

ANALISIS SIFAT FISIKOKIMIA DAN UJI KORELASI REGRESI ANTARA NILAI DERAJAT SUBSTITUSI DENGAN SWELLING POWER DAN SOLUBILITY PADA TEPUNG GADUNG (*Dioscorea hispida* Dennst) TERASETILASI

Rizka Amalia^{1*}, Andri Cahyo Kumoro²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Batik Politeknik Pusmanu Pekalongan

²⁾Program Studi Teknik Kimia Universitas Diponegoro

*Email : riz.chemicalia@gmail.com

Abstrak

Pemanfaatan gadung (*Dioscorea hispida* Dennst) sebagai bahan baku dalam produksi makanan memiliki keterbatasan berkaitan dengan sifat fisikokimia tepungnya. Asetilasi merupakan salah satu metode modifikasi pati yang dapat digunakan untuk meningkatkan sifat fisikokimia pati, yakni swelling power, solubility, dan derajat substitusi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh rasio reaktan (asam asetat:tepung), waktu, dan pH reaksi terhadap nilai swelling power, solubility, dan derajat substitusi tepung gadung terasetilasi, serta mengetahui apakah nilai derajat substitusi berkorelasi dengan nilai swelling power dan solubility atau tidak. Asetilasi dilakukan dengan mendispersikan 20 gram tepung gadung ke dalam 100 mL akuades. Kemudian pH diatur hingga nilai tertentu (8, 9, dan 10) dengan penambahan NaOH 1 M. Slurry diaduk selama 30 menit. Setelah itu, asam asetat dengan rasio tertentu 1:3, 1:4, dan 1:5 (b/b) ditambahkan secara perlahan ke dalam campuran reaksi. pH campuran dijaga ke kondisi awal dengan penambahan NaOH 1 M. Reaksi dibiarkan berlangsung sesuai dengan waktu yang diinginkan (10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit). Reaksi dihentikan dengan penambahan HCl 1 M sampai pH 5,5. Tepung terasetilasi kemudian disaring dan dicuci dengan air suling sebanyak 3 kali dengan rasio berat tepung : air pencuci sebesar 1:3 (b/v). Tepung dikeringkan pada suhu 50°C dan digiling halus hingga 80 mesh. Kemudian dilakukan analisis terhadap nilai swelling power, solubility, dan derajat substitusi pada tepung gadung terasetilasi. Analisis korelasi diselesaikan dengan menggunakan SPSS Statistic 20. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimal diperoleh pada pati yang dimodifikasi dengan rasio reaktan 1:3, pH 8, dan waktu reaksi 30 menit, dengan nilai swelling power, solubility, dan derajat substitusi sebesar 7,3 g/g; 18,6 %; dan 0,033; dimana nilai ini setara dengan tepung gandum Korea (swelling power 7,3-8,5 g/g). Berdasarkan uji korelasi dan uji regresi didapatkan hasil bahwa derajat substitusi berkorelasi negatif secara signifikan terhadap nilai solubility ($r=-0,580$), tetapi tidak memberikan pengaruh untuk swelling power ($r=0,033$).

kata kunci : gadung, asetilasi, swelling power, solubility, derajat substitusi, korelasi

PENDAHULUAN

Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst.) merupakan salah satu jenis umbi-umbian yang banyak dijumpai di Indonesia selama musim kemarau. Kandungan karbohidratnya yang tinggi menyebabkan umbi gadung dijadikan sebagai bahan makanan pokok selama Perang Dunia II, terutama di daerah tropis dan sub tropis (Liu *et al.*, 2006). Pati tahan cerna (*resistant starch*) yang terdapat dalam umbi gadung bermanfaat untuk mengurangi resiko obesitas dan diabetes (Aprianita dkk., 2009). Selain itu, sebagai sumber karbohidrat, umbi gadung tidak mengandung gluten, sehingga cocok untuk dikonsumsi bagi orang-orang yang alergi terhadap gluten dan penderita *Celiac Disease* (Sasikiran and Padmaja, 2002). Masalah utama yang berhubungan dengan terbatasnya pemanfaatan gadung

sebagai bahan makanan bagi manusia adalah adanya bahan antinutrisi yang terkandung di dalamnya, yakni hidrogen sianida (Edijala *et al.*, 1999). Metode pengolahan yang efektif untuk mengurangi kandungan racun di dalam umbi gadung telah berhasil dilakukan hingga mencapai nilai yang aman untuk dikonsumsi, yaitu dengan cara perendaman dalam air mengalir (*leaching*) yang diikuti dengan pengukusan (Kumoro dkk., 2011).

Tepung dari umbi-umbian, yang mengandung pati alami, telah banyak digunakan sejak zaman kuno sebagai bahan baku pembuatan berbagai produk. Pati digunakan untuk berbagai fungsi seperti pengental, penstabil, pemberi tekstur, pembentuk gel dan film, enkapsulasi, menjaga kelembaban dan memperpanjang masa simpan (Singh *et al.*, 2004). Pati juga digunakan untuk

menjaga kelembaban pada makanan yang dipanggang, berperan sebagai zat *anticaking* pada *baking powder* dan sebagai media pembentuk pada permen (Considirie, 1982). Namun, pemanfaatan pati yang terkandung dalam tepung alami masih sangat terbatas karena sifat fisik dan kimianya yang kurang sesuai untuk digunakan secara luas. Oleh karena itu, modifikasi secara kimia perlu dilakukan agar diperoleh pati dengan sifat-sifat yang dikehendaki dan lebih tahan terhadap air (Peltonen and Harju, 1996).

