

VOLUME 14, NOMOR 2 AGUSTUS 2020

**ISSN: 1907-8056
e-ISSN: 2527-5410**

AGROINTEK

JURNAL TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN

**JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
UNIVERSITAS TRUNOJOYO MADURA**

AGROINTEK: Jurnal Teknologi Industri Pertanian

Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian is an open access journal published by Department of Agroindustrial Technology, Faculty of Agriculture, University of Trunojoyo Madura. Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian publishes original research or review papers on agroindustry subjects including Food Engineering, Management System, Supply Chain, Processing Technology, Quality Control and Assurance, Waste Management, Food and Nutrition Sciences from researchers, lecturers and practitioners. Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian is published twice a year in March and August. Agrointek does not charge any publication fee.

Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian has been accredited by ministry of research, technology and higher education Republic of Indonesia: 30/E/KPT/2019. Accreditation is valid for five years. start from Volume 13 No 2 2019.

Editor In Chief

Umi Purwandari, University of Trunojoyo Madura, Indonesia

Editorial Board

Wahyu Supartono, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Michael Murkovic, Graz University of Technology, Institute of Biochemistry, Austria

Chananpat Rardniyom, Maejo University, Thailand

Mohammad Fuad Fauzul Mu'tamar, University of Trunojoyo Madura, Indonesia

Khoirul Hidayat, University of Trunojoyo Madura, Indonesia

Cahyo Indarto, University of Trunojoyo Madura, Indonesia

Managing Editor

Raden Arief Firmansyah, University of Trunojoyo Madura, Indonesia

Assistant Editor

Miftakhul Efendi, University of Trunojoyo Madura, Indonesia

Heri Iswanto, University of Trunojoyo Madura, Indonesia

Safina Istighfarin, University of Trunojoyo Madura, Indonesia

Alamat Redaksi

DEWAN REDAKSI JURNAL AGROINTEK

JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN

FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS TRUNOJOYO MADURA

Jl. Raya Telang PO BOX 2 Kamal Bangkalan, Madura-Jawa Timur

E-mail: Agrointek@trunojoyo.ac.id



PENGARUH KONSENTRASI STPP DAN LAMA PERENDAMAN TERHADAP KARAKTERISTIK PATI KIMPUL TERMODIFIKASI IKATAN SILANG

Krisna Kharisma Suga, Nur Aini*, Retno Setyawati

Program studi Teknologi Pangan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia

Article history

Diterima:

2 Jan 2020

Diperbaiki:

31 Mar 2020

Disetujui:

10 Apr 2020

Keyword

Crosslinking

Kimpul starch

Sodium

trypolyphosphate

2%

Soaking time

ABSTRACT

Kimpul is one type of tubers that is high in carbohydrate content so it can be used as a source of starch. Natural starch generally still has several disadvantages. One of method that can be done to overcome these weaknesses is by modifying cross-linked starch. The objectives of this study are: 1) to know the effect of STPP concentration on chemical and physical characteristics of modified kimpul starch; 2) to know the effect of soaking time on chemical and physical characteristics of modified kimpul starch; 3) to determine the best combination treatment between STPP concentration and soaking time on the chemical and physical characteristics of modified kimpul starches. This is an experimental research with Randomized Block Design. The factors studied were the concentration of sodium trypolyphosphate (1, 2 and 3%) and soaking time (60 and 90 minutes). The variables tested were moisture content, starch content, amylose content and calcium oxalate content, brightness, swelling power, solubility and its amylographic properties. The results showed that both STPP concentration factors and soaking time affected the modified chemical and physical characteristics of kimpul starch crosslinking methods. The chemical and physical characteristics of cross-bonded modified kimpul starch increased with STPP concentration and soaking time used. Modified kimpul starch using 3% STPP concentration and 90 minutes soaking time had moisture content, starch content, amylose content, calcium oxalate content, brightness and high swelling power. The best modified kimpul starch is modified kimpul starch using 2% STPP concentration and 60 minutes soaking time. It has a water content of 7,88%, starch content of 63,13%, amylose content of 17,28%, oxalate content of 15,84 ppm, swelling power 15,79 g/g, solubility 11,55%, brightness of 44.13, initial gelatinization temperature of 78,75oC, peak viscosity of 5152.5 cP, hot paste viscosity of 2310,4 cP, breakdown viscosity of 2815 cP, setback viscosity of 1563 cP and cold paste viscosity of 3873,5 cP.

© hak cipta dilindungi undang-undang

* Penulis korespondensi

Email: nur.aini@unsoed.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v14i2.6262

PENDAHULUAN

Kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) adalah salah satu jenis umbi-umbian yang tinggi akan kandungan karbohidrat. Kimpul memiliki kandungan karbohidrat sebanyak 23,70 g/100 g kimpul segar dan pati sebesar 77,90% (Putranto et al., 2013). Kandungan karbohidrat yang tinggi pada kimpul memungkinkan kimpul digunakan sebagai sumber pati.

