

KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN FUNGSIONAL PATI SAGU FOSFAT PADA BERBAGAI KONSENTRASI RASIO SODIUM TRIMETAPHOSPHATE DENGAN SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE

PHYSICOCHEMICAL AND FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF PHOSPHORYLATED SAGO STARCH AT VARIOUS CONCENTRATIONS OF SODIUM TRIMETAPHOSPHATE WITH SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE RATIO

Abdul Rahim^{1*}, Nuraeni¹, Chitra Anggriani¹, Jusman², Syamsuddin², Ega Kurnia¹

¹Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu

²Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tadulako, Palu
Jl. Soekarno-Hatta Km9, Tondo-Palu 94118, Sulawesi Tengah. Telp. 0451-429738

ABSTRAK

Pati sagu alami penggunaannya terbatas untuk pangan dan non pangan. Oleh karena itu, perlu dimodifikasi untuk memperbaiki karakteristik fisikokimia dan fungsionalnya. Tujuan penelitian untuk mendapatkan konsentrasi rasio *sodium trimetaphosphate* (STMP) dengan *sodium tripolyphosphate* (STPP) berdasarkan karakteristik fisikokimia dan fungsional pati sagu fosfat. Penelitian terdiri dari satu faktor dengan 7 taraf konsentrasi rasio STMP/STPP=99/1 yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 dan 12% (berat/berat pati). Variabel analisis diantaranya kadar fosfat, kadar air, kadar abu, daya menahan air, daya menahan minyak, daya mengembang dan kelarutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi rasio STMP/STPP yang terbaik terdapat pada 6%. Kadar fosfat dan kadar abu pati sagu fosfat meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi rasio STMP/STPP sampai konsentrasi 12% sedangkan daya menahan air dan daya mengembang meningkat sampai 8% selanjutnya menurun sampai akhir konsentrasi 12%. Kadar air dan daya menahan minyak pati sagu fosfat menurun seiring bertambahnya konsentrasi rasio STMP/STPP. Kelarutan pati sagu fosfat cenderung konstan seiring bertambahnya konsentrasi rasio STMP/STPP.

Kata Kunci: karakteristik fisikokimia, karakteristik fungsional, pati sagu fosfat, rasio STMP/STPP

ABSTRACT

Native sago starch has limited use for food and non-food purposes. Therefore, it was needs to be modified to improve its characteristics of physicochemical and functional. The objectives of the research was to obtain the concentration of sodium trimetaphosphate (STMP) to sodium tripolyphosphate (STPP) ratio based on the physicochemical and functional characteristics of phosphorylated sago starch. The research consisted of one factor with 7 levels of concentrations of STMP/STPP=99/1 ratio, namely 0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12% (w/w starch). Analysis variables were phosphate content, water content, ash content, water holding capacity, oil holding capacity, swelling power and solubility. The research results showed that the best concentrations of STMP/STPP ratio was found 6%. The phosphate content and ash content of phosphorylated sago starch increased with the increasing concentration of the STMP/STPP ratio up to a concentration of 12%, while the water holding capacity and swelling power increased to 8% and then decreased until the final concentration was 12%. The water content and oil holding capacity of phosphorylated sago starch the decreased with the increasing concentration of the STMP/STPP ratio. The solubility of phosphorylated sago starch tends to be constant with the increasing concentration of the STMP/STPP ratio.

Keywords: *physicochemical and functional characteristics, phosphorylated sago starch and STMP/STPP ratio.*

^{*)} Penulis Korespondensi.

E-mail: a_pahira@yahoo.com

Telp: +62-85397897809

Pendahuluan

Tanaman sagu di Indonesia banyak tersebar di daerah Papua, Papua Barat, Maluku Utara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Selatan, Kalimantan Selatan, Kalimantan Barat, Jambi, Sumatera Barat (Mentawai) dan Riau (Gunawan *et al.*, 2022). Pada umumnya sagu bisa tumbuh pada lahan yang basah atau tergenang, baik bersifat permanen, tergenang ketika berlangsung musim hujan dan ada juga yang tumbuh di lahan kering (Moniharapon *et al.*, 2016). Tanaman sagu merupakan sumber pati yang diperoleh dari batangnya. Pati tersebut dapat digunakan pada industri pangan-non pangan meskipun masih terbatas. Pati sagu memiliki peranan penting dalam industri pengolahan pangan-non pangan seperti permen, glukosa, dekstrosa, sirup fruktosa, kertas, lem, tekstil, lumpur pemboran, dan lain-lain. Sagu adalah salah satu bahan pangan yang banyak mengandung karbohidrat, sehingga menjadi bahan makanan pokok di beberapa daerah di Indonesia khususnya masyarakat di Indonesia Timur. Produk sagu yang dikonsumsi sebagian besar masyarakat di Indonesia berupa tepung sagu yaitu produk dari ekstraksi serat batang sagu (Pratiwi dan Hartono, 2022).