Modifikasi pati dapat dilakukan secara kimia, fisika, dan enzimatis untuk meningkatkan sifat fungsional yang diinginkan (Ageboola *et al.*, 1991). Salah satu pati yang dihasilkan dari modifikasi secara kimia adalah pati asetat. Pati asetat diperoleh dari esterifikasi pati alami dengan asam asetat (Jarowenko, 1986). Rutenberg and Solarek (1984) melaporkan bahwa masuknya gugus asetil pada pati dapat mengurangi kekuatan ikatan diantara molekul pati sehingga dapat meningkatkan daya kembang dan kelarutan, mengurangi koagulasi pati, dan meningkatkan *freeze thaw stability*. Pati asetat banyak digunakan dalam berbagai macam makanan termasuk makanan yang dipanggang, pengisi *pie*, saus, sup, makanan beku, makanan bayi, *salad dressing*, dan makanan ringan (Wurzburg, 1995).

Seperti pada umumnya reaksi kimia, reaksi asetilasi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti konsentrasi reaktan, waktu reaksi, pH, dan katalis (Whistler and Daniel, 1995), yang pada akhirnya menentukan jumlah gugus asetil yang masuk ke dalam molekul pati. Pada penelitian ini akan dikaji mengenai pengaruh rasio reaktan (asam asetat:tepung), waktu reaksi, dan pH terhadap nilai *swelling power*, *solubility*, dan derajat substitusi pada tepung gadung. DS (Derajat Substitusi) menyatakan jumlah rata-rata gugus per anhidroglukosa unit yang disubstitusikan oleh gugus lain. Pati termodifikasi memiliki nilai DS 0,1, dimana rata-rata terdapat 1 gugus yang disubstitusi setiap 10 unit anhidroglukosa (Wurzburg, 1989). Garg and Jana (2010) dalam penelitian asetilasi pada pati jagung menyebutkan bahwa peningkatan nilai DS sampai nilai tertentu akan meningkatkan nilai *solubility*, sedangkan pada nilai DS yang lebih tinggi akan menurunkan nilai *solubility* nya, sejalan dengan penelitian Diop, et al. (2010).

Dari beberapa penelitian yang sudah ada, belum banyak yang mengkaji mengenai korelasi antara nilai derajat substitusi dengan nilai *swelling power* dan *solubility*. Penelitian yang membahas mengenai hubungan derajat substitusi dengan *solubility* adalah penelitian yang dilakukan oleh Garg and Jana (2010) dan Diop, et al., (2010) pada pati jagung, namun untuk pengujian korelasi secara statistik belum pernah dilakukan sebelumnya.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan baku penelitian ini adalah umbi gadung yang diperoleh dari petani Gunung Pati, Semarang, Jawa Tengah dalam bentuk kepingan siap olah menjadi tepung. Akuades diperoleh dari *Reverse Osmosis Unit* yang tersedia di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Sementara itu, semua reagen kimia dengan kualitas analisis ($\geq 99.90\%$ b/b) diperoleh dari distributor resmi Sigma-Aldrich Pte. Ltd.

Alat utama penelitian pada proses asetilasi antara lain *hot plate magnetic stirrer*, peralatan gelas, pompa hisap, oven, alat penggiling, loyang, dan *USA standard testing sieve* ASTM E-11 *specification* ukuran 80 mesh,. Alat pada analisa sifat fisikokimia tepung gadung yaitu termometer, pengaduk, kompor listrik, oven, cawan porselen, tube dan mesin *centrifuge Hettich zentrifugen D-78532 type 1004*, neraca analitik, serta beberapa set peralatan analisis kimia yang tersedia di Laboratorium Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Modifikasi Tepung Umbi Gadung dengan Teknik Asetilasi

Asetilasi dilakukan dengan mendispersikan 20 gram tepung gadung ke dalam 100 mL akuades. Kemudian dilakukan pengaturan pH sampai nilai tertentu (8, 9, dan 10) dengan penambahan NaOH 1 M. *Slurry* diaduk selama 30 menit. Setelah itu, asam asetat dengan rasio tertentu 1:3, 1:4, dan 1:5 (b/b) ditambahkan secara perlahan ke dalam campuran reaksi. pH campuran dijaga ke kondisi awal dengan penambahan NaOH 1 M. Reaksi dibiarkan berlangsung sesuai dengan waktu yang diinginkan (10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit). Reaksi dihentikan dengan penambahan HCl 1 M sampai pH 5,5. Tepung terasetilasi kemudian disaring dan dicuci dengan air suling sebanyak 3 kali dengan rasio

tepung : air pencuci sebesar 1:3 (b/v). Tepung dikeringkan pada suhu 50°C dan digiling halus hingga 80 mesh. Tepung yang dihasilkan selanjutnya dilakukan analisis terhadap nilai *swelling power*, *solubility*, dan derajat substitusi.

