

PENINGKATAN SIFAT FUNGSIONAL PATI SAGU (*METROXYLON SP.*) MELALUI PENAMBAHAN ISOLAT PROTEIN KEDELAI DAN TRANSGLUTAMINASE

ENHANCED FUNCTIONAL PROPERTIES OF SAGO STARCH (*METROXYLON SP.*) THROUGH ADDITION OF SOY PROTEIN ISOLATE AND TRANSGLUTAMINASE

Nurmiati¹, Sapta Raharja², dan Prayoga Suryadarma²

Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Darmaga PO Box 220, Bogor 16002
E-mail: nurmiatila@gmail.com

Makalah: Diterima 13 Juli 2019; Diperbaiki 30 Juni 2020; Disetujui 10 Juli 2020

ABSTRACT

The limited water absorption of sago starch requires the addition of soybean isolate protein and transglutaminase in its formation into a dough. The purpose of this study was to analyse the effect of addition of soy protein and transglutaminase to sago starch on the water absorption. The study was conducted with the stages of characterization of sago starch, determining the effect of protein concentration of soybean isolates, and determining the effect of the addition of transglutaminase to increase water absorption. The results showed that the addition of 9% concentration of soybean isolate protein could increase water absorption up to 4.60 (g/g). This addition decreased swelling power because the soybean isolate protein has the ability to form a gel lower than starch and also the interaction between starch and protein which limits swelling power. The increase in solubility occurred because electrostatic interactions were higher than hydrophobics in the amino acid protein isolates of soybeans. In addition, it decreased peak viscosity, increased final viscosity, decreased viscosity and initial temperature of the gelatinizes. Addition of transglutaminase 2.16 (U/g protein) to sago starch which had been added to soybean isolate protein increased water absorption up to 4.71 (g/g). The addition decreased swelling power and solubility, increased peak viscosity, final viscosity, deterioration of viscosity and initial temperature of gelatinization.

Keywords: sago starch, soybean isolate, transglutaminase

ABSTRAK

Keterbatasan daya serap air pati sagu membutuhkan penambahan isolat protein kedelai dan transglutaminase dalam pembentukannya menjadi adonan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penambahan isolat protein kedelai dan transglutaminase dalam daya serap air. Penelitian dilakukan dengan tahapan karakterisasi pati sagu, penentuan pengaruh konsentrasi isolat protein kedelai, penentuan pengaruh penambahan transglutaminase untuk peningkatan daya serap air dan pembentukan adonan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi 9% isolat protein kedelai dapat meningkatkan daya serap air sampai 4,60 (g/g). Penambahan tersebut menurunkan *swelling power* karena isolat protein kedelai kemampuan membentuk gelnya lebih rendah dari pada pati dan juga interaksi antara pati dan protein yang membatasi *swelling power*. Peningkatan kelarutan terjadi karena interaksi elektrostatis lebih tinggi dibandingkan hidrofobik pada asam amino isolat protein kedelai. Selain itu menurunkan viskositas puncak, meningkatkan viskositas akhir, kemunduran viskositas dan suhu awal gelatinisasi. Penambahan transglutaminase 2,16 (U/g protein) pada pati sagu yang telah ditambahkan dengan protein isolate kedelai meningkatkan daya serap air sampai 4,71 (g/g). Penambahan tersebut menurunkan *swelling power* dan kelarutan, meningkatkan viskositas puncak, viskositas akhir, kemunduran viskositas dan suhu awal gelatinisasi.

Kata kunci: pati sagu, isolat kedelai, *transglutaminase*

PENDAHULUAN

Sagu (*Metroxylon sp*) merupakan tanaman yang area pertumbuhannya sangat besar di Indonesia, yaitu sekitar 95% tersebar di kawasan Timur dan 4,1% berada di kawasan Barat (Karim *et al.*, 2008). Areal hutan sagu di Indonesia sekitar 1,25 juta hektar dan menghasilkan 2,5 ton pati sagu setiap hektar per tahun (Tirta *et al.*, 2013). Ketersediaan pati sagu yang melimpah tersebut tidak disertai dengan pemanfaatan yang luas. Karena rendahnya daya serap air

mengakibatkan pati sagu sulit dibentuk adonan. Sehingga dalam pemanfaatannya pati sagu harus dibuat dengan menuangkan air panas ke dalam pati sagu dan diaduk sampai menjadi adonan lengket untuk dibuat pepeda, kapurung atau sinonggi (Metaragakusuma *et al.*, 2015). Perkembangan pemanfaatannya dengan menambahkan protein untuk dibuat berbagai produk, seperti penambahan kuning telur untuk pembuatan kue bangkit (Afrinati *et al.*, 2016), penambahan tepung kacang merah untuk pembuatan beras analog (Wahjuningsih *et al.*, 2016).

Penambahan protein tersebut dilakukan agar pati sagu mudah dibentuk menjadi adonan untuk pembuatan adonan kue bangkit dan beras analog atau berbagai produk lainnya.