Pati alami umumnya masih memiliki beberapa kelemahan yaitu tidak larut pada air dingin, terlalu lengket, waktu pemasakan lama, pasta yang terbentuk keras dan tidak bening, tidak tahan dengan perlakuan asam, kekentalan dan kelarutannya rendah serta kekuatan pembengkakan rendah (Aini and Hariyadi, 2010). Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi kelemahan tersebut adalah dengan melakukan modifikasi pati ikatan silang. Modifikasi pati dengan metode ikatan silang ini menghasilkan pati yang memiliki sifat lebih sulit mengalami gelatinisasi tetapi lebih stabil selama pemanasan, lebih tahan kondisi asam, pemanasan dan pengadukan, sehingga sesuai digunakan untuk produk yang diproses dengan suhu tinggi (Wattanachant et al., 2003). Menurut (Wongsagonsup et al., 2014), modifikasi pati ubi kayu secara ikatan silang akan meningkatkan kestabilan viskositas pati, mencegah sineresis pati pada penyimpanan suhu dingin dan menurunkan kejernihan pasta, swelling power serta kelarutan pati. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pati termodifikasi dengan metode ikatan silang memiliki sifat yang sesuai untuk produk pangan. Modifikasi pati ikatan silang dilakukan dengan penambahan cross-linking agent (agen ikat silang) ke dalam suspensi pati sehingga akan berikatan dengan gugus hidroksil dari amilosa atau amilopektin. Hal tersebut menyebabkan ikatan antara ikatan hidrogen dengan

molekul pati lebih kuat dan membuat sifat alami pati berubah (Santoso et al., 2015).

Bahan kimia yang dapat digunakan dalam modifikasi pati metode ikatan silang salah satunya adalah sodium tripolyphosphate (STPP) (Detduangchan, Sridach and Wittaya, 2014). Dibandingkan dengan reagen ikatan silang yang lainnya, STPP memiliki kelebihan yaitu mudah didapat, ekonomis, dan aman karena merupakan bahan tambahan makanan yang food grade yaitu layak digunakan untuk produksi pangan (Santoso et al., 2015)

Konsentrasi STPP yang diperlukan untuk modifikasi silang pati berbeda-beda sesuai dengan jenis patinya. Menurut (Retnaningtyas and Putri, 2014), pada pati ubi jalar oranye yang decrosslinking menggunakan STPP dengan konsentrasi 0,5% dan 1% menyatakan bahwa perlakuan terbaik adalah konsentrasi 1% dengan lama perendaman 1 jam. Menurut (Sukhija et al., 2016), pati suweg yang dimodifikasi dengan metode ikatan silang dapat meningkatkan kadar pati, kadar amilosa dan swelling power sebanding dengan meningkatnya konsentrasi STPP yang digunakan. Teja et al. (2008) menyatakan bahwa kelarutan pati sagu modifikasi mempunyai nilai kelarutan lebih tinggi dibandingkan pati sagu alami.

Faktor lain yang mempengaruhi modifikasi pati metode ikatan silang ini adalah lama perendaman. Menurut Zuhra et al. (2016), waktu reaksi mempengaruhi swelling power dari pati sukun yang dimodifikasi. Nilai swelling power pati sukun mengalami kenaikan seiring dengan waktu reaksi yang digunakan. Menurut (Sukhija et al., 2016) terjadi peningkatan viskositas puncak seiring dengan lamanya waktu reaksi yang digunakan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian modifikasi pati kimpul menggunakan metode ikatan silang untuk mengetahui pengaruh konsentrasi STPP dan lama perendaman

terhadap karakteristik kimia dan fisik pati kimpul termodifikasi.

Tujuan penelitian ini adalah: 1). Mengetahui pengaruh konsentrasi STPP yang digunakan terhadap karakteristik kimia dan fisik pati kimpul termodifikasi. 2). Mengetahui pengaruh lama perendaman terhadap karakteristik kimia dan fisik pati kimpul termodifikasi. 3). Menentukan kombinasi perlakuan terbaik antara konsentrasi STPP dengan lama perendaman terbaik terhadap karakteristik kimia dan fisik pati kimpul termodifikasi.

METODE

Bahan dan peralatan

Bahan untuk pembuatan pati kimpul modifikasi antara lain: kimpul yang diperoleh dari Pasar Manis Purwokerto, garam, sodium tripolyphosphate, HCL 5%, NaOH 5%, aquades, larutan buffer. Adapun bahan yang digunakan untuk analisis karakteristik kimia dan fisik yaitu etanol 95%, glukosa anhidrat, NaOH 1 N, asam asetat 1 N, larutan I2 2% , HCL 25%, NaOH 45%, buffer pH 7, Nelson A, Nelson B, Arsenomolibdat, dan amilosa murni.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan untuk membuat pati kimpul modifikasi yaitu: pisau, baskom, sendok stainless steel, kain saring, cabinet dryer, loyang, ayakan 80 mesh, blender, timbangan digital, beaker glass, pipet 10 mL, pH meter, shaker, dan spatula. Peralatan untuk analisis karakteristik kimia dan fisik yaitu: timbangan analitik, cawan porselen, oven, desikator, spektrofotometer UV-VIS, labu takar, waterbath, thermometer, pipet ukur, tabung reaksi, beaker glass, sentrifuse, kertas saring Whatman, erlemeyer, Chromameter CR 300, vortek, corong, dan Rapid Visco Analyzer (RVA).