Berdasarkan pemanfaatannya, pati sagu yang sering digunakan dalam industri pangan dapat dibedakan menjadi dua yaitu pati alami (native starch) dan pati termodifikasi (modified starch). Pati alami merupakan pati yang masih mempertahankan struktur dan karakteristik alaminya. Modifikasi pati sangat penting dilakukan dalam mengatasi kekurangan sifat fisikokimia dan fungsional pati alami, sehingga pati alami yang sudah termodifikasi dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan (Noerwijati *et al.*, 2015).

Fosforilasi merupakan salah satu metode modifikasi pati yang membentuk ikatan silang dengan menggunakan rasio sodium trimetaphosphate (STMP) dengan sodium tripolyphosphate (STPP). STMP dan STPP biasanya digunakan sebagai bahan tambahan dalam makanan sebagai pengawet, pengemulsi, penstabil, pengental pada susu evaporasi, pengental susu bubuk kental manis, es dan lain-lain. Disamping itu, STMP dan STPP merupakan reagen modifikasi yang dapat membentuk ikatan

silang yang dapat mengubah struktur pati menjadi lebih kuat. Penelitian bertujuan mendapatkan konsentrasi rasio STMP/STPP:99/1 berdasarkan karakteristik fisikokimia dan fungsional pati sagu fosfat.

Metode Penelitian

Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian diantaranya pengaduk magnet, penyaring vakum, environmental orbital *shaker*, *hotplate*, pH digital, *cabinet dryer*, stirrer, batang pengaduk, gelas kimia, oven, timbangan analitik, cawan, tanur, tabung reaksi, desikator, agitator, pipet, sentrifugasi, penangas air dan alat tulis menulis. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian adalah pati sagu yang diperoleh Desa Towale Kabupaten Sigi. Bahan-bahan kimia yang digunakan yaitu STMP, STPP, akuades, NaOH, HCl, etanol dan minyak zaitun.

Desain penelitian

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap satu faktor yang terdiri dari 7 taraf perlakuan yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 dan 12% (berat/berat dari pati sagu). Setiap perlakuan diulang 3 kali, sehingga terdapat 21 unit percobaan. Pengaruh perlakuan yang dicobakan dilakukan melalui analisis ragam dan bila perlakuan menunjukkan pengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji beda nilai jujur.

Pelaksanaan Penelitian

Sintesis pati sagu fosfat sesuai metode yang telah dikembangkan oleh Rahim *et al.* (2013) dengan modifikasi sedikit. Sebanyak 50 g pati sagu dilarutkan dalam 112,5 ml akuades diaduk dengan pengaduk magnet selama satu jam pada suhu kamar pada gelas beker di atas *hotplate*. Selanjutnya pH suspensi diatur menjadi pH 10 dengan ditambahkan NaOH 3% (b/v) sambil tetap dilakukan pengadukan. Proses selanjutnya ditambahkan konsentrasi rasio STMP/STPP:99/1 sesuai perlakuan 0, 2, 4, 6, 8, 10 dan 12%, (b/b pati) sambil diaduk dengan kecepatan agitator 200 rpm selama 40 menit. Setelah itu, pH diatur sampai 4,5 menggunakan HCl 0,5 N untuk menghentikan reaksi. Endapan pati yang diperoleh dicuci dengan akuades dua kali dan etanol 75% satu kali. Selanjutnya pati dikeringkan dalam *cabinet dryer* pada suhu 50°C

selama 24 jam, kemudian digiling dan selanjutnya diayak untuk mendapatkan pati sagu fosfat. Variabel yang diamati diantaranya kadar fosfat, kadar air, kadar abu, daya menahan air, daya menahan minyak, daya mengembang dan kelarutan pati sagu fosfat.

Kadar posfat

Analisis kadar posfat dilakukan dengan cara menimbang pati sagu sebanyak 25 g menggunakan timbangan analitik. Pati yang telah ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam cawan pengabuan lalu dipanaskan menggunakan tanur hingga menjadi abu. Setelah itu larutan HCl 1:3 sebanyak 10 ml dimasukkan ke dalam cawan tersebut. Sambil disaring masukkan ke dalam labu 50 ml, dicukupkan hingga tanda tera dengan akuades. Dari cawan tersebut kemudian dipipet sebanyak 5 ml lalu dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Sebanyak 0,5 ml pereaksi P (pospat) pekat ditambahkan ke dalam tabung reaksi dan dibiarkan selama 15 menit. Absorbansi larutan kemudian diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm. Kadar fosfat ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\%P = \text{ppm kurva} \times \frac{\text{vol.larutan}}{1000} \times \frac{100}{\text{berat sampel}} \times \text{faktor konversi} \times \text{faktor koreksi} \times 1000$$

Kadar air (AOAC, 1990)

Cawan kosong dibersihkan, lalu diberi label kemudian dipanaskan di dalam oven pada suhu 105°C selama 15 menit, kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik. Sampel yang telah dihaluskan ditimbang di dalam cawan sebanyak 2 g. Selanjutnya cawan beserta isinya dipanaskan di dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam. Cawan selanjutnya di pindahkan ke dalam desikator, lalu didinginkan kemudian ditimbang. Setelah itu cawan dipanaskan kembali di dalam oven hingga diperoleh berat konstan (selisih penimbangan berturut-turut kurang dari 0,2 mg). Nilai kadar air bahan diperoleh melalui persamaan :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(BS+BCK)-(BC+I*)}{BS} \times 100, \text{ dimana}$$

BS: berat sampel, BCK: berat cawan kosong dan (BC + I*): berat cawan dengan isi setelah dipanaskan.