Kemampuan pembentukan adonan pada tepung berkaitan dengan interaksi protein dengan air yang merupakan sifat fungsional yang penting dalam mempengaruhi sifat-sifat pembentukan adonan (Zayas, 1997). Menurut Jading *et al.* (2011) pati sagu hampir tidak memiliki nilai protein (0,46%). Hal ini yang menyebabkan pati sagu memiliki daya serap air yang sangat rendah. Karena itu beberapa peneliti menambahkan protein ke dalam pati atau tepung yang memiliki nilai protein rendah untuk meningkatkan sifat fungsionalnya. Otegbayo *et al.* (2013) menambahkan tepung kedelai ke dalam tapioka, Akinwale *et al.* (2017) menambahkan isolat protein kedelai ke dalam tepung *custard* berbasis pati singkong. Interaksi protein dengan air terkait erat dengan komposisi asam amino, konformasi protein, keseimbangan hidrofilik/hidrofobik. Karena hal tersebut sangat mempengaruhi kapasitas pengikatan air. Sehingga dalam pemilihan penambahan protein harus memperhatikan faktor-faktor tersebut.

Protein gluten pada terigu mampu membentuk jaringan viskoelastik sehingga mudah dibentuk adonan. Namun gluten tidak cocok bagi penderita penyakit seliak (*celiac disease*) karena intoleransi terhadap makanan yang mengandung gluten (Holtmeier dan Caspary, 2006). Oleh karena itu penggunaan gluten untuk penambahan dalam pati atau tepung yang memiliki daya serap air rendah membutuhkan jenis protein lain. Isolat protein kedelai memiliki kapasitas pengikatan air yang tinggi dibanding dengan produk protein kedelai lainnya (Jideani, 2011). Hal tersebut karena keberadaan jenis asam amino yang mendukung penyerapan air.

Beberapa tahun ini dilakukan penambahan enzim agar pengikatan air dengan protein optimal. Transglutaminase (TGase) merupakan protein-*glutamine: amine glutamyl transferase*, E.C. 2.3.2.13, memiliki kemampuan mengkatalisis reaksi transfer asil antara gugus karboksiamida dari residu glutamin dan lisin dalam protein, yang mengarah pada pengikatan silang inter- atau intramolekul melalui pembentukan ikatan ϵ -(γ -*glutamyl*) lisin (DeJong dan Koppelman, 2002). Ikatan silang protein dengan TGase mampu memerangkap air sehingga meningkatkan karakteristik adonan (Storck *et al.*, 2013).

Penambahan protein kedelai (1 sampai 25 g/100 g campuran tepung beras-protein) dilakukan oleh Marco dan Rosell (2008) dan TGase (0,1 sampai 1,5 g/100 g campuran tepung beras-protein) meningkatkan penyerapan air 4,0 sampai 5,0 g/g. Peningkatan penyerapan air tersebut merupakan aktivitas ikatan silang dari TGase yang menginduksi pembentukan polimer protein dengan kapasitas penyerapan air yang lebih besar. Berdasarkan hal tersebut maka peningkatan daya serap air pati sagu

dapat dilakukan dengan penambahan isolat protein kedelai dan TGase.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh konsentrasi isolat protein kedelai terhadap peningkatan daya serap air pati sagu, selain itu untuk menganalisis pengaruh TGase pada penambahan isolat protein kedelai pada pati sagu dalam peningkatan daya serap air.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah pati sagu diperoleh dari Palopo, Sulawesi Selatan, isolat protein kedelai dibeli komersial, gluten dari *Sigma-Aldrich*, TGase dari *Taixing Donseng Food Science & Technology Co., Ltd*; E.C. 2.3.2.13; aktivitas enzim 18 U/g, aquades, dan bahan-bahan kimia untuk analisa. Peralatan yang digunakan *water bath*, seperangkat agitator, pengering *blower*, gelas piala, gelas ukur, *thermometer*, loyang aluminium, *magnetic stirrer*, tabung *centrifuge*, oven, *centrifuge*, *hot plate-stirrer*, dan instrumen *Rapid Visco Analyzer (RVA) Tec-Master*.

Tahapan Penelitian

Karakterisasi Pati Sagu

Karakterisasi pati sagu dilakukan dengan mengukur komponen proksimat pati sagu yaitu kadar air (AACC 2010), kadar protein (AACC 2010), kadar lemak (AOAC 2012), kadar serat (AOAC 1997), dan kadar abu (AACC 2010) dan kadar karbohidrat *by difference*. Pengukuran sampel dilakukan dengan tiga kali ulangan untuk standar deviasi (STDEV).

Pencampuran Pati Sagu dengan Isolat Protein Kedelai

Isolat protein kedelai yang digunakan masing-masing 9, 23, dan 33% (b/b pati). Pada tahap ini dilakukan dengan mencampur pati sagu dengan air sebanyak 1,5x dari berat bahan, kemudian diaduk menggunakan agitator dengan kecepatan 200 rpm selama 20 menit dengan suhu 70°C. Kemudian suhu diturunkan hingga 50°C. Selanjutnya protein dimasukkan ke dalam adonan sagu dengan penambahan air sebanyak 2x dari berat bahan. Adonan diaduk menggunakan agitator selama 10 menit. Setelah itu dikeringkan dalam pengering *blower* dengan suhu 50 °C selama 16 sampai 18 jam. Kemudian ditepungkan hingga halus. Penambahan konsentrasi protein gluten juga dilakukan sebagai pembandingan.