Metode penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu pembuatan pati kimpul dan

modifikasi pati kimpul metode ikatan silang.

Pembuatan Pati Kimpul

Pembuatan pati kimpul dilakukan dengan metode Sari et al. (2019) dengan modifikasi. Kimpul dikupas kulitnya lalu dicuci bersih, dipotong dan direndam dalam larutan garam 7,5% dengan perbandingan 4:1 (larutan garam: kimpul) selama 1 jam. Potongan kimpul yang sudah direndam, kemudian dicuci dengan air dan ditiriskan, dan dihancurkan menggunakan blender dengan penambahan air 1:1 (1 bagian kimpul : 1 bagian air). Bubur kimpul kemudian disaring dengan kain saring sehingga pati lolos dari saringan sebagai suspensi pati sedangkan ampas tertinggal pada kain saring. Ampas ditambahkan air 1:3 (1 bagian ampas : 3 bagian air) dan di saring kembali menjadi suspensi pati.

Suspensi pati ditampung pada wadah pengendapan dan dibiarkan mengendap di dalam wadah pengendapan selama 6 jam. Pati akan mengendap sebagai pasta. Pasta pati dicuci dengan air sebanyak 2 kali, kemudian pasta pati diletakkan diatas loyang dan dikeringkan menggunakan cabinet dryer pada suhu 50oC selama 12 jam. Setelah pati kering, pati dihaluskan dengan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan ukuran 80 mesh (Nazhrah et al., 2014).

Modifikasi pati kimpul metode ikatan silang

Modifikasi metode ikatan silang pada pati kimpul mengacu pada metode Gutiérrez et al. (2014) dengan modifikasi bahan. STPP masing-masing 1%; 2%; 3% dari berat pati kimpul (100 g) dilarutkan kedalam aquades 150 ml. Setelah itu 100 g pati kimpul disuspensikan kedalam larutan. Kemudian pH suspensi pati ditetapkan kembali dengan penambahan NaOH 5% sampai mencapai pH 10. Setelah itu suspensi dishaker sesuai dengan perlakuan

pada suhu ruang, kemudian pH suspensi dinetralkan sampai mencapai pH 7 dengan penambahan HCl 5%. Suspensi didiamkan selama 24 jam untuk memisahkan pati dengan air. Setelah itu endapan pati dicuci sebanyak 3 kali menggunakan aquades sampai pH 7, lalu pati dikeringkan pada suhu 50oC selama 8 jam. Selanjutnya pati dihaluskan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan 80 mesh.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK). Faktor yang diteliti adalah konsentrasi STPP terdiri 3 taraf yaitu 1, 2 dan 3% dan lama perendaman terdiri 2 taraf yaitu 60 dan 90 menit. Berdasarkan faktor tersebut diperoleh 6 kombinasi perlakuan. Kemudian dilakukan 4 kali pengulangan sehingga diperoleh 24 unit percobaan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam (uji F) pada taraf 5%. Apabila terdapat pengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji banding ganda, yaitu DMRT (Duncan's Multiple Range Test) pada taraf 5%. Kombinasi perlakuan terbaik ditentukan berdasarkan uji indeks efektivitas.

Prosedur analisa

Variabel yang diamati meliputi kadar air menggunakan metode oven (AOAC, 2005), amilosa menggunakan metode spektrofotometer (Aini et al., 2010), oksalat menggunakan metode volumetri titrasi permanganometri (Iwuoha and Kalu, 1995), pati menggunakan metode spektrofotometer (AOAC, 2005), kecerahan menggunakan chromameter (Polnaya et al., 2018), swelling power dan solubilitas (Senanayake et al., 2013) dan sifat amilografi menggunakan rapid visco analyzer (Faridah et al., 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air

Semakin tinggi konsentrasi STPP yang digunakan, maka kadar air pati kimpul termodifikasi semakin meningkat (Tabel 1). Hal ini diduga akibat terjadinya pengikatan gugus fosfat pada pati. Gugus fosfat yang terikat pada pati menyebabkan kemampuan pati untuk mengikat air menjadi lebih tinggi. Menurut, gugus fosfat pada STPP bersifat hidrofilik sehingga mampu mengikat air lebih tinggi. Selain itu, gugus fosfat pada STPP yang berpenetrasi ke dalam granula pati mempunyai sifat ionik sehingga mampu mengikat air. Retnaningtyas and Putri (2014) menyatakan bahwa fosfat berperan sebagai penguat ikatan sehingga kandungan air pada bahan lebih mudah dipertahankan. Peningkatan kadar air pati kimpul termodifikasi ini sesuai dengan Teja et al. (2008) yang menyatakan bahwa, peningkatan konsentrasi STPP dapat meningkatkan kadar air dari pati sagu yang dimodifikasi dengan metode ikatan silang.