Teknik Analisis

Analisis *Swelling Power*

Analisis *swelling power* (Leach *et al.*, 1959) dilakukan dengan melarutkan 0,1 gram *starch acetate* dalam 10 ml aquadest dan dipanaskan menggunakan *water bath* dengan temperatur 60°C selama 30 menit. Kemudian dicentrifuge dengan kecepatan 2500 rpm selama 15 menit untuk memisahkan supernatant dan pasta yang terbentuk. *Swelling power* dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{swelling power} = \frac{\text{berat pasta}}{\text{berat sampel kering}}$$

Analisis *Solubility*

Untuk analisis % *solubility* (Kiatpongarp, 2007), 0,1 gram *starch acetate* dilarutkan dalam 10 ml aquadest dan dipanaskan dalam *water bath* dengan temperatur 60°C selama 30 menit. Kemudian dicentrifuge dengan kecepatan selama 15 menit untuk memisahkan supernatant dan pasta yang terbentuk. Supernatant diambil sebanyak 10 ml lalu dikeringkan dalam oven dan dicatat berat endapan keringnya.

$$\% \text{ solubility} = \frac{\text{berat endapan kering}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

Analisis Derajat Substitusi

Analisis Derajat Substitusi mengikuti prosedur dari Sánchez-Rivera *et al.* (2010). Pati terasetilasi ditimbang sebanyak 1 gram dan dilarutkan dalam 50 mL etanol pada suhu 50°C selama 30 menit. *Slurry* pati didinginkan pada suhu ruang, ditambahkan 40 mL KOH 0,5 M. *Excess alkali* dititrasi dengan 0,5 M HCl dengan menggunakan indikator *phenolphthalein*.

$$\% \text{ Asetil} = \frac{((V_o - V_n) \times N) \times 0,043 \times 100}{M}$$

dimana:

V_o = volume HCl untuk titrasi blanko

V_n = volume HCl untuk sampel

M = massa sampel kering

Untuk derajat substitusi (DS) dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$DS = \frac{162 \times \% \text{ Asetil}}{4300 - (42 \times \% \text{ Asetil})}$$

Analisis Korelasi

Setelah mendapatkan hasil nilai *swelling power*, *solubility*, dan derajat substitusi pada variabel yang diteliti, selanjutnya mencari seberapa besar hubungan antara derajat substitusi (X) dan variabel Y yang berupa nilai *swelling power* dan *solubility*. Studi yang membahas derajat hubungan antara variabel-variabel tersebut dikenal dengan nama analisa korelasi. Sehingga diperoleh harga R^2 sesuai dengan variasi yang dijelaskan masing-masing variabel.

Analisa korelasi adalah alat statistik yang dapat digunakan untuk mengetahui derajat hubungan linier antara suatu variabel dengan variabel yang lain. Sandaran nilainya adalah $-1 \leq r \leq 1$. Semakin tinggi nilai koefisien korelasi (semakin mendekati nilai 1) maka hubungan antara dua variabel tersebut semakin tinggi, jika nilai koefisiennya mendekati nilai 0 maka hubungannya semakin rendah. Adapun jika nilainya bertanda negatif, maka terjadi hubungan yang berlawanan arah, artinya jika suatu nilai variabel naik maka nilai variabel yang lain akan turun (Hani, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Reaksi asetilasi tepung gadung dilakukan dengan pembuatan *slurry* tepung gadung menggunakan air suling sebagai agen pendispersi, penambahan asam asetat glasial dan NaOH sebagai katalis. Reaksi dijalankan pada suhu lingkungan. Data hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Pengaruh Rasio Reaktan (Asam Asetat Glasial : Tepung Gadung)

Derajat Substitusi

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa rasio asam asetat : tepung gadung sebesar 1:5 memberikan nilai derajat substitusi (DS) yang lebih besar dibandingkan dengan rasio 1:4 dan 1:3. Pada penelitian ini, nilai DS semakin berkurang seiring dengan peningkatan jumlah asam asetat yang ditambahkan. Hal ini sesuai dengan penelitian dari Singh *et al.* (2004) yang melaporkan bahwa DS pada pati kentang menjadi berkurang setelah penambahan asam asetat anhidrid lebih lanjut (di atas 12%).

Tabel 1 Data *swelling power*, *solubility*, dan derajat substitusi tepung gadung asetat

Run	Variabel			Analisis Sifat Fungsional		
	Rasio reaktan (b/b)	pH	Waktu reaksi (menit)	WS	SP	DS
Bahan Baku				8	6,9	
1	1:3	8	40	12	7,9	0,049
2	1:4	8	40	12	7,8	0,060
3	1:5	8	40	8	8,6	0,115
4	1:3	8	40	12	7,9	0,049
5	1:3	9	40	8	7,4	0,246
6	1:3	10	40	8	7,4	0,314
7	1:3	8	10	16	7,2	0,013
8	1:3	8	20	18	7,2	0,016
9	1:3	8	30	18,6	7,3	0,033
10	1:3	8	40	12	7,9	0,049
11	1:3	8	50	12	8,1	0,100
12	1:3	8	60	12	8,4	0,016