Pencampuran Pati Sagu, Isolat Protein Kedelai dan TGase

Penambahan konsentrasi protein berdasarkan daya serap air yang terbaik dan penambahan TGase masing-masing 0,72, 1,44, 2,16 (U/g protein). Protein dan TGase dimasukkan setelah pati sagu dibuat adonan seperti pada tahap

sebelumnya. Protein dan TGase dicampur, lalu dimasukkan ke dalam adonan pati sagu dengan penambahan air sebanyak 2x dari berat bahan. Kemudian suhu diturunkan hingga 50°C. Adonan diaduk menggunakan agitator selama 10 menit. Setelah itu dikeringkan dalam pengering *blower* dengan suhu 50°C selama 16 sampai 18 jam. Kemudian ditepungkan hingga halus.

Analisis

Daya Serap Air (Niebla et al., 1993)

Sampel tepung 4,5 g disuspensikan dalam 30 ml air dalam tabung *centrifuge* 50 mL. Kemudian dihomogenkan dengan vortex selama 1 menit pada suhu kamar dan disentrifugasi pada 3000 × g selama 10 menit. Supernatan ditimbang dan dihitung dengan selisih antara berat sampel dengan berat supernatan dan dinyatakan sebagai gram supernatant per gram padat. Pengukuran daya serap air juga dilakukan pada terigu sebagai pembanding. Sampel diukur dengan tiga kali ulangan untuk STDEV. Pengolahan data statistik lebih lanjut dengan uji *Tukey*.

Swelling Power dan Kelarutan (Leach et al., 1959)

Sampel diukur *swelling power* dan kelarutan. Sampel pati sebanyak 0,1 g dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan 10 ml air destilat dan dipanaskan dalam *water bath* pada temperatur 70°C selama 30 menit sambil diaduk secara kontinyu dan dipanaskan secara periodik. Supernatan dipisahkan dari larutannya dengan cara: hasil tabung reaksi disentrifus dengan kecepatan 4000 rpm selama 15 menit, setelah itu didekantasi. Kemudian pastinya diambil, lalu ditimbang dan supernatannya dikeringkan dalam oven dan dikeringkan pada suhu 110°C hingga beratnya konstan, ditimbang beratnya *swelling power* dihitung berdasarkan persamaan dibawah:

$$Swelling\ power = \frac{berat\ pasta\ pati}{berat\ kering\ sampel} \times 100\% \text{ kelarutan}$$

$$Kelarutan = \frac{berat\ padatan\ terlarut\ di\ supernatant\ (g)}{berat\ sampel\ (g)} \times 100\%$$

Sampel diukur dengan tiga kali ulangan untuk STDEV. Pengolahan data statistik lebih lanjut dengan uji *Tukey*.

Sifat Pasta (AACC, 2010)

Analisis lebih lanjut pada sifat amilografi menggunakan RVA pada pati sagu dan pada perlakuan dengan daya serap air terbaik pada penambahan isolat protein kedelai dan TGase ke dalam pati sagu. Sampel ditimbang sesuai dengan jenis sampel yang digunakan (a) kemudian dicampurkan dengan 25 g air destilata ke dalam wadah sampel (jika kadar air sampel adalah 14%). Suhu awal instrumen adalah 50°C, lalu kecepatan putar pada instrumen dinaikkan hingga 960 rpm selama 10 detik dan kemudian diturunkan hingga 160

rpm setelah detik ke-10 selama 50 detik. Suhu RVA dinaikkan perlahan hingga suhu 95 °C dari menit pertama selama 7,5 menit, suhu ini dipertahankan selama 5 menit. Kemudian suhu diturunkan secara perlahan ke suhu 50°C selama 7,5 menit, suhu 50°C dipertahankan selama 2 menit. Jika kadar air sampel tidak sama dengan 14%, maka bobot sampel dan air destilata dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$S = \frac{86 \times a}{100 - M}$$

$$W = 25 + (a - S)$$

Keterangan:

- a = bobot sampel jika kadar air 14%
- S = bobot sampel (g)
- M = kadar sampel (% bb)
- W = bobot air destilata (g)

Pembentukan Adonan (Rauf dan Sarbini, 2015)

Pati sagu yang ditambahkan dengan isolat pteoin kedelai dan TGase dibentuk menjadi adonan dengan air suhu ruang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Pati Sagu

Hasil karakterisasi komposisi kimia pati sagu disajikan pada tabel berikut:

Tabel 1. Komposisi kimia pati sagu

Komponen	Hasil pengamatan (%)
Kadar air	12,53±0,21
Kadar lemak	1,28±0,64
Kadar serat	0,18±0,04
Kadar abu	0,19±0,19
Kadar protein	0,57±0,10
Karbohidrat(<i>by difference</i>)	85,25±0,89

Komposisi proksimat pati sagu disajikan pada Tabel 1. Hasil proksimat pati sagu pada penelitian ini tidak berbeda jauh dengan penelitian Ahmad *et al.* (1999) yang mengukur karakteristik berbagai jenis pati sagu. Dapat dilihat bahwa kadar lemak, serat dan protein pati sagu sangat rendah, sedangkan kadar karbohidrat sangat tinggi (85,25%). Namun pati sagu sangat rendah kadar protein (0,57%). Oleh karena itu dalam pemanfaatannya membutuhkan penambahan protein untuk meningkatkan sifat fungsionalnya sehingga pemanfaatannya lebih luas. Kadar protein yang rendah pada sagu menyebabkan penyerapan airnya juga rendah.