Kadar Abu (AOAC 1990)

Kadar abu ditentukan dengan metode pemanasan dalam tanur bersuhu 550°C. Mula-mula cawan pengabuan dipanaskan dalam tanur, lalu didinginkan di dalam desikator selama 15 menit, kemudian ditimbang. Proses ini diulangi sampai diperoleh berat konstan (X) ke dalam cawan tersebut diisi sampel sebanyak 2 g (Y) kemudian dimasukkan ke dalam tanur dibakar sampai diperoleh abu yang berwarna kelabu dan mempunyai berat yang konstan. Pengabuan dilakukan dalam dua tahap, yaitu pertama pada suhu sekitar 400°C, pada tahap ini pintu tanur dibiarkan terbuka, sebab bahan yang dibakar akan mengeluarkan asap. Pemanasan dilanjutkan pada suhu 550 °C dengan pintu tanur tertutup, abu didinginkan dalam desikator, lalu ditimbang (Z). Kadar abu dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{[Z-Y]}{Y} \times 100$$

Daya menahan air dan minyak

Daya menahan air dan minyak pati sagu fosfat diukur menggunakan metode Larrauri *et al.* (1996). Dua puluh lima mililiter akuades atau minyak zaitun komersial ditambahkan ke 250 mg sampel kering, diaduk dan dibiarkan pada suhu kamar selama 1 jam. Setelah sentrifugasi residu ditimbang, daya menahan air dan minyak dihitung sebagai g air atau minyak per g sampel kering.

Daya mengembang dan kelarutan

Daya mengembang dan kelarutan ditentukan berdasarkan metode yang dikemukakan oleh Adebawale *et al.* (2009). Pati disuspensikan dengan akuades (1%, b/v) dalam tabung reaksi yang telah diketahui beratnya (W1). Kemudian dipanaskan pada penangas air pada suhu 80°C selama 30 menit, lalu didinginkan hingga suhu ruang. Selanjutnya disentrifugasi pada kecepatan 3400 rpm selama 15 menit, sehingga terpisah residu dan supernatan. Residu dan air yang tertahan setelah disentrifugasi kemudian ditimbang (W2). Swelling power pati berdasarkan berat kering ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Daya Mengembang (g/g)} = \frac{(W2-W1)}{\text{Berat Pati Sagu}}$$

Supernatan dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya, selanjutnya dikeringkan hingga berat konstan pada suhu 110°C. Residu yang terdapat setelah dikeringkannya supernatan, menunjukkan jumlah pati sagu yang terlarut dalam air (%)

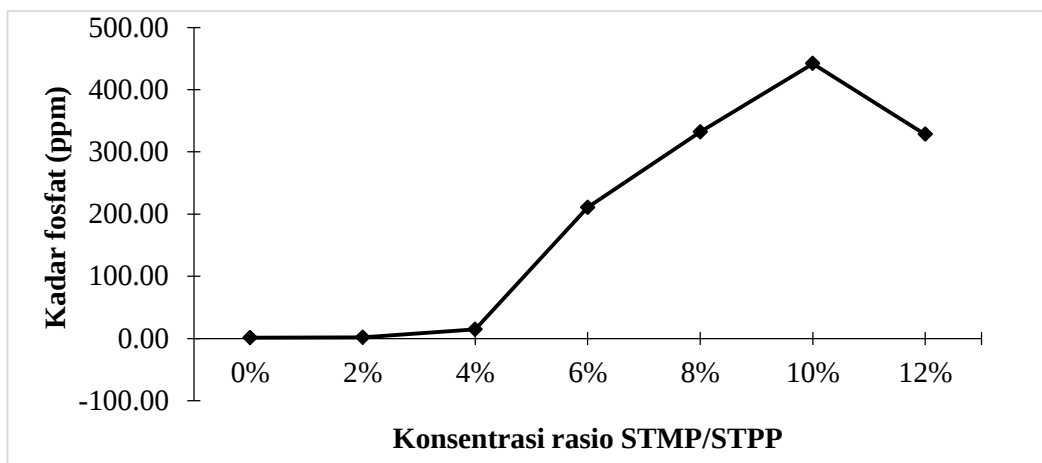
Hasil dan Pembahasan

Kadar Fosfat Pati Sagu Fosfat

Konsentrasi rasio STMP/STPP memberikan pengaruh nyata terhadap kadar fosfat dari pati sagu fosfat yang dapat dilihat pada Gambar 1. Kadar fosfat tertinggi diperoleh pada konsentrasi rasio STMP/STPP 10% dan terendah terdapat pada 0%. Kadar fosfat meningkat seiring

dengan bertambahnya konsentrasi rasio STMP/STPP. Hal ini diduga bahwa bertambahnya konsentrasi STMP/STPP dapat meningkatkan energi kinetik partikel yang menyebabkan reaksi cepat terjadi dan menghasilkan produk yang lebih banyak.