Rasio asam asetat: tepung gadung yang digunakan pada penelitian ini adalah 1:3 1:4 dan 1:5, yang setara dengan konsentrasi asam asetat anhidrid 16,67-25% (diatas 12%). Konsentrasi gugus asetil pada medium reaksi yang semakin berkurang, dapat disebabkan karena terjadinya hidrolisis pati ester (pati asetat) atau reaksi eliminasi yang menghasilkan air (dari pati dan produk samping esterifikasi) yang tidak dibuang dari reaktor selama reaksi berlangsung (Luo and Zhou, 2012)

Solubility

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa semakin besar asam asetat glasial yang digunakan, maka nilai *solubility* tepung gadung juga semakin meningkat. Hal ini serupa dengan penelitian dari Singh *et al.* (2004) mengenai asetilasi tepung jagung dan tepung kentang. Substitusi gugus asetil pada tepung gadung dapat melemahkan ikatan hidrogen pada molekul pati sehingga air menjadi lebih mudah berpenetrasi ke dalam granula pati dan menyebabkan keluarnya amilosa dari granula, sehingga nilai *solubility* pada pati asetat meningkat.

Pada pembahasan sebelumnya mengenai pengaruh rasio reaktan terhadap nilai derajat substitusi, disebutkan bahwa pada rasio reaktan 1:5 dihasilkan pati asetat dengan nilai derajat substitusi yang paling tinggi dibandingkan rasio reaktan 1:3 dan 1:4.

Dengan tingginya nilai derajat substitusi, berarti jumlah gugus hidroksil yang tersubstitusi juga semakin meningkat. Hal ini menyebabkan peningkatan sifat hidrofobik (tidak suka air) dari pati yang pada akhirnya dapat mengurangi kelarutan pati di dalam air (Luo and Shi, 2012). Sehingga dalam penelitian ini, pada rasio reaktan 1:5 (dengan nilai derajat substitusi paling besar) memiliki nilai *solubility* yang lebih kecil dibandingkan rasio reaktan 1:3 dan 1:4.

Swelling Power

Swelling power dari tepung gadung setelah dimodifikasi dengan asam asetat glasial memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan tepung alaminya. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai *swelling power* tertinggi dari tepung gadung asetat didapatkan pada rasio reaktan 1:5. Pada pembahasan sebelumnya mengenai pengaruh rasio reaktan terhadap nilai derajat substitusi, disebutkan bahwa pada rasio reaktan 1:5 dihasilkan pati asetat dengan nilai derajat substitusi yang paling tinggi dibandingkan rasio reaktan 1:3 dan 1:4. Semakin besar nilai derajat substitusi berarti semakin banyak gugus asetil yang masuk ke dalam molekul pati. Penggabungan gugus asetil ke dalam molekul pati dapat mengurangi interaksi diantara molekul pati, dan dapat meningkatkan akses air ke daerah amorf pati sehingga dapat meningkatkan hidrasi dan

pembengkakan pada granula pati (Xu *et al.*, 2005).

Pengaruh pH reaksi

Derajat Substitusi

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai derajat substitusi semakin meningkat seiring dengan meningkatnya pH reaksi. Semakin tinggi pH, berarti semakin banyak NaOH yang ditambahkan. Pada penelitian ini, peningkatan nilai derajat substitusi seiring dengan peningkatan pH atau jumlah NaOH yang ditambahkan, sesuai dengan penelitian dari Xu *et al.* (2004) mengenai asetilasi pada pati maizena. Natrium hidroksida (NaOH) pada reaksi asetilasi berperan sebagai katalis yang dapat mempengaruhi pembengkakan molekul pati, sehingga meningkatkan kemampuan difusi molekul asetat di sekitar pati (Bayazed *et al.*, 1998). Natrium hidroksida (NaOH) juga berperan sebagai inisiator reaksi dengan membentuk ion alkoholat di sepanjang polimer pati yang dapat mengaktifkan gugus hidroksil pada pati (Funke and Lindhauer, 2001) dan menyebabkan serangan nukleofilik pada asam asetat (Jeon *et al.*, 1999)

Solubility

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa pada pH 9 dan 10, kelarutan dari tepung gadung asetat sama dengan tepung gadung aslinya. Reaksi asetilasi yang berjalan pada kondisi basa sedang (pH 9-10), tidak merubah kelarutan tepung gadung. Namun, asetilasi tepung gadung pada kondisi basa rendah (pH 8) dapat menghasilkan tepung asetat dengan nilai *solubility* yang lebih tinggi dibanding tepung alamnya. Fenomena ini sesuai dengan penelitian dari Adebawale *et al.* (2002) mengenai asetilasi pada tepung kacang tanah Bambarra.

Pada pembahasan sebelumnya, bahwa kenaikan pH menyebabkan peningkatan nilai derajat substitusi. Derajat substitusi terendah hingga tertinggi dari penelitian ini yaitu pada pH 8, 9 kemudian 10. Dengan meningkatnya derajat substitusi, berarti jumlah gugus hidroksil yang tersubstitusi juga semakin meningkat. Hal ini menyebabkan peningkatan sifat hidrofobik (tidak suka air) dari pati yang pada akhirnya dapat mengurangi kelarutan pati di dalam air (Luo and Shi, 2012). Penurunan nilai *solubility*

dari tepung asetat merupakan akibat dari meningkatnya sifat hidrofobik pati.