Protein secara signifikan berperan terhadap sifat fisik bahan makanan karena mampu mengikat air sehingga mempengaruhi pembentukan tekstur makanan. Hal tersebut disebabkan oleh profil asam amino yang terdapat pada masing-masing protein dan

jumlah residu yang bermuatan. Setiap protein masing-masing memiliki 20 jenis asam amino dengan jumlah yang berbeda antara protein yang satu dengan protein yang lain. Asam amino tersebut dikategorikan dalam residu hidrogen, alifatik, aromatik, dan sulfur yang dikelompokkan sebagai hidrofobik, sedangkan kelompok hidrofilik terdiri dari kategori bermuatan negatif, bermuatan positif, dan polar (Gromiha, 2010).

Isolat protein kedelai memiliki asam amino utama asam glutamat dan asam aspartat bermuatan negatif, arginin dan lisin bermuatan positif, leusin terkategori alifatik (Mohsen *et al.*, 2009), sedangkan protein gluten memiliki asam amino utama glutamin dan prolin dengan kandungan rendah pada sisi bermuatan (Shewry *et al.*, 2002). Asam amino tersebut masing-masing memiliki gugus fungsi yang berbeda antara satu dengan lainnya yang menyebabkan perbedaan sifat khas pada asam amino tersebut. Asam amino glutamin dan prolin memiliki gugus fungsi amida ($-\text{CONH}_2$), sedangkan asam glutamat dan asam aspartat memiliki gugus fungsi ($-\text{COOH}$), arginin dan lisin memiliki gugus fungsi amina ($-\text{NH}_2$), dan leusin memiliki gugus fungsi rantai alifatik non polar. Gugus fungsi pada amida dibatasi oleh ketidaktolerannya pada air (Qin *et al.*, 2017). Gugus fungsi karboksil pada asam glutamat dan aspartat dengan gugus fungsi amina pada lisin dan arginin akan membentuk reaksi elektrostatis yang memungkinkan konfigurasi protein lebih terbuka dan menyebabkan lebih banyak air yang berinteraksi dengan molekul protein sehingga bersifat lebih hidrofilik (Akinwale *et al.*, 2017).

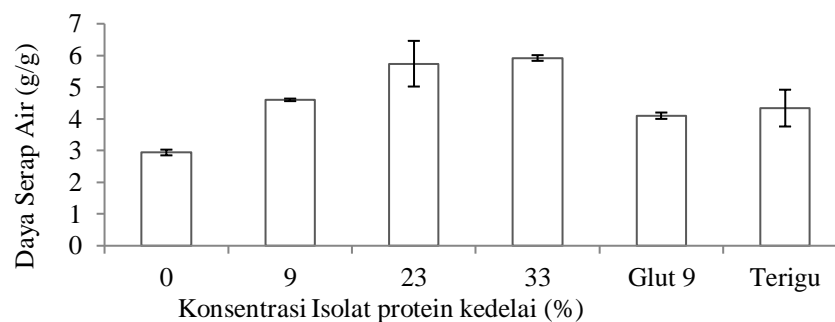
Peningkatan Daya Serap Air Pati Sagu dengan Penambahan Isolat Protein Kedelai

Sifat fungsional daya serap air merupakan interaksi protein dengan air yang mempengaruhi karakteristik makanan. Dalam tepung maupun pati, sifat ini pertama kali dapat dilihat secara langsung ketika dicampur dengan air. Pati dengan kadar protein rendah memiliki daya serap air rendah. Pati sagu dalam penelitian ini memiliki daya serap air 2,94 (g/g). Daya serap air terkait erat dengan komposisi

asam amino, jumlah residu bermuatan dan konsentrasi protein (Jideani, 2011). Asam amino utama pada isolat protein kedelai yaitu asam glutamat dan asam aspartat bermuatan negatif, dengan arginin dan lisin bermuatan positif pada isolat protein kedelai dapat membentuk reaksi elektrostatis yang memungkinkan konfigurasi protein lebih terbuka dan menyebabkan lebih banyak air yang berinteraksi dengan molekul protein sehingga bersifat lebih hidrofilik (Gromiha, 2010; Mohsen *et al.*, 2009; Akinwale *et al.*, 2017). Peningkatan konsentrasi isolat protein kedelai membuat daya serap air pati sagu semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan penelitian Marco dan Rosell (2008) yang menambahkan isolat protein kedelai pada tepung beras. Gambar 1 menunjukkan bahwa penambahan isolat protein kedelai ke dalam pati sagu daya serap airnya lebih tinggi (4,60 g/g) dibandingkan dengan penambahan gluten ke dalam pati sagu (4,10 g/g).

Berdasarkan pada Gambar 1 daya serap air pada penambahan isolat protein kedelai 9, 23 dan 33% dapat meningkatkan daya serap air pati sagu. Dengan demikian maka penambahan isolat protein kedelai dengan konsentrasi 9% sudah cukup dalam peningkatan daya serap air pati sagu. Sehingga pengukuran sifat fungsional (*swelling* dan kelarutan) dan sifat amilografi tidak dilakukan lagi pada penambahan isolat protein kedelai konsentrasi 23 dan 33% ke dalam pati sagu.