Breemer *et al.* (2020) melaporkan bahwa semakin tinggi konsentrasi reagen STPP yang digunakan maka semakin tinggi konsentrasi garam fosfat yang tersedia, sehingga peluang gugus fosfat yang tersubstitusi pada tepung buru hotong akan semakin besar. Menurut Leonel *et al.* (2021) menyatakan bahwa semakin banyak fosfat yang digunakan maka akan meningkatkan terjadinya reaksi fosforilasi.



Gambar 1. Kadar fosfat pati sagu fosfat pada berbagai konsentrasi rasio STMP/STPP

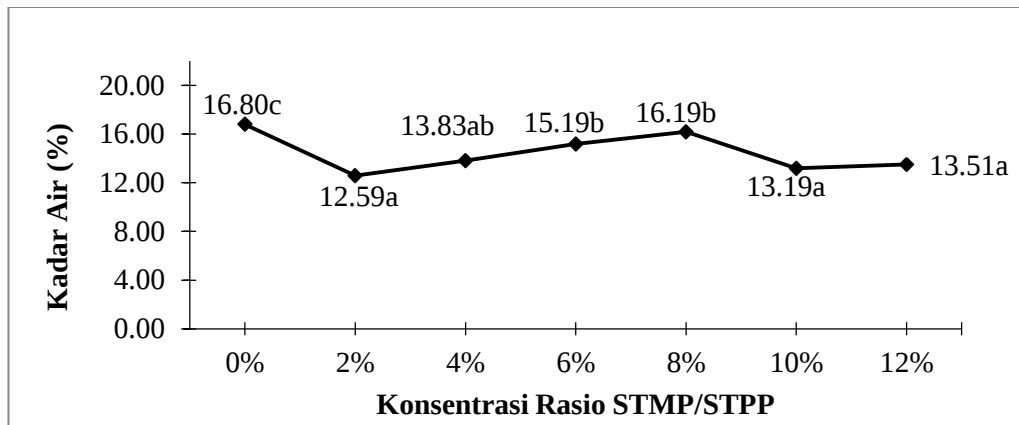
Kadar Air Pati Sagu Fosfat

Kadar air dari pati sagu fosfat signifikan terhadap konsentrasi rasio STMP/STPP yang dapat dilihat pada Gambar 2. Kadar air tertinggi diperoleh pada konsentrasi rasio STMP/STPP 0% atau pada pati sagu alami dan terendah diperoleh pada 2%. Kadar air pati sagu alami lebih tinggi dibandingkan dengan pati sagu modifikasi. Menurut Setiyoko *et al.* (2021), pati alami memiliki kadar air yang tinggi dikarenakan hampir semua gugus OH belum berikatan dengan reagen modifikasi seperti STTP sehingga masih banyak mengandung air.

Kadar air pati sagu fosfat meningkat mulai dari konsentrasi rasio STMP/STPP 2-8% dan selanjutnya menurun sedikit sampai akhir

konsentrasi 12%. Peningkatan kadar air pati sagu fosfat disebabkan karena STMP/STPP yang ditambahkan memiliki gugus fosfat yang bersifat hidrofilik, namun pada fosforilasi tertentu dapat membentuk ikatan silang pada molekul granula pati.

Menurut Yuliani *et al.* (2022) bahwa pengikatan gugus polar fosfat pada STMP dan STPP menyebabkan pati modifikasi bersifat hidrofilik. Dijelaskan lebih lanjut oleh Faridah dan Thonthowi (2020) bahwa kadar air pati hasil modifikasi sangat dipengaruhi oleh kondisi proses terutama pada saat pengeringan.