Swelling Power

Nilai *swelling power* dari tepung gadung asetat lebih besar dari tepung gadung alamnya. Pada Tabel 3.1 dapat dilihat bahwa nilai *swelling power* tertinggi ditemukan pada pH 8. Hal ini sesuai dengan penelitian Hui *et al.* (2009) yang menyatakan bahwa pH 8 merupakan kondisi reaksi terbaik untuk reaksi esterifikasi pati kentang dengan reaktan anhidrid octenyl suksinat. Pada penelitian Bhosale and Singhal (2006) juga melaporkan bahwa pH 8 dipilih sebagai pH optimum untuk reaksi esterifikasi jagung dan pati amaranth dengan reaktan berupa anhidrid octenyl suksinat. Song *et al.* (2006) melaporkan bahwa pada pH 9,5, reaksi didominasi oleh reaksi samping (hidrolisis pati asetat). Sebaliknya, pada pH 7,5 gugus hidroksil di dalam molekul pati belum cukup teraktivasi untuk membentuk agen nukleofil yang akan menyerang molekul elektrofil karbon tak jenuh dari asam asetat (Hui *et al.*, 2009).

Adebawale *et al.* (2002) menyatakan bahwa peningkatan *swelling power* lebih mudah terjadi pada kondisi basa (pH 8-10) dibandingkan dengan kondisi asam (pH 2-6). Fenomena ini disebabkan karena adanya interaksi protein dengan pati. Dalam kondisi basa, pati dan protein memiliki muatan positif, sedangkan pada kondisi asam, hanya protein yang bermuatan positif (Shieldneck and Smith, 1971). Sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi basa dan kandungan protein dalam pati lebih berpengaruh terhadap perubahan *swelling power* tepung asetat.

Pengaruh Waktu Reaksi

Derajat Substitusi

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu reaksi, maka nilai derajat substitusi (DS) semakin meningkat sampai rentang waktu tertentu (10-50 menit) kemudian menurun. Semakin lama waktu reaksi, semakin banyak gugus asetil berdifusi dan teradsorpsi pada permukaan pati (Khalil *et al.*, 1995).

Peningkatan derajat substitusi pada penelitian ini tidak linier. Reaksi berlangsung cepat di awal dan menurun setelah reaksi 50 menit. Hal ini dapat dijelaskan, bahwa

selama reaksi asetilasi berlangsung, situs reaktif pada molekul pati juga berkurang sebagai akibat dari modifikasi struktural molekul pati (Waly *et al.*, 1998). Konsentrasi gugus asetil pada pati asetat yang semakin berkurang seiring dengan meningkatnya waktu reaksi, dapat juga disebabkan karena terjadinya hidrolisis pati ester (pati asetat) atau reaksi eliminasi yang menghasilkan air (dari pati dan produk samping esterifikasi) yang tidak dibuang dari reaktor selama reaksi berlangsung (Luo and Zhou, 2012).

Solubility

Pada Tabel 1 dapat diamati bahwa pada rasio asam asetat: tepung gadung sebesar 1:3, semakin lama waktu reaksi, maka nilai *solubility* juga semakin meningkat. Hal ini dipengaruhi oleh semakin besarnya % Asetil dan derajat substitusi (DS). Substitusi gugus asetil pada tepung gadung dapat melemahkan ikatan hidrogen pada molekul pati sehingga air menjadi lebih mudah berpenetrasi ke dalam granula pati dan menyebabkan keluarnya amilosa dari granula. Inilah yang menyebabkan nilai *solubility* semakin meningkat. Namun setelah 30 menit nilai *solubility* menjadi menurun. Hal ini disebabkan karena jumlah gugus hidroksil (bersifat hidrofil) yang tersubstitusi juga semakin meningkat. Hal ini menyebabkan peningkatan sifat hidrofobik dari pati yang pada akhirnya dapat mengurangi kelarutan pati di dalam air (Luo and Shi, 2012).

Swelling Power

Seperti yang diharapkan, *swelling power* dari tepung gadung asetat akan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu reaksi. Pada pembahasan sebelumnya mengenai pengaruh waktu reaksi terhadap nilai derajat substitusi, disebutkan bahwa semakin lama waktu reaksi, maka nilai derajat substitusi (DS) semakin meningkat. Semakin lama waktu reaksi, semakin banyak gugus asetil berdifusi dan teradsorpsi pada permukaan pati (Khalil *et al.*, 1995). Penggabungan gugus asetil ke dalam molekul pati dapat mengurangi interaksi diantara molekul pati, dan dapat meningkatkan akses air ke daerah amorf pati sehingga dapat meningkatkan hidrasi dan pembengkakan pada granula pati (Xu *et al.*, 2005).

Analisis Korelasi

Analisis korelasi dan regresi antara derajat substitusi terhadap nilai *solubility* tepung gadung asetat

Uji hipotesis menggunakan uji korelasi. Uji korelasi digunakan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan antara derajat substitusi terhadap nilai *solubility*.