Penambahan isolat protein kedelai ke dalam pati sagu juga berkaitan dengan sifat fungsional lainnya, yaitu *swelling power* dan kelarutan (Tabel 2). *Swelling power* merupakan indikasi kemampuan penyerapan air granula pati pada suhu panas. Ketika pati sagu dilarutkan kemudian dipanaskan pada suhu gelatinisasi, maka granula pati membengkak dan volumenya meningkat. Mohamed *et al.* (2008) mengungkapkan bahwa ikatan hidrogen pada molekul amilosa dan amilopektin lepas sehingga molekul air masuk ke dalam granula pati selanjutnya terjadi pembengkakan granula. Penambahan isolat protein kedelai mampu menurunkan *swelling power* pati sagu dari 34,52% menjadi 13,02%.



Keterangan: Glut = Gluten 9%

Nilai diikuti oleh huruf yang berbeda dalam suatu diagram menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 1. Diagram peningkatan daya serap air pati sagu dengan penambahan isolat protein kedelai

Penurunan *swelling power* tersebut dikaitkan dengan penambahan isolat protein kedelai yang memiliki kemampuan membentuk gel yang lebih rendah dari pada pati dan juga interaksi antara pati dan protein yang membatasi *swelling power* (Akinwale *et al.*, 2017).

Kelarutan merupakan persentase sampel yang larut dalam suatu pelarut yang terjadi pada suhu yang sama dengan *swelling power*. Terjadi peningkatan kelarutan pada pati sagu yang ditambahkan dengan isolat protein kedelai (konsentrasi protein 9%) meskipun tidak signifikan, yaitu dari 20,54% menjadi 20,90%. Peningkatan kelarutan terjadi karena jumlah molekul protein yang merupakan hasil interaksi elektrostatik pada isolat protein kedelai lebih tinggi dibandingkan dengan molekul hidrofobik. Trevino *et al.* (2009) menunjukkan bahwa asam aspartat dan asam glutamat berkontribusi secara signifikan dalam meningkatkan kelarutan. Hal ini juga diungkapkan oleh Singh *et al.* (2004) bahwa pati atau tepung dengan daya bengkak (*swelling power*) lebih rendah memiliki kelarutan dan suhu awal gelatinisasi (*pasting temperature*) yang lebih tinggi.

Sifat amilografi berkaitan dengan viskositas tepung selama pemanasan, pengadukan dan pendinginan, yang dianalisis menggunakan RVA (Singh *et al.*, 2003). Hasil dari analisis tersebut terdiri dari *pasting temperature*, *peak viscosity*, *final viscosity* dan *setback viscosity*. Pengamatan sifat amilografi pada pati sagu dan penambahan isolat protein kedelai disajikan pada Tabel 2.

Sifat amilografi pada variabel suhu awal gelatinisasi (*pasting temperature*) menunjukkan bahwa pati sagu yang ditambahkan isolat protein kedelai membutuhkan energi panas yang lebih tinggi (76,9 °C) dari pati sagu (73,7 °C). Hal ini sesuai dengan pendapat Syafutri (2015) bahwa semakin tinggi kadar protein dalam tepung maka semakin tinggi interaksi antara protein dengan granula pati (amilosa) sehingga akan menghambat pengeluaran amilosa dan akan membutuhkan energi yang lebih besar untuk melepaskan amilosa tersebut.

Viskositas puncak (*peak viscosity*) merupakan viskositas tertinggi yang diperoleh selama gelatinisasi pati dan indikasi sejauh mana pati dapat membengkak sebelum kerusakan fisiknya. Penurunan viskositas puncak dalam penelitian ini dikaitkan dengan

penambahan isolat protein kedelai yang membatasi *swelling power* karena isolat protein kedelai memiliki afinitas air yang baik dan akan bersaing dengan air yang dibutuhkan oleh pati untuk *swelling*, sehingga menghambat pembengkakan (Akinwale *et al.*, 2017). Selain itu penurunan viskositas puncak dikaitkan dengan penurunan kandungan amilosa (Zaidul *et al.*, 2007). Amilosa dalam pati sagu tersebut bertindak sebagai pelarut dan inhibitor pembengkakan (Huerta-Abrego *et al.*, 2010).

Viskositas akhir (*final viscosity*) menunjukkan kemampuan tepung untuk membentuk pasta kental setelah proses pemanasan atau pendinginan serta ketahanan pasta terhadap tekanan yang terjadi selama pengadukan (Kartikasari *et al.*, 2016). Adejumo *et al.* (2011) mengungkapkan bahwa peningkatan viskositas pada fase ini disebabkan oleh peningkatan pembentukan ikatan hidrogen intramolekuler yang mengarah pada pembentukan gel.

Viskositas balik (*setback viscosity*) menunjukkan perubahan viskositas selama pendinginan. Nilai *setback* yang tinggi menunjukkan adanya hubungan antara molekul pati terutama amilosa dengan protein dan memberikan kontribusi yang besar terhadap resistensi yang lebih rendah terhadap retrogradasi (Akinwale *et al.*, 2017). Hal ini disebabkan oleh penyusunan kembali molekul-molekul pati dalam campuran pati-isolat protein kedelai karena berkurangnya kandungan amilosa (Huerta-Abrego *et al.*, 2010).