Kadar air pati kimpul termodifikasi meningkat seiring dengan lama perendaman (Tabel 2). Peningkatan kadar air ini disebabkan dengan semakin lama perendaman yang dilakukan maka semakin banyak gugus fosfat yang terikat menggantikan gugus OH-. Ikatan-ikatan tersebut terbentuk baik antar molekul di dalam pati itu sendiri atau diantara molekul pati yang satu dengan molekul pati yang lain. Menurut (Gutiérrez et al., 2015) terjadinya ikatan antara gugus fosfat dengan pati akan membentuk jembatan antar molekul yang membentuk jaringan makromolekul yang kaku dan kuat sehingga menyebabkan struktur granula pati sulit dirusak sehingga air yang ada didalam granula tidak mudah hilang. Hasil ini juga sesuai Retnaningtyas and Putri (2014) bahwa kadar air pati ubi jalar meningkat seiring dengan waktu reaksi

yang digunakan pada proses modifikasi pati.

Kadar pati

Kadar pati pada pati kimpul meningkat seiring dengan konsentrasi STPP yang digunakan pada saat modifikasi pati kimpul (Tabel 1). Kenaikan kadar pati ini disebabkan oleh adanya ikatan gugus fosfat pada gugus hidroksil pada molekul pati dan membentuk ikatan kovalen dengan molekul pati. Menurut Kahraman et al., (2015) ikatan kovalen yang terbentuk dari gugus fosfat dan pati dapat menstabilkan struktur double helix kristalin granula pati. Hal tersebut menyebabkan kemampuan pati semakin besar untuk membentuk ikatan kompleks dengan iod akibat stabilnya struktur double helix sehingga akan semakin tinggi pula kadar pati yang tertera. Selain itu Retnaningtyas and Putri (2014) menyatakan bahwa ikatan gugus fosfat dengan molekul pati menyebabkan sifat granula pati semakin tidak mudah terdispersi dalam air selama proses pencucian dan kehilangan pati pada saat proses pencucian lebih sedikit. Hal ini sesuai dengan Gutiérrez et al. (2014) yang menyatakan bahwa terjadi peningkatan kadar pati suweg seiring dengan semakin meningkatnya konsentrasi STPP yang digunakan.

Kadar pati kimpul termodifikasi meningkat seiring dengan lama perendaman yang dilakukan pada proses modifikasi pati (Tabel 2). Peningkatan kadar pati ini diduga disebabkan oleh semakin banyaknya ikatan gugus fosfat dengan molekul pati yang terbentuk seiring dengan semakin lamanya proses perendaman yang dilakukan pada proses modifikasi pati kimpul. Selain itu, menurut Sukhija et al. (2016) adanya gugus fosfat yang berpenetrasi ke dalam granula membentuk ikatan kovalen dengan molekul pati sehingga meningkatkan berat molekul pati secara keseluruhan. Banyaknya gugus fosfat yang berpenetrasi

ke dalam granula seiring dengan semakin lama perendaman yang dilakukan pada saat modifikasi pati. Hal ini sesuai dengan Retnaningtyas and Putri (2014) yang menyatakan bahwa, kadar pati ubi jalar oranye dengan lama perendaman 1,5 jam lebih tinggi dibandingkan dengan kadar pati ubi jalar oranye dengan lama perendaman 1 jam. Akbar and Yuniarta (2014) juga menyatakan bahwa terjadi kenaikan kadar pati seiring dengan semakin lama waktu perendamannya.

Kadar amilosa

Terjadi peningkatan kadar amilosa seiring dengan konsentrasi STPP yang digunakan pada proses modifikasi pati kimpul (Tabel 1). Peningkatan kadar amilosa ini diduga akibat amilopektin yang mengalami ikatan silang dengan gugus fosfat lebih banyak dibandingkan dengan amilosa. Hal ini disebabkan akibat amilopektin yang lebih mudah mengalami ikatan silang. Hal ini didukung Akpa and Dagde (2012) yang menyatakan bahwa ikatan silang lebih banyak ditemukan pada amilopektin dibandingkan dengan amilosa. Amilopektin yang berikatan silang akan membentuk struktur molekul yang lebih besar, sehingga kadar amilopektin yang diperoleh berkurang. Oleh karena itu, rasio amilosa terhadap amilopektin dapat meningkat pada pati temodifikasi. Hasil penelitian ini sesuai dengan Teja et al., (2008) bahwa pati sagu yang termodifikasi ikatan silang memiliki kadar amilosa lebih tinggi dibandingkan dengan pati sagu alami.

Terjadi peningkatan kadar amilosa pada pati kimpul seiring dengan semakin lama waktu perendaman yang dilakukan pada modifikasi pati kimpul (Tabel 2). Hal ini diduga disebabkan dengan semakin lama waktu perendaman yang dilakukan, maka semakin banyak gugus amilopektin yang terfosforilasi. Menurut Hazarika and Sit (2016) molekul amilopektin bersifat lebih mudah mengalami fosforilasi

(terikat-silang) daripada molekul amilosa. Ikatan silang tersebut akan menghasilkan struktur molekul yang lebih besar yang menyebabkan proporsi amilosa lebih tinggi daripada amilopektin. Berdasarkan klasifikasi dari IRRI (International Rice Research Institute), kadar amilosa bahan berpati digolongkan menjadi tiga, yaitu amilosa rendah (<20%), amilosa sedang (20-25%), dan amilosa tinggi (>25%), dengan demikian berdasarkan hasil kadar amilosa, pati kimpul modifikasi dengan metode ikatan silang termasuk ke dalam pati golongan amilosa rendah.