Tabel 2 Uji Korelasi antara Derajat Substitusi dengan *Solubility*

Correlations			
		ds	sol
ds	Pearson Correlation	1	-,580
	Sig. (2-tailed)		,061
	N	11	11
sol	Pearson Correlation	-,580	1
	Sig. (2-tailed)	,061	
	N	11	11

Dari hasil uji korelasi yang dilakukan didapatkan bahwa nilai korelasi Pearson - 0,580 artinya terdapat hubungan yang cukup erat (Sugiyono, 2007). Hubungan derajat substitusi dan *solubility* cukup erat yang ditunjukkan dengan nilai korelasi berada di rentang nilai $r = 0,41-0,70$. Tanda negatif berarti hubungan antara derajat substitusi dan *solubility* berbanding terbalik. Nilai signifikan yang dihasilkan yaitu $0,061 < 0,005$ berarti hubungannya signifikan.

Analisis selanjutnya yaitu uji analisis regresi linier, analisis data yang didapatkan yaitu sebagai berikut.

Tabel 3 Uji Analisis Regresi Linier

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,580 ^a	,337	,263	3,42828

a. Predictors: (Constant), ds

Coefficients ^a						
Model		Unstandardize d Coefficients		Standardize d Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	14,02 4	1,384		10,13 0	,00 0
	Ds	22,52 1	10,53 1	-,580	-2,139	,06 1

a. Dependent Variable: sol

Berdasarkan data diatas didapatkan bahwa derajat substitusi mempengaruhi *solubility* sebesar 33,7%, hal ini dapat

diketahui dari nilai R^2 sebesar 0,337. Nilai standar deviasi adalah 3,994 lebih besar dibandingkan standar error (3,428), sehingga model regresi bagus dalam bertindak sebagai prediktor.

Pada data diatas t_{hitung} nilainya sebesar -2,139 sedangkan pada t_{tabel} 1,796. Tanda negatif berarti arah hubungan antara derajat substitusi dan *solubility* berbanding terbalik. Karena $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak. Berdasarkan data diatas persamaan regresi yang didapatkan yaitu. $Y = 14,024 - 22,521x$.

Hubungan antara derajat substitusi terhadap nilai *solubility* tepung gadung asetat

Hubungan antara derajat substitusi terhadap nilai *solubility* tepung gadung asetat disajikan dalam Gambar 1 sebagai berikut :

Gambar 1 Hubungan antara derajat substitusi terhadap nilai *solubility*

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa peningkatan nilai derajat substitusi akan meningkatkan nilai *solubility* pada tepung gadung asetat. Namun peningkatan *solubility* tidak linier dengan derajat substitusi. Pada derajat substitusi lebih dari 0,1 terjadi penurunan *solubility* tepung gadung asetat.

Singh *et al.* (2004) dalam penelitiannya mengenai asetilasi tepung jagung dan tepung kentang melaporkan bahwa substitusi gugus asetil pada tepung gadung dapat melemahkan ikatan hidrogen pada molekul pati sehingga air menjadi lebih mudah berpenetrasi ke dalam granula pati dan menyebabkan keluarnya amilosa dari granula, sehingga nilai *solubility* pada pati asetat meningkat dari pati alaminya. Namun pada nilai derajat substitusi yang lebih tinggi, akan terjadi penurunan *solubility*. Tingginya nilai derajat substitusi, berarti jumlah gugus hidroksil

yang tersubstitusi juga semakin meningkat. Hal ini menyebabkan peningkatan sifat hidrofobik (tidak suka air) dari pati yang pada akhirnya dapat mengurangi kelarutan pati di dalam air (Luo and Shi, 2012). Garg and Jana (2010) melaporkan bahwa, pati asetat mengalami penurunan *solubility* dari pati alaminya pada nilai derajat substitusi lebih dari 0,6.

Analisis korelasi dan regresi antara derajat substitusi terhadap nilai *solubility* tepung gadung asetat

Uji hipotesis menggunakan uji korelasi. Uji korelasi digunakan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan antara derajat substitusi terhadap nilai *swelling power*.

Tabel 4 Uji Korelasi antara Derajat Substitusi dengan *Swelling Power*

Correlations			
		ds	sp
ds	Pearson Correlation	1	,033
	Sig. (2-tailed)		,923
	N	11	11
sp	Pearson Correlation	,033	1
	Sig. (2-tailed)	,923	
	N	11	11

Dari hasil uji korelasi yang dilakukan didapatkan bahwa nilai korelasi Pearson 0,033 artinya terdapat hubungan yang sangat tidak erat (Sugiyono, 2007). Hubungan derajat substitusi dan *swelling power* sangat tidak erat yang ditunjukkan dengan nilai korelasi berada di rentang nilai $r = 0,00-0,20$. Tanda positif berarti hubungan antara derajat substitusi dan *swelling power* berbanding lurus. Nilai yang dihasilkan tidak signifikan yaitu $0,923 > 0,005$ berarti hubungannya tidak signifikan.

Tabel 3.5 Uji Analisis Regresi Linier

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,033 ^a	,001	-,110	,57388

a. Predictors: (Constant), ds

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	7,639	,232		32,963	,000
	ds	,175	1,763	,033	,099	,923

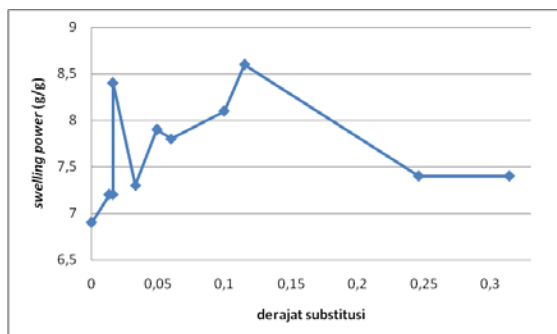
a. Dependent
Variable: sp

Berdasarkan data diatas didapatkan bahwa derajat substitusi mempengaruhi *swelling power* sebesar 0%, hal ini dapat diketahui dari nilai R^2 sebesar 0. Nilai standar deviasi adalah 0,545, lebih kecil dibandingkan standar error, sehingga model regresi kurang bagus dalam bertindak sebagai prediktor.

Nilai t_{hitung} 0,099 lebih kecil daripada t_{tabel} yang sebesar 1,796 tetapi nilai tersebut tidak berarti karena derajat substitusi tidak berpengaruh signifikan terhadap *swelling power* yang ditunjukkan dengan nilai *probability* sebesar 0,923 (lebih besar dari $\alpha=0,05$). Berdasarkan data diatas persamaan regresi yang didapatkan yaitu. $Y = 7,639 + 0,175x$.

Hubungan antara derajat substitusi terhadap nilai *swelling power* tepung gadung asetat

Hubungan antara derajat substitusi terhadap nilai *swelling power* tepung gadung asetat disajikan dalam Gambar 1 sebagai berikut :



Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai *swelling power* tepung gadung terasetilasi menunjukkan hasil yang lebih besar dibandingkan tepung alaminya. Asetilasi menyebabkan gugus asetil masuk ke dalam molekul pati. Penggabungan gugus asetil ke dalam molekul pati dapat mengurangi interaksi diantara molekul pati, dan dapat meningkatkan akses air ke daerah amorf pati sehingga dapat meningkatkan hidrasi dan pembengkakan pada granula pati (Xu *et al.*, 2005).

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa peningkatan nilai derajat substitusi tidak secara signifikan meningkatkan nilai

swelling power pada tepung gadung asetat. Pada derajat substitusi lebih dari 0,115 terjadi penurunan *swelling power*. Nigussu *et al.* (2013) dalam penelitiannya melaporkan bahwa asetilasi dapat meningkatkan nilai *swelling power* pada derajat substitusi yang rendah, tetapi tidak berlaku untuk nilai derajat substitusi yang lebih tinggi.

Dalam penelitian ini, berdasarkan analisa statistik diketahui bahwa derajat substitusi tidak secara signifikan mempengaruhi *swelling power* tepung gadung asetat. Hal ini bisa disebabkan oleh tingginya kandungan amilosa pada tepung gadung, yakni sebesar 34,72% (Tattiyakul, 2006). Amilosa dapat menghambat pembengkakan granula pati dalam kondisi dimana terjadi kompleks antara amilosa dengan lipid (Olayinka *et al.*, 2008).

KESIMPULAN

Peningkatan nilai *swelling power* dan *solubility* dari tepung gadung dapat dilakukan dengan metode asetilasi menggunakan asam asetat glasial dan katalis NaOH. Pada penelitian ini, kondisi proses terbaik untuk produksi tepung gadung terasetilasi adalah pada rasio berat asam asetat:tepung gadung (1:3), pH 8,0 dan waktu reaksi 30 menit, dimana didapatkan nilai *swelling power* 7,3 g/g, *solubility* 18,6 %, dan derajat substitusi sebesar 0,033. Berdasarkan uji korelasi dan uji regresi didapatkan hasil bahwa derajat substitusi berkorelasi negatif secara signifikan terhadap nilai *solubility* ($r=-0,580$), tetapi tidak memberikan pengaruh untuk *swelling power* ($r=0,033$).

DAFTAR PUSTAKA

- Adebawale, K.O., Afolabi, T.A., Lawal, O.S., (2002), "Isolation, chemical 335 modification and physicochemical characterisation of Bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*) starch and flour", *Food Chem.* 78: 305-311.
- Aprianita A., Purwandari U., Watson B. and Vasiljevic T., (2009), "Physico-chemical properties of flours and starches from selected commercial tubers available in Australia", *Int Food Res J.* 16: 507-520
- Bhosale, R. and Singhal, R., (2006), "Process optimization for the synthesis of octenyl succinyl derivative of waxy corn and amaranth starches", *Carbohydr Polym.* 66: 521-527.