Peningkatan Sifat Fungsional Pati Sagu dengan Penambahan Isolat protein kedelai dan TGase

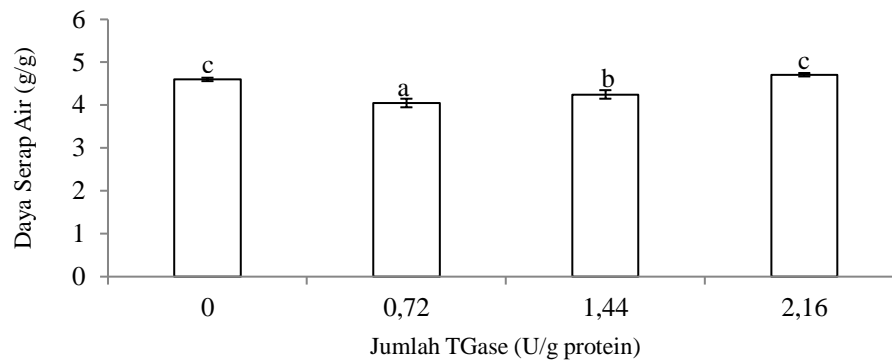
Pengaruh penambahan isolat protein kedelai dan TGase ke dalam pati sagu terhadap daya serap air dapat dilihat pada Gambar 2. Lysin dan glutamin merupakan syarat terbentuknya ikatan silang dengan TGase (DeJong dan Koppelman 2002). Berdasarkan hal tersebut telah terbentuk ikatan silang pada penambahan pati sagu dengan isolat protein kedelai dan TGase. Ikatan silang tersebut mampu meningkatkan penyerapan air pada pati sagu. Pengaruh penambahan isolat protein kedelai dan TGase ke dalam pati sagu terhadap *swelling power* dan kelarutan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Sifat fungsional dan amilografi pati sagu dengan penambahan isolat protein kedelai

Penambahan Protein	Swelling Power (%)	Kelarutan (%)	Sifat amilografi			
			PV (cP)	FV (cP)	SV (cP)	PT(°C)
Sagu	34,52 ^c	20,54 ^a	4237	2239	814	73,7
Sagu-PIK	13,02 ^a	20,90 ^a	3652	2357	1111	76,9

Keterangan:

PIK= Isolat protein kedelai 9%, PV (*Peak viscosity*), viskositas puncak, FV (*Final viscosity*; viskositas akhir), SV (*Setback viscosity*; viskositas balik), PT (*Pasting temperature*; suhu awal gelatinisasi), dan cP (*centipoise*).



Keterangan: Nilai diikuti oleh huruf yang berbeda dalam suatu diagram menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 2. Diagram peningkatan daya serap air pati sagu dengan penambahan TGase

Tabel 3. Sifat fungsional dan amilografi pati sagu dengan penambahan isolat protein kedelai dan TGase

Penambahan Protein dan TGase	Swelling Power (%)	Kelarutan (%)	Sifat amilografi			
			PV (cP)	FV (cP)	SV (cP)	PT (°C)
Sagu-PIK-TGase 1	18,72 ^b	32,28 ^c	4057	2523	1139	75,3
Sagu-PIK-TGase 2	16,59 ^a	19,04 ^b	4337	2617	1153	75,35
Sagu-PIK-TGase 3	16,94 ^a	16,68 ^a	4528	2674	1180	75,3
Sagu- Gluten	16,93 ^a	16,59 ^a	4745	2856	1139	74,9

Keterangan: PIK 9% = Isolat protein kedelai, Gluten 9%, PV (*Peak viscosity*), viskositas puncak, FV (*Final viscosity*; viskositas akhir), SV (*Setback viscosity*; viskositas balik), PT (*Pasting temperature*; suhu awal gelatinisasi), dan cP (*centipoise*). TGase: Transglutaminase 1 (0,72), 2 (1,44) dan 3 (2,16) U/g protein. Nilai diikuti oleh huruf yang berbeda dalam suatu diagram menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

Swelling power dengan penambahan penambahan isolat protein kedelai dan TGase 0,72 (U/g protein) ke dalam pati sagu mengalami peningkatan menjadi 18,72%, selanjutnya dengan peningkatan TGase 1,44 (U/g protein) menurunkan *swelling power* menjadi 16,59%, dan dengan peningkatan TGase 2,16 (U/g protein) *swelling power*-nya meningkat tetapi tidak signifikan menjadi 16,94%.

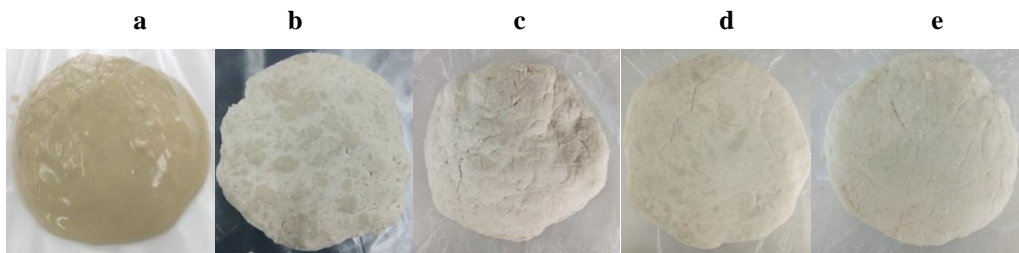
Peningkatan *swelling power* dengan penambahan isolat protein kedelai dan TGase pada dosis pertama merupakan pembentukan ikatan silang sehingga memungkinkan mengurangi gugus asam amino bebas (Gharst *et al.*, 2007). Penambahan dosis TGase selanjutnya mengakibatkan penurunan ikatan silang karena TGase kehabisan substrat asam amino (DeJong dan Koppelman, 2002). Kelarutan dengan penambahan isolat protein kedelai dan TGase 0,72 (U/g protein) pada pati sagu meningkatkan kelarutan menjadi 32,28%, selanjutnya dengan peningkatan TGase menurunkan kelarutannya secara bertahap hingga 16,68%.