Kadar kalsium oksalat

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar oksalat terendah terdapat pada pati kimpul termodifikasi dengan konsentrasi STPP 2% (Tabel 1). Penurunan kadar oksalat pada pati kimpul termodifikasi ini disebabkan pada proses modifikasi pati kimpul ini terdapat proses penetralan dengan menggunakan larutan HCl. Senyawa kalsium oksalat dapat diturunkan dengan melakukan perendaman dengan menggunakan larutan asam. Menurut Chotimah and Fajarini (2013) pengurangan kadar oksalat dapat dilakukan dengan perendaman dalam larutan asam, basa dan garam. Salah satu larutan yang baik untuk menurunkan senyawa kalsium oksalat adalah asam klorida.

Volume penggunaan HCl pada penelitian ini meningkat seiring dengan konsentrasi STPP yang digunakan pada saat memodifikasi pati kimpul. HCl (asam klorida) diduga dapat menurunkan senyawa kalsium oksalat dengan melalui proses osmosis. Menurut Purwaningsih et al. (2016), larutan asam memiliki kemampuan untuk menembus dinding sel idioblast dimana kalsium oksalat tersimpan, sehingga kristal kalsium oksalat akan banyak yang terdesak keluar dari sel akibat proses osmosis. Selain itu, menurut reaksi antara asam klorida dan kalsium

oksalat akan membentuk asam oksalat yang larut dalam air dan juga membentuk endapan kalsium klorida. Namun, terjadi penyimpangan pada pati kimpul termodifikasi dengan konsentrasi STPP 3%. Pati kimpul tersebut memiliki kadar kalsium oksalat yang paling tinggi. Penyimpangan ini diduga terjadi akibat partikel oksalat yang terdapat pada pati kimpul termodifikasi dengan konsentrasi STPP 3% tidak berikatan dengan sempurna dengan partikel yang terdapat dalam HCl, sehingga masih banyak oksalat yang tertinggal dalam pati kimpul tersebut. Selain itu, menurut Kumoro et al. (2014) adanya kejenuhan pada senyawa oksalat untuk berikatan dengan asam klorida juga dapat menyebabkan penurunan kemampuan untuk mereduksi kadar kalsium oksalat dalam sampel. Hal ini sesuai dengan Purwaningsih and Kuswiyanto (2014) bahwa penurunan kadar oksalat dengan asam sitrat konsentrasi 5% lebih efektif dibandingkan dengan asam sitrat konsentrasi 10%.

Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan kadar oksalat seiring dengan lama perendaman yang dilakukan (Tabel 1). Hal ini tidak sesuai dengan penelitian-penelitian yang ada. Menurut Chotimah and Fajarini (2013) reduksi oksalat semakin meningkat seiring semakin lama waktu perendaman. Hal ini diduga terjadi akibat semakin lama perendaman yang dilakukan senyawa oksalat mengalami kejenuhan untuk berikatan dengan asam klorida sehingga senyawa oksalat yang masih ada pada sampel masih cukup banyak. Kumoro et al. (2014) menghasilkan hasil yang serupa, yaitu penurunan senyawa oksalat dengan semakin lama waktu perendaman. Selain itu, dari penelitian ini juga diketahui bahwa terdapat interaksi antara konsentrasi STPP dan lama perendaman. Hal ini sesuai dengan Oke and Bolarinwa (2012) bahwa kombinasi perlakuan terbaik untuk mereduksi kandungan oksalat yaitu

konsentrasi garam tertinggi dan waktu perendaman terlama. Menurut Siener et al. (2017) batas aman konsumsi kadar kalsium oksalat bagi orang dewasa adalah 0,60-1,25 g per hari selama 6 minggu berturut-turut. Kadar kalsium oksalat pati kimpul pada penelitian ini berkisar 17,52 ppm sampai 24 ppm kadar kalsium ini termasuk ke dalam ambang batas kadar kalsium oksalat.

Swelling power

Terjadi peningkatan nilai swelling power yang seiring dengan semakin tinggi penambahan konsentrasi STPP (Tabel 1). Hal ini diduga disebabkan semakin tinggi konsentrasi STPP yang digunakan akan semakin banyak gugus fosfat dari STPP yang menggantikan gugus OH pada pati. Substitusi gugus fosfat pada pati menyebabkan melemahnya ikatan hidrogen pada pati sehingga air menjadi lebih mudah berpenetrasi ke dalam granula pati. Hal ini didukung oleh Retnaningtyas and Putri (2014) yang menyatakan bahwa, saat pati bereaksi dengan STPP akan dihasilkan gugus fosfat yang bersifat hidrofilik (lebih mudah mengikat air). Semakin banyak konsentrasi STPP yang ditambahkan maka semakin banyak gugus fosfat yang mengikat air, sehingga saat pati dipanaskan akan meningkatkan nilai swelling power. Peningkatan nilai swelling power ini juga terjadi pada pati sagu yang

mengalami peningkatan nilai swelling power seiring dengan konsentrasi STPP (Teja et al., 2008).

Lama perendaman juga meningkatkan nilai swelling power dari pati kimpul termodifikasi (Tabel 2). Nilai swelling power meningkat seiring dengan lama perendaman yang dilakukan pada saat modifikasi pati kimpul. Hal ini diduga terjadi akibat semakin lama waktu perendaman menghubungkan molekul-molekul amilosa dan amilopektin melemah sehingga mengganggu kekompakan granula pati. Melemahnya ikatan hidrogen ini menyebabkan molekul air akan terikat dengan gugus hidroksil pada amilosa dan amilopektin. Hal tersebut mengakibatkan granula pati akan semakin membesar ketika mengalami proses pemanasan. Menyatakan bahwa semakin lama waktu reaksi, menyebabkan rantai pati tereduksi sehingga menyebabkan rantai pati cenderung lebih pendek dan mudah menyerap air. Air yang terserap pada setiap granula pati akan menjadikan granula granula pati mengembang dan saling berhimpitan sehingga meningkatkan nilai swelling power. Hasil ini sesuai dengan (Senanayake et al., 2013) nilai swelling power pada pati ubi jalar semakin meningkat dengan semakin lamanya perendaman

Tabel 1 Pengaruh konsentrasi STPP terhadap sifat fisik dan kimia pati kimpul termodifikasi metode ikatan silang

Konsentrasi STPP (%)	Kadar air (%)	Kadar pati (%)	Amilosa (%)	Kalsium oksalat (ppm)	Swelling power (g/g)	Kelarutan (%)	Kecerahan (*L)
1	8,2 ^a	63,3 ^c	18,1 ^c	22,1 ^b	16,1 ^b	11,8 ^c	44,5 ^c
2	8,6 ^b	65,2 ^b	18,9 ^b	17,5 ^c	16,7 ^a	12,9 ^b	46,2 ^b
3	9,1 ^c	66,5 ^a	19,6 ^a	24,0 ^a	17,2 ^a	13,7 ^a	47,8 ^c

Tabel 2 Pengaruh lama perendaman terhadap sifat fisik dan kimia pati kimpul termodifikasi metode ikatan silang

Lama perendaman (menit)	Kadar air (%)	Kadar pati (%)	Kadar amilosa (%)	kalsium oksalat (ppm)	Swelling power (g/g)	Kelarutan (%)	Kecerahan (*L)
60	7,9 ^a	62,8 ^b	17,3 ^b	20,0 ^b	15,8 ^b	11,5 ^b	43,9 ^b
90	9,4 ^b	67,2 ^a	20,4 ^a	22,4 ^a	17,5 ^a	14,1 ^a	48,4 ^a

Kelarutan

Hasil penelitian menunjukkan adanya kenaikan nilai kelarutan seiring dengan meningkatnya konsentrasi STPP yang digunakan (Tabel 1). Hal ini diduga terjadi akibat ikatan hidrogen yang melemah sehingga memudahkan air masuk ke dalam granula pati. Hal ini juga dapat dilihat dari kadar air pati kimpul termodifikasi yang juga meningkatkan seiring dengan konsentrasi STPP yang digunakan. Menurut Teja et. al. (2008), melemahnya ikatan hidrogen dalam pati memudahkan air untuk masuk ke dalam granula pati. Dengan semakin mudahnya air yang masuk maka kecenderungan membentuk ikatan hidrogen antara pati dengan molekul air lebih besar. Ikatan hidrogen ini yang menahan air untuk keluar dari granula pati sehingga pati tersebut mudah larut.

Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan kelarutan seiring dengan semakin lama perendaman (Tabel 2). Hal ini diduga terjadi akibat dengan semakin lama perendaman maka semakin banyak molekul air yang masuk ke dalam granula. Molekul air yang masuk tersebut membuat kadar air pati kimpul termodifikasi pun meningkat. Sehingga ketika pati dipanaskan menjadi mudah larut. Hal ini sesuai dengan Hasibuan et al. (2016) yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar air suatu pati maka kelarutannya akan semakin tinggi karena apabila dipanaskan, maka pati akan mudah larut dalam air.

Intensitas kecerahan

Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan nilai kecerahan pati seiring

dengan konsentrasi STPP yang digunakan pada saat modifikasi pati kimpul (Tabel 1). Kenaikan nilai kecerahan pada pati kimpul terjadi diduga akibat adanya proses pencucian yang dilakukan pada proses modifikasi pati kimpul. Proses pencucian dapat menghilangkan kotoran yang ada pada pati kimpul. Menurut Munarso et al. (2004) peningkatan derajat putih pati dapat dipengaruhi oleh pH pati saat reaksi ikatan silang serta jumlah pencucian. Terjadinya peningkatan nilai kecerahan ini sesuai dengan Gutiérrez et al. (2014) dimana terjadi kecenderungan kenaikan tingkat kecerahan (L^*) seiring dengan peningkatan konsentrasi sodium trimetaphosfat yang digunakan.

Nilai kecerahan pati kimpul termodifikasi semakin meningkat seiring dengan lama perendaman yang dilakukan pada saat modifikasi pati kimpul (Tabel 2). Peningkatan nilai kecerahan ini diduga terjadi akibat penggunaan HCl pada proses modifikasi pati kimpul yang digunakan untuk menetralkan pati. Menurut Munarso et al. (2004) senyawa yang mengandung Cl merupakan oksidator kuat dan sering digunakan sebagai bahan pemucat tepung terigu (flour bleaching agent). HCl merupakan salah satu senyawa yang mengandung Cl yang dapat memutihkan pati kimpul.

Sifat amilografi

Karakteristik sifat fungsional diperlukan untuk mendapatkan informasi tentang potensi penggunaannya pada proses pengolahan komersial. Menurut Sukhija et al. (2016) karakteristik sifat

fungsional yang penting dapat dilihat melalui profil gelatinisasinya. Pada penelitian profil gelatinisasi yang dilakukan adalah suhu gelatinisasi, viskositas puncak, viskositas pasta panas, viskositas breakdown, viskositas setback dan viskositas pasta dingin (Tabel 3).

Suhu gelatinisasi ditentukan pada saat alat Brabender Amilograph mulai dapat membaca nilai viskositas suspensi pati yaitu saat kurva mulai naik. Suhu awal gelatinisasi merupakan suhu dimana granula pati mulai menyerap air atau dapat terlihat dengan mulai meningkatnya viskositas (Aini and Hariyadi, 2010). Demikian juga Merdikasari et al. (2009) menyatakan bahwa suhu awal gelatinisasi merupakan kisaran suhu yang mengakibatkan hampir seluruh pati mencapai pembengkakan maksimal. Sedangkan, suhu gelatinisasi adalah kisaran suhu pada saat granula pati mulai mengembang, kehilangan sifat kristalinitas, dan meningkatkan viskositas medium (Wongsagonsup et al., 2014).

Terdapat kecenderungan kenaikan suhu awal gelatinisasi sebanding kenaikan konsentrasi STPP (Tabel 3). Hal ini disebabkan karena adanya ikatan silang antara gugus fosfat dengan gugus hidroksil pada rantai pati. Ikatan silang ini akan sulit dipecah selama proses pemanasan, sehingga dibutuhkan suhu yang lebih tinggi untuk memutuskan ikatan silang pada molekul-molekul pati selama proses gelatinisasi berlangsung (Sukhija et al., 2016).

Viskositas puncak merupakan titik puncak viskositas adonan pada proses pemanasan yang merupakan indikator adonan pada proses kemudahan jika dimasak dan juga menunjukkan kekuatan adonan yang terbentuk dari gelatinisasi selama pengolahan dalam aplikasi makanan. Pada saat suspensi pati

dipanaskan, granula yang dimulai mengembang sejak mencapai suhu gelatinisasi akan terus mengembang (Aini and Hariyadi, 2010). Peak time (waktu puncak) gelatinisasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai viskositas puncak atau terjadinya puncak gelatinisasi. Sedangkan menurut Oke and Bolarinwa (2012) waktu puncak adalah waktu pada saat RVA membaca nilai maksimum viskositas pada tahap proses pemanasan.

Parameter viskositas pasta panas dan breakdown terkait satu sama lain karena breakdown merupakan selisih antara viskositas puncak dengan viskositas pasta panas. Penurunan viskositas pasta panas umumnya diikuti dengan peningkatan breakdown (Fetriyuna et al., 2016).

Terjadi kecenderungan penurunan nilai viskositas pasta panas seiring dengan semakin tinggi konsentrasi STPP yang digunakan (Tabel 3). Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh Fetriyuna et al. (2016) untuk pati talas Banten modifikasi Heat-Moisture Treatment (HMT) nilai viskositas pasta panas cenderung menurun. Menurut Babu et al. (2015) nilai viskositas pasta panas mengindikasikan bahwa pati hasil hidrolisis semakin stabil selama pemanasan

Viskositas breakdown menggambarkan tingkat kestabilan pasta pati terhadap proses pemanasan. Viskositas breakdown (VB) ini diperoleh sebagai selisih antara viskositas puncak dengan viskositas pasta pati setelah holding pada suhu 95°C pada tahap pemanasan (Zhu et al., 2013). Terjadi kecenderungan kenaikan nilai viskositas breakdown (Tabel 3). Menurut Aini et al. (2010), nilai viskositas breakdown yang tinggi menunjukkan bahwa granola-granola tepung yang telah membengkak bersifat rapuh dan tidak tahan terhadap pemanasan.