- Diop, C.I.K., Li, H.L., Xie, B.J., and Shi, J. (2010), "Effects of Acetic Acid/Acetic Anhydride Ratios on the Properties of Corn Starch Acetates", *Food Chemistry*. 126:1662-1669.
- Edijala, J.K., Okoh, P.N. and Aniyoro, R., (1999), "Chemical Assay of Cyanide Levels of Short Time Fermented Cassava Products in The Abraka Area of Delta State, Nigeria", *Food Chemistry*. 64(1):107-110.
- Funke, U. and Lindhauer, M.G., (2001), "Effect of reaction conditions and alkyl chain lengths on the properties of hydroxyalkyl starch ethers", *Starch/Stärke*. 53:547-554.
- Hani, R. (2014). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Sumatera Utara. Tugas Akhir Departemen Matematika, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Hui, R., Chen, Q.H., Fu, M.L., Xu Q. and he, G.Q., (2009), "Preparation and properties of octenyl succinic anhydride modified potato starch", *Food Chem*. 114: 81-86.
- Jarowenko, W. (1986). Acetylated starch and miscellaneous organic esters. In: Wurzburg OB (ed) Modified starches: properties and uses, CRC Press, Boca Raton, FL, pp 55-77
- Jeon, Y.S., Viswanathan, A. and Gross, R.A., (1999), "Studies of starch esterification: reactions with alkenylsuccinates in aqueous slurry systems", *Starch/Stärke*. 51:90-93.
- Khalil, M.I., Hashem, A. and Hebeish, A., (1995), "Preparation and Characterization of Starch acetate", *Starch*. 47: 394-398.
- Kiatpongarp, W. 2007. Production of Enzyme Resistant Starch from Cassava Starch. Suranaree University of Technology.
- Kumoro, A., Retnowati, D. S. dan Budiyati, S., (2011)., "Removal of Cyanides from Gadung (*Dioscorea hispida* Dennts) Tuber Chips Using Leaching and Steaming Techniques", *Journal of Applied Sciences Research*, 2140-2146.
- Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J., (1959), "Structure of The Starch Granules. In: Swelling and Solubility Patterns of Various Starches", *Cereal Chem*. 36: 534 -544.
- Liu Q., Donner E., Yin Y., Huang R.L., and Fan M.Z., (2006), "The physicochemical properties and in vitro digestibility of selected cereals, tubers, and legumes grown In China", *Food Chem*. 99: 470-477.
- Luo, Z.G. and Shi, Y.C., (2012), "Preparation of acetylated normal, waxy and high amylose maize starch with intermediate degrees of substitution in aqueous solution and their properties", *J Agric Food Chem*. 60: 9468-9475.
- Luo, Z.G. and Zhou, Z., (2012), "Homogeneous synthesis and characterization of starch.
- Nigussu, E., Belete, A. and Mariam, T.G. (2013), "Acetylation and Characterization of Enset Starch and Evaluation of its Direct Compression and Drug Release Sustaining Properties", *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 4(11): 4397-4409.
- Olayinka, O. O., Adebowale, K. O. and Olu-Owolabi, B. I. 2008, "Effect of heat-moisture treatment on physicochemical properties of white sorghum starch", *Food Hydrocolloids*, 22: 225 – 230.
- Peltonen, S., and Harju, K. (1996). Application and methods of preparation of fatty acid esters of polysaccharides. US Patent. 5: 589577.
- Rutenberg, M.W., and Solarek, D. (1984). Starch derivatives: Production and uses. In: Whistler RL, BeMiller JN, Paschall EF (ed) Starch chemistry and technology, 2nd edn. Academic Press: New York, pp 311-388.
- Sánchez-Rivera, M. M., Flores-Ramírez, I., Zamudio-Flores, P. B., González-Soto, R., Rodríguez-Ambríz, S. L., & Bello-Pérez, L. A., (2010), "Acetylation of banana (*Musa paradisiaca* L.) and maize (*Zea mays* L.) starches using a microwave heating procedure and iodine as catalyst: Partial characterization", *Starch/Stärke*. 62:155–164.
- Sasikiran, K., Rekha, M.R. and Padmaja, G., (2002), "Proteinase and Alpha-amylase Inhibitor of Sweet Potato : Changes during Growth Phase, Sprouting, and Wound Iduced Alterations", *Bot Bull. Acad. Sin*. 43:291.
- Shieldneck, P. and Smith, C.E. (1971). Production and uses of acid modified

- starch. In: Whistler RL, Paschall EF (ed). *Starch: chemistry and technology*, Academic Press, New York, pp 173-215.
- Singh, N., Chawla, D. and Singh, J., (2004), "Influence of acetic anhydride on physicochemical, morphological and thermal properties of corn and potato starch", *Food Chem.* 86: 601-608.
- Song, X., He, G., Ruan, H. and Chen, Q., (2006), "Preparation and properties of octenyl succinic anhydride modified early Indica rice starch", *Starch/Stärke.* 58:109-117.
- Sugiyono. (2010). *Statistika untuk Penelitian*. Bandung:Alfabeta.
- Tattiyakul, J., Naksriarporn, T., Pradipasena, P and Miyawaki, O., (2006), "Effect of Moisture on Hydrothermal Modification of Yam *Dioscorea hispida* Dennst Starch", *Starke.* 58:170-176.
- Waly, A., Abdel-Mondy, F.A. and Hebeish, A., (1998), "Chemical modification of starch- poly (vinyl acetate) materials", *Poly Polym Comp.* 61: 161-170.
- Whistler, R.L., and Daniel, J.R (1995). *Carbohydrates*. In: Fennema OR (ed) *Food chemistry*, Marcel Decker, New York, pp 69-137.
- Wurzburg, O.B. (1995). *Modified Starches*, dalam Stephen, a.m. (editor), *Food Polysaccharides and Their Applications*, Marcel Dekker, inc. New york.
- Xu, Y.X., Miladinov, V. and Hanna M.A., (2004), "Synthesis and Characterization of Starch with High Substitution", *Cereal Chemistry.* 81(6):735-740.
- Xu, Y. X., Dzenis, Y. and Hanna, M. A., (2005), "Water solubility, thermal characteristics and biodegradability of extruded starch acetate foams", *Industrial Crops and Products.* 21, 361–368