Penambahan TGase pada pati sagu menurunkan suhu awal gelatinisasi menjadi 75,3 °C. Ikatan silang yang terbentuk antara isolat protein kedelai dan TGase mengakibatkan sifat hidrofiliknya

meningkat sehingga penyerapan airnya pun lebih tinggi dan membutuhkan energi yang lebih tinggi untuk memutuskan ikatan yang terbentuk antara pati dengan protein dan air.

Penambahan isolat protein kedelai dan TGase meningkatkan viskositas puncak, viskositas akhir, dan viskositas balik dikaitkan dengan ikatan silang yang mengakibatkan penyerapan air meningkat. Hal ini sesuai dengan ungkapan Goel *et al.* (1999) bahwa protein yang mampu membentuk ikatan silang dengan pati bertanggung jawab atas viskositas yang lebih tinggi dibandingkan viskositas pati sagu alami.

Pati sagu yang ditambahkan dengan protein isolat kedelai dapat dibentuk adonan dengan air suhu ruang tanpa menggunakan air panas terlebih dahulu. Penunjukkan pembuatan adonan dengan metode tersebut juga dilakukan oleh Rauf dan Sarbini (2015) ketika mengevaluasi teknik penentuan jumlah air terhadap sifat elongasi adonan dari campuran tepung terigu dan tepung singkong berdasarkan daya serap air tepung. Pada gambar 3, tampak bahwa penambahan isolat protein kedelai dan TGase 1,44 (U/g protein) pada pati sagu menunjukkan adonannya terbentuk dengan baik dibandingkan dengan penambahan konsentrasi TGase lainnya.



Gambar 3. Pembentukan adonan pati sagu dengan penambahan isolat protein kedelai (%) dan TGase (U/g protein) pada rasio (a) 0 : 0, (b) 10 : 0, (c) 10 : 0,72, (d) 10 : 1,44, (e) 10 : 2,16

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penambahan isolat protein kedelai 9% mampu meningkatkan daya serap air pati sagu hingga 4,60 g/g, yang menunjukkan pembentukan kompleks antara pati dengan protein. Peningkatan TGase 2,16 (U/g protein) pada penambahan isolat protein kedelai meningkatkan daya serap air hingga 4,71 g/g.

Saran

Penelitian ini hanya sampai pada pembuatan tepung sagu campuran isolat protein kedelai dan TGase, oleh karena itu penelitian selanjutnya diharapkan mengkaji pembuatan produk olahan dari tepung tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

[AACC] Association of American Cereal Chemist. 2010. *Approved Method of Analysis*. 11th ed. Method 76-21.01: General Pasting Method for Wheat or Rye Flour or Starch Using The Rapid Visco Analyser. Minnesota (US) : AACC.

[AACC] Association of American Cereal Chemist. 2010. *Approved Method of Analysis*. 11th ed. Method 44-15.02: Moisture-Air-Oven Methods. Minnesota (US) : AACC.

[AACC] Association of American Cereal Chemist. 2010. *Approved Method of Analysis*. 11th ed. Method 08-01.01: Ash-Basic Method. Minnesota (US) : AACC.

[AACC] Association of American Cereal Chemist. 2010. *Approved Method of Analysis*, 11th ed. Method 46-13.01: Crude Protein-Micro-Kjeldahl Method. Minnesota (US) : AACC.

[AOAC] Association of Analytical Chemist. 1997. *Official Method of Analysis of the Association of the Analytical Chemist*. Washington D. C. (US): Association of Analytical Communities.

[AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2012. *AOAC Official Method* 19th ed, 2003.06. Maryland (US): AOAC International.

Adejumo AL, Aderibigbe AF, dan Layokun SK. 2011. Cassava starch: Production, physicochemical properties, and hydrolysatation

- A review. *Adv in Food Energy Secur.* 2: 8-17.

Afrinati F, Efendi R, dan Yusmarini. 2016. Pemanfaatan pati sagu dan tepung kelapa dalam pembuatan kue bangkit. *Jom Faperta UR.* 3 (2): 1-16.

Ahmad FB, Peter A. Williams PA, Doublierb JL, Durandb S, Buleon A. 1999. Physico-chemical characterisation of sago starch. *Carbohydr Polym.* 38: 361-370.

Akinwale TE, Shittu TA, Adebowale AA, Adewuyi S, Abass AB. 2017. Effect of soy protein isolate on the functional, pasting, and sensory acceptability of cassava starch-based custard. *Food Sci Nutr.* 1-7.

DeJong GAH dan Koppelman SJ. 2002. Transglutaminase catalyzed reactions: impact on food applications. *Journal Food Sci.* 67 (8): 2798-2806.

Goel PK, Singhal RS, dan Kulkarni PR. 1999. Studies on interaction of corn starch with casein and hydrolysates. *Food Chem.* 64: 383-389.

Gharst G, Clare DA, Davis JP, Sanders TH. 2007. The effect of transglutaminase crosslinking on the rheological characteristics of heated peanut flour dispersions. *Journal Food Sci.* 72(7): 369-371.