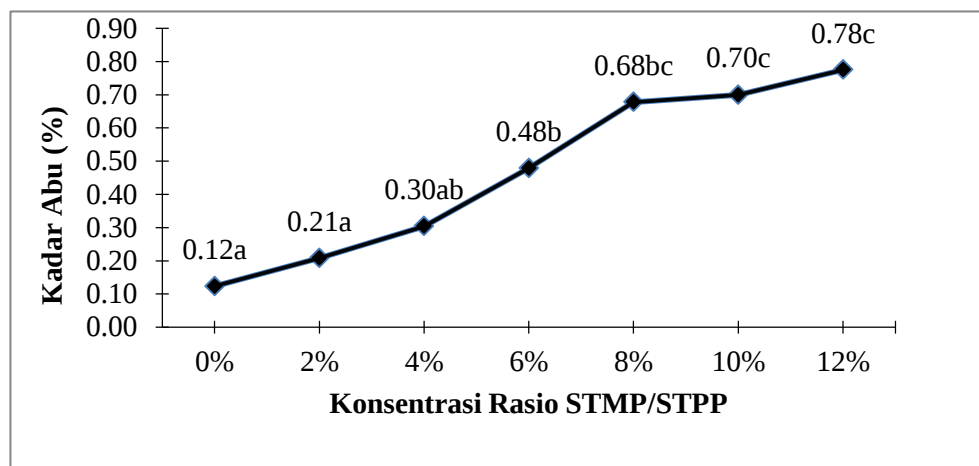
Gambar 2. Kadar air pati sagu fosfat pada berbagai konsentrasi rasio STMP/STPP

Kadar Abu Pati Sagu Fosfat

Konsentrasi rasio STMP/STPP berpengaruh nyata terhadap kadar abu pati sagu fosfat yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pada Gambar 3, menunjukkan bahwa pati sagu fosfat dengan konsentrasi rasio STMP/STPP 12% memiliki kadar abu tertinggi yaitu 0,78%, sedangkan kadar abu terendah terdapat pada konsentrasi rasio STMP/STPP 0% dengan nilai 0,12%. Hal ini disebabkan adanya penetrasi fosfor yang terjadi dari rasio STMP/STPP ke dalam granula pati dan membentuk ikatan silang dalam molekul pati. Fosfor mampu meningkatkan kadar abu karena fosfor merupakan komponen penyusun ikat silang dalam molekul pati modifikasi. Menurut Rahim (2020), bahwa pati aren asetat fosfat memiliki kadar abu lebih tinggi dibandingkan dengan pati

aren alam serta meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi rasio STMP dan STPP. Menurut Rao dan Parimalavalli (2019) bahwa kadar abu pati jagung fosfat lebih tinggi dibandingkan dengan pati alaminya.

Kadar abu pati sagu fosfat meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi rasio STMP/STPP. Menurut Fatkhayah *et al.* (2020), bahwa penambahan konsentrasi STPP mengakibatkan peningkatan kadar abu. Penetrasi fosfor terjadi dari STPP ke dalam granula pati dan berikatan dengan rantai polimer pati membentuk jembatan fosfat antara molekul pati. Fosfor mampu meningkatkan kadar abu karena fosfor merupakan komponen penyusun abu. Menurut Windhaswari *et al.* (2014), kadar abu tepung modifikasi yang dihasilkan meningkat seiring semakin tingginya penambahan konsentrasi STPP.



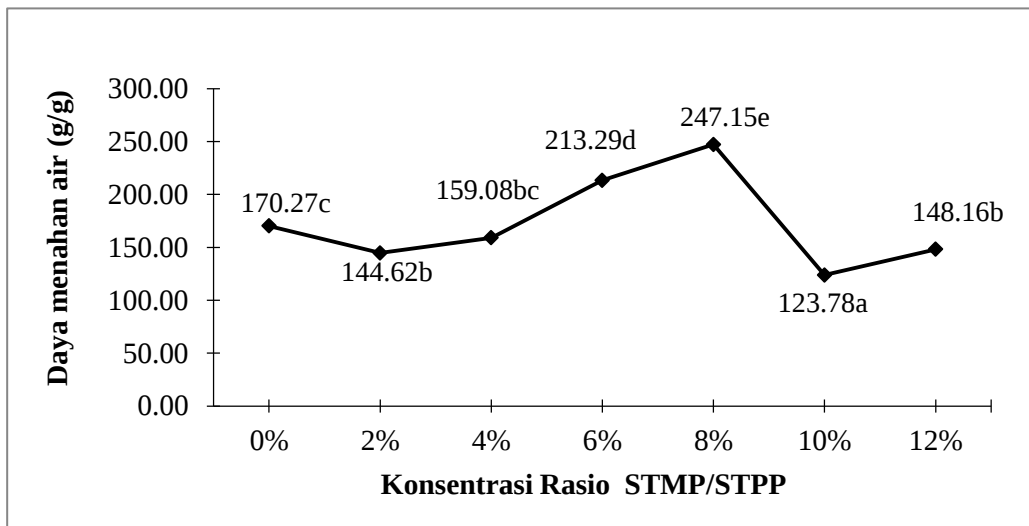
Gambar 3. Kadar abu pati sagu fosfat pada berbagai konsentrasi rasio STMP/STPP

Daya Menahan Air

Konsentrasi rasio STMP / STPP: 99/1 berpengaruh nyata terhadap daya menahan air pati sagu fosfat yang dapat dilihat pada Gambar 4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pati sagu fosfat dengan konsentrasi rasio STMP/STPP 8% memiliki daya menahan air tertinggi dan terendah pada konsentrasi rasion STMP/STPP 10%. Daya menahan air meningkat sampai penambahan konsentrasi rasio STMP/STPP 8% dan selanjutnya menurun sampai akhir konsentrasi 12%. Hasil penelitian menunjukan bahwa makin tinggi konsentrasi rasio STMP/STPP yang ditambahkan maka semakin banyak fosfor yang terpenetrasi dalam granula molekul pati untuk membentuk ikatan silang sesuai tingkat fosforilasi. Penambahan reagen

yang mengandung fosfat akan meningkatkan interaksi pati dengan senyawa poli fungsional yang dapat bereaksi dengan gugus-OH pada struktur amilosa atau amilopektin untuk membentuk ikatan silang yang menyebabkan semakin sulitnya air masuk ke dalam sel hingga akan menurunkan daya menahan air (Herlina, 2010).

Hasil penelitian yang diperoleh mirip dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Asyiqah *et al.* (2022) bahwa daya menahan air pati hasil modifikasi meningkat seiring dengan semakin banyaknya senyawa fosfat yang terpenetrasi ke dalam granula molekul pati, granula pati semakin stabil dan semakin tidak mudah terdispersi dalam air pada tingkat fosforilasi tertentu.



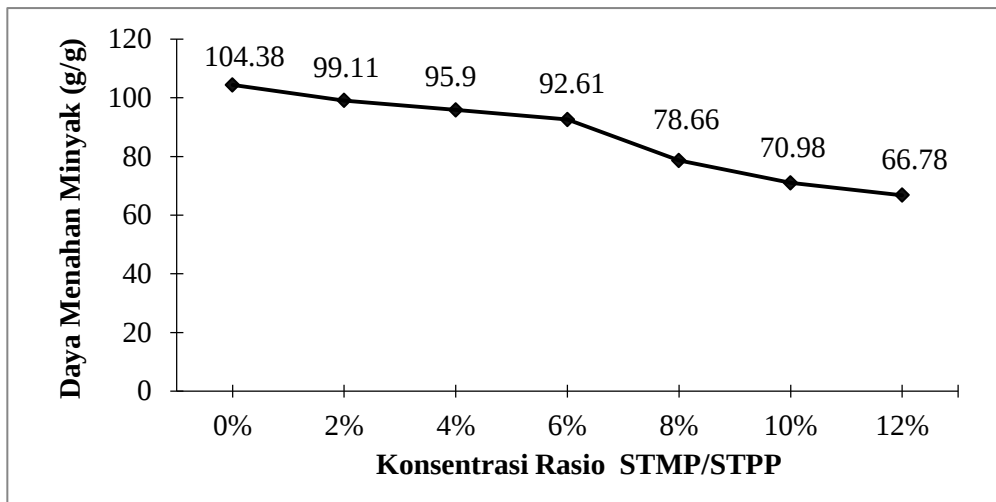
Gambar 4. Daya menahan air pati sagu fosfat pada berbagai konsentrasi rasio STMP/STPP

Daya Menahan Minyak

Konsentrasi rasio STMP / STPP: 99/1 tidak memberikan pengaruh nyata terhadap daya menahan minyak pati sagu fosfat yang ditunjukkan pada Gambar 5. Daya menahan air tertinggi diperoleh pada konsentrasi rasio STMP/STPP 0% (pati sagu alami) dan terendah pada konsentrasi rasio STMP/STPP 12%. Daya menahan minyak menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi rasio STMP/STPP sampai 12%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi STMP/STPP yang diberikan maka kemampuan daya menahan minyak menurun disebabkan granula pati sagu lebih bersifat hidrofilik sampai pada tingkat

fosforilasi 12% dan juga terjadi pengikatan air semakin lemah.

Menurut Winarti (2014), bahwa kemampuan menyerap minyak pada pati menunjukkan bahwa pati memiliki bagian yang bersifat hidrofilik. Daya serap minyak dipengaruhi oleh adanya protein pada permukaan granula pati yang membentuk kompleks untuk berikatan dengan minyak pada granula molekul pati. Menurut Rahim *et al.* (2020), protein yang terdapat pada granula pati mempengaruhi daya serap minyak karena protein bisa membentuk kompleks yang dapat memberi tempat terikatnya minyak pada granula molekul pati.