Tabel 3 Hasil analisis sifat amilografi pati kimpul termodifikasi metode ikatan silang

Perlakuan	Suhu awal gelatinisasi (°C)	Viskositas puncak (cP)	Viskositas pasta panas (cP)	Viskositas <i>breakdown</i> (cP)	Viskositas <i>setback</i> (cP)	Viskositas pasta dingin (cP)
1% dan 60 mnt	78	4896.5	2395	2501.5	1516.5	3911.5
2% dan 60 mnt	78.75	5125.5	2310.5	2815	1563	3873.5
3% dan 60 mnt	79.75	5038	1961.5	3076.5	2232.5	4194
1% dan 90 mnt	79.25	5077.5	2338.5	2739	1577	2415.5
2% dan 90 mnt	79	5152.5	2366	2786.5	1464	3830
3% dan 90 mnt	80	5056.5	2066.5	2990	1990.5	4057

Tabel 4. Perbandingan karakteristik kimia dan fisik serta sifat amilografi antara pati kimpul (*native*) dengan pati kimpul termodifikasi kombinasi perlakuan terbaik

Parameter	Pati <i>native</i>	Pati kimpul kombinasi perlakuan terbaik
Kadar air (%)	7,22	7,88
Kadar pati (%)	59,12	63,13
Kadar amilosa (%)	15,09	17,28
Kadar kalsium oksalat (ppm)	21,13	15,84
<i>Swelling power</i> (g/g)	13,48	15,79
Kecerahan (*L)	41,25	44,13
Suhu awal gelatinisasi (°C)	79,17	78,75
Viskositas puncak (cP)	4896,5	5125,5
Viskositas pasta panas (cP)	2256,5	2310,5
Viskositas <i>breakdown</i> (cP)	2640	2815
Viskositas <i>setback</i> (cP)	1478	1563
Viskositas pasta dingin (cP)	3734,5	3873,5

Viskositas *setback* sebagai peningkatan viskositas dari nilai minimum hingga nilai akhir viskositas selama pengukuran (Sukhija, Singh and Riar, 2016). Dengan demikian nilai viskositas *setback* merupakan selisih antara viskositas akhir pendinginan dengan viskositas awal pendinginan. Viskositas *setback* menggambarkan stabilitas gel dan tingkat kecenderungan proses retrogradasi dan sineresis pasta pati. Retrogradasi merupakan proses kristalisasi kembali pati yang telah mengalami gelatinisasi (Zhu et al., 2013). Proses retrogradasi ditunjukkan dengan peningkatan viskositas setelah pendinginan.

Nilai rata-rata viskositas pasta panas pati kimpul termodifikasi ikatan silang pada berbagai konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 3. Menurut Munarso et al.

(2004), peningkatan viskositas terjadi karena proses fosforilasi menciptakan ikatan silang pada molekul amilosa dan amilopektin, dan akan menyebabkan integritas granula pati semakin kuat, sehingga pada saat pati sente termodifikasi dipanaskan, kapasitas masuknya air kedalam granula pati semakin besar dan meningkatkan viskositas. Peningkatan viskositas ini terjadi secara perlahan-lahan dan terus-menerus dari awal pemanasan sampai akhir tahap pendinginan.

Viskositas pasta dingin pati kimpul termodifikasi cenderung mengalami peningkatan seiring dengan konsentrasi STPP yang digunakan (Tabel 3). Namun, perubahan viskositas pasta dingin pati kimpul termodifikasi cenderung tidak stabil dan membentuk pola yang fluktuatif. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh

Fetriyuna et al. (2016), viskositas pasta dingin pati talas Banten yang dimodifikasi dengan HMT nilainya fluktuatif. Nilai viskositas pasta dingin menunjukkan kemampuan pati untuk cepat mengalami retrogradasi. Semakin meningkat nilai viskositas pasta dingin, maka kecenderungan pati membentuk gel sangat mudah (Polnaya et al., 2018).

Perlakuan terbaik

Berdasarkan hasil uji indeks efektivitas, pati kimpul termodifikasi terbaik adalah pati kimpul yang dimodifikasi dengan konsentrasi STPP 2% dan lama perendaman 60 menit. Adapun karakteristik kimia dan fisik pati kimpul termodifikasi dengan kombinasi perlakuan terbaik dan perbandingannya dengan pati kimpul tanpa modifikasi (native) disajikan pada Tabel 4.

Apabila dibandingkan dengan standar mutu tepung tapioka berdasarkan SNI tepung tapioka 01-3451-1994, maka dari segi kadar air hasil perlakuan terbaik sudah memenuhi standar. Menurut SNI 01-3451-1994 syarat mutu kadar air tapioka yaitu maksimal 15%, sedangkan pati kimpul termodifikasi perlakuan terbaik memiliki kadar air sebesar 7,88%.

KESIMPULAN

Konsentrasi STPP dan lama perendaman mempengaruhi karakteristik kimia dan fisik pati kimpul termodifikasi. Kombinasi perlakuan terbaik adalah pati kimpul termodifikasi dengan perlakuan konsentrasi STPP 2% dan lama perendaman 60 menit. Perlu adanya penelitian lanjut tentang aplikasi