Gromiha MM. 2010. *Protein Bioinformatics: From Sequence to Function. Chapter 1: Proteins.* A Division of Reed Elsevier Indi Pvt, Ltd.

Huerta-Abrego A, Segura-Campos M, Chel-Guerrero N, BetancurAncona D. 2010. Functional properties of starch with lima bean proteins. *Food Technol Biotechnol.* 48: 36-41

Holtmeier W dan Caspary WF. 2006. Celiac Disease. *Orphanet Journal Rare Dis.* 1 (3): 1-8.

Jading A, Tethool E, Payung P, Gultom S. 2011. Karakteristik fisikokimia pati sagu hasil pengeringan secara fluidasi menggunakan alat pengering cross flow fluidized bed bertena surnya dan biomassa. *Reaktor.* 13(3): 155-164.

Jideani VA. 2011. Functional Properties of Soybean Food Ingredients in Food Systems. *Soybean-Biochemistry, Chemistry and Physiology.* Prof. Tzi-Bun Ng (Ed). ISBN: 978-953-307-219-7. *InTech.*

- Karim AA, Tie AP, Manan DMA, Zaidul ISM. 2008. Starch from the sago (*Metroxylon sagu*) palm tree-properties, prospects, and challenges as a new industrial source for food and other uses. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 7:215-228.
- Kartikasari SN, Sari P, dan Subagio A. 2016. Karakterisasi sifat kimia, profil amilografi (RVA) dan morfologi granula (SEM) pati singkong termodifikasi secara biologi. *Jurnal Agrotekn.* 10 (1): 12-24.
- Leach HW, McCowen LD, dan Schoch TJ. 1959. Structure of the starch granules. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.* 36: 534-544.
- Marco C dan Rosell CM. 2008. Functional and rheological properties of protein enriched gluten free composite flours. *Journal Food Eng.* 88: 94-103.
- Metaragakusuma AP, Katsuya O, dan Bai H. 2015. An overview of the traditional use of sago for sago-based food industry in Indonesia. *Kne Life Science.* 3: 119-124.
- Mohamed A, Jamilah B, Abbas KA, Rahman RA, Roselina K. 2008. A review on physicochemical and thermorheological properties of sago starch. *Am Journal Agric Biol Sci.* 3 (4): 639-646.
- Mohsen SM, Fadel HHM, Bekhit MA, Edris AE, Ahmed MYS. 2009. Effect of substitution of soy protein isolate on aroma volatiles, chemical composition and sensory quality of wheat cookies. *Int Journal Food Sci Technol.* 44 (9): 1705-1712.
- Niebla JAV, Lopez OP, Lopez JMV, Lopez DH. 1993. Moisture sorption isotherms and other physicochemical properties of nixtamalized amaranth flour. *Food Chem.* 46: 19-23.
- Otegbayo BO, Samuel FO, dan Alalade T. 2013. Functional properties of soy-enriched tapioca. *Afr J Biotechnol.* 12 (22): 3583-3589.
- Qin XS, Sun QQ, Zhao YY, Zhong XY, Mu DD, Jiang ST, Luo SZ, Zheng Z. 2017. Transglutaminase-set colloidal properties of wheat gluten with ultrasound pretreatments. *Ultrason Sonochem.* 39: 137-143.
- Rauf R dan Sarbini D. 2015. Daya serap air sebagai acuan untuk menentukan volume air dalam pembuatan adonan roti dari campuran tepung terigu dan tepung singkong. *Agritech.* 35 (3): 324-330.
- Shewry PR, Halford NG, Belton PS, Tatham AS. 2002. The structure and properties of gluten: an elastic protein from wheat grain. *Phil Trans R Soc Lond B.* 357: 133-142.
- Singh J, Sing N, Sharma TR, Saxena SIPK. 2003. Physicochemical, rheological and cookie making properties of corn and potato flours. *Food Chem.* 83: 387-393.
- Singh N, Sandhu KS, dan Kaur M. 2004. Characterization of starches separated from Indian chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars. *Journal Food Eng.* 63: 441-449.
- Storck CR, Zavareze ER, Gularte MA, Elias MC, Rosell CM, Dias ARG. 2013. Protein enrichment and its effects on gluten-free bread characteristics. *LWT-Food Sci and Technol.* 53: 346-354.
- Syafutri MI. 2015. Sifat fungsional dan sifat pasta sago Bangka. *Sagu.* 14 (1): 1-5.
- Tirta WWKP, Indrianti N, dan Ekafitri R. 2013. Potensi tanaman sago (*Metroxylon* sp.) dalam mendukung ketahanan pangan di Indonesia. *Pangan.* 2(1): 61-76.
- Trevino SR, Scholtz JM, dan Pace CN. 2009. Amino acid contribution to protein solubility: Asp, Glu, and Ser contribute more favorably than the other hydrophilic amino acids in RNase Sa. *Journal Mol Biol.* 366(2): 449-460.
- Wahjuningsih SB, Marsono, Praseptiangga D, Haryanto B. 2016. A study of sago starch and red bean flour-based analog rice development as functional food. *CAFEi:* 71-76.
- Zaidul ISM, Yamauchi H, Kim SJ, Hashimoto N, Noda T. 2007. RVA study of mixtures of wheat flour and potato starches with different phosphorus contents. *Food Chemical.* 102: 1105-1111.
- Zayas JF. 1997. *Functionality of proteins in food. Chapter 2: Water Holding Capacity of Proteins.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg