar Air dan Kadar Pati Ubi Kayu (*Manihot utilissima*) Selama Pengeringan Menggunakan Room Dryer. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian* 3:102-111.
- Robinson, P. K. (2015). Enzymes: Principles and Biotechnological Applications. *Essays in biochemistry*, 59, 1-41.
- Saputra, K.A. (2012). Modifikasi Pati Walur (*Amorphophallus campanulatus* var. *Sylvestris*) dengan Heat Moisture Treatment (HMT) serta Karakterisasi Sifat Fisiko-Kimia dan Sifat Fungsionalnya. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Savage, G.P., Vanhanen, L., Mason, S.L. and Ross, A.B. (2000). Effect of Cooking on The Soluble and Insoluble Oxalate Content of Some New Zealand Foods. *J. Food Comp. Anal* 13:201-206.
- Scoch, T.J. and Maywald, E.C. (1968). Preparation and Properties of Various Legume Starches. *Cereal Chemistry* 45:546-573.
- Shi, M., Chen, Y., Yu, S. and Gao, Q. (2013). Preparation and Properties of RS III from Waxy Maize Starch with Pullulanase. *Food Hydrocolloids* 33:19-25.
- Singh, N., Sandhu, K. S. and Kaur, M. (2004). Characterization of Starches Separated from Indian Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars. *Journal of Food Engineering* 63(4): 441-449.
- Smith, P.S. (1982). Starch derivatives and Their Uses in Foods. AVI Publishing Co. Inc, Westport, Connecticut.
- Thirathumthavorn, D. and Charoenrein, S. (2007). Aging effects on sorbitol-and non-crystallizing sorbitol-plasticized tapioca starch films. *Starch-Stärke* 59(10): 493-497.
- Whitt, S. R., Wilson, L. M., Tenailon, M. I., Gaut, B. S., & Buckler, E. S. (2002). Genetic diversity and selection in the maize starch pathway. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(20), 12959-12962.
- Wolf, M.J., Khoo, U. and Inglett, G.E. (1977). Partial Digestibility of Cooked Amylomaized Starch in Humans and Mice. *Starch-Stärke* 29(12): 401-405.
- Wulan, S.N., Widyaningsih, T.D. dan Ekasari, D. (2007). Modifikasi Pati Alami dan Pati Hasil Pemutusan Rantai Cabang Untuk Meningkatkan Kadar Pati Resisten Pada Pati Beras. *Jurnal Teknologi Pertanian* 8: 80-87.