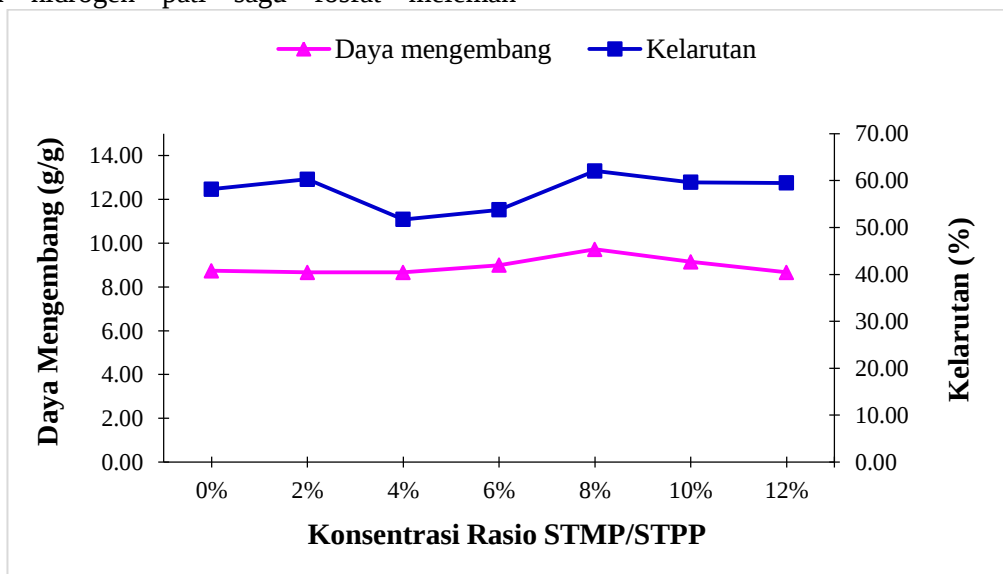
Gambar 5. Daya menahan minyak pati sagu fosfat pada berbagai konsentrasi rasio STMP/STPP

Daya Mengembang dan Kelarutan

Konsentrasi rasio STMP / STPP: 99/1 berpengaruh nyata terhadap daya mengembang pati sagu fosfat yang dapat dilihat pada Gambar 6. Daya mengembang pati sagu fosfat tertinggi diperoleh pada konsentrasi rasio STMP/STPP 8% (9,71 g/g) dan terendah pada konsentrasi rasio STMP/STPP 2, 4 dan 12% masing-masing memiliki daya mengembang yang sama sebesar 8,67 g/g.

Daya mengembang menunjukkan bahwa ikatan hidrogen pati sagu fosfat melemah

sehingga mengakibatkan granula pati mengembang di akibatkan mudahnya air masuk ke dalam granula pati. Menurut Haryani *et al.* (2020) melaporkan bahwa penurunan daya mengembang disebabkan adanya gugus karboksil mengalami depolimerisasi menyebabkan kemampuan mekul pati untuk mengikat air melalui pembentukan ikatan hidrogen melemah. Setelah gelatinisasi ikatan hidrogen antara mekul pati terputus dan digantikan oleh ikatan hidrogen dengan air.



Gambar 6. Daya mengembang dan kelarutan pati sagu fosfat pada berbagai konsentrasi rasio STMP/STPP

Konsentrasi rasio STMP / STPP: 99/1 tidak berpengaruh nyata terhadap kelarutan pati sagu fosfat yang ditunjukkan pada Gambar 6. Kelarutan pati sagu fosfat tertinggi diperoleh pada konsentrasi rasio STMP/STPP 8% (62,08 %) dan terendah pada konsentrasi rasio STMP/STPP 4% (51,71%). Adanya peningkatan daya larut pada pati sagu fosfat disebabkan karena terjadi perubahan struktur pada granula molekul pati yaitu gugus -OH pada pati sagu yang dapat menyebabkan melemahnya ikatan hidrogen granula pati sehingga kelarutan pati modifikasi juga bertambah (Mbougoung *et al.*, 2012).

Kesimpulan

Konsentrasi rasio STMP/STPP (99:1) yang memberikan karakteristik fisikokimia dan fungsional yang terbaik dalam modifikasi pati sagu fosfat adalah 6 % dari berat pati. Adapun karakteristik fisikokimia dan fungsional pati sagu fasfat pada konsentrasi rasio STMP/STPP 6% diantaranya kadar fosfat 130,84 ppm, kadar air 15,19%, kadar abu 0,48%, daya menahan air 213,29 g/g, daya menahan minyak 92,61 g/g, daya mengembang 8,99 g/g dan kelarutan 53,77 %.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih dihaturkan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang telah memberikan dukungan pendanaan penelitian melalui skema Hibah Penelitian Terapan Tahun 2021.

Daftar Pustaka

Adebowale, K. O., Henle, T., Schwarzenbolz, U. & Doert, T. 2009. Modification and properties of African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa* Hochst. ExA. Rich.) Harms starch I: Heat moisture treatments and annealing. Food Hydrocolloids. 23(7):1-11.

AOAC, [Assn of Official Analytical Chemist], 1990. Official methods of analisis. Method 985.29.15 th (eds). Washington D.C.

Asyiqah, S., Ilham, A., Rahmaniah & Fitriyanti. 2022. Studi kualitas *edible film* berbasis limbah air cucian beras (*Oryza sativa*) dan pektin kulit papaya (*Carica papaya* L.) dengan penambahan gliserol. Jurnal Fisika dan Terapannya. 9(1): 34-44.

Breemer, R., Sigmarlatu, T. & Polnaya, F.J. 2020. Pengaruh penambahan, sodium tripolyphosphateterhadap karakteristik tepung buru hotong fosfat. Universita Pattimura Maluku. 9(1): 88-95.

Faridah, D. N. & Thonthowi, A. 2020. Karakterisasi fisik pati tapioka modifikasi gabungan hidroksipropilasi dengan fosfat-ikat silang. Jurnal Mutu Pangan: Indonesian Journal of Food Quality. 7(1):30-37.

Fatkhiah, N., Kurniasari, L., & Riwayati, I. 2020. Modifikasi pati umbi ganyong (*Canna edulis* Kerr) secara ikatan silang menggunakan sodium tripoliphosphat (STPP). Jurnal Inovasi Teknik Kimia. 5(2), 81-86.

Gunawan, Y. 2022. Analisis pengaruh ukuran diameter serat tangkai sagu terhadap sifat mekanik pada material komposit. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin. 2(2): 50-60.

Haryani, K., Siregar, A., & Larasati, D. L. 2020. Modifikasi pati sorgum (*Sorgum bicolor* L.) dengan metode oksidasi menggunakan hidrogen peroksida. Jurnal Inovasi Teknik Kimia. 5(2): 98-101.

Herlina. 2010. Karakterisasi sifat fisik, kimia, dan fungsional bahan pati umbi gembili (*Dioscorea esculenta* L.) termodifikasi secara ikatan silang dengan natrium tripolifosfat. AGROTEK 4(1), 60-67.

Larruari, J.A., Ruperez, B., Borroto & Saura-Calixto, S. 1996. Mango peels as a new tropical fibre: preparation and characterization. Journal Labensm Wiss. U. Technology. 2(9): 729-733.

Leonel, M., Del Bem, M. S., Dos Santos, T. P., & Franco, C. M. L. 2021. Preparation and properties of phosphate starches from tuberous roots. International Journal of

- Biological Macromolecules. 1(83): 898-907.
- Mbougueng, P. D., Tenin, D., Scher, J. & Tchiegang, C. 2012. Influence of acylation on physicochemical functional and thermal properties of potato and cassava starches. *Jurnal Food Engineering*. 108:320-326.
- Moniharapon, A. 2016. Effect of modified sago starch concentration on candy making. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*. 8(1): 49–56.
- Noerwijati, K. 2012. Upaya modifikasi pati ubikayu melalui pemuliaan tanaman. *Buletin Palawija*. 13(1):92-100.
- Nugroho., S. Kadir, U., Made., Jusman & If'all, 2020. Pengaruh konsentrasi sodim trimetaphosphate dan sodium tripolyphosphat terhadap karakteristik kimia pati aren modifikasi. *Jurnal Teknologi Industri Pangan*. 13(1): 399-408.
- Pratiwi, Y. E., & Hartono, Y. D. 2022. Efektivitas limbah serat batang sagu dalam mengurangi kadar besi (Fe) pada air sumur. *Jurnal Inovasi Sains dan Teknologi (INSTEK)*. 5(2), 13–18.
- Rahim, A, Hutomo GS, Jusman, 2013. Effect of phosphorylation on the physical and chemical characteristics of arenga starch. *International Journal of Biology Pharmacy Allied Science*. 2(11):1973-1985.
- Rahim, A., Agape, J.H., Nugroho., M.F.A., Kadir, S., Made, U., Jusman & If'all. 2020. Pengaruh konsentrasi sodium trimetaphosphate dan sodium tripolyphosphat terhadap karakteristik kimia pati aren modifikasi. *Jurnal Teknologi Industri Pangan*. 13(1): 399-408.
- Rao, S.J., Parimalavalli, R. 2019. Effect of cross-linking on structural, chemical and functional properties of corn starch. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 4(3), 135– 140.
- Setiyoko, A. & Yuliani, F. A. 2021. Pengaruh lama pengadukan dan konsentrasi STPP terhadap karakteristik pati suweg (*Amorphophallus campanulatus*) termodifikasi. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 14(2):108-116.
- Widhaswari, V. A. & Widya D. R. P. 2014. Pengaruh modifikasi kimia dengan STPP terhadap karakteristik tepung ubi jalar ungu. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* . 2(3): 121-128
- Winarti C. 2014. Produksi pati garut nano partikel sebagai matriks enkapsulasi bahan bioaktif herbal [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Yuliani, T. R., & Herawati, D. 2022. Modifikasi pati dari talas beneng (*Xanthosoma undipes* K. Koch) menggunakan metode cross linking. In *Bandung Conference Series: Pharmacy*. 2 (2) :424-429.
- Widhaswari, V. A dan Widya D. R. P. 2014. Pengaruh Modifikasi Kimia dengan STPP terhadap Karakteristik Tepung Ubi Jalar Ungu. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* Vol. 2 No. 3. Hal 121-128
- Yuliani, T. R., & Herawati, D. 2022, July. Modifikasi Pati dari Talas Beneng (*Xanthosoma undipes* K. Koch) Menggunakan Metode Cross Linking. In *Bandung Conference Series: Pharmacy*, 2 (2) :424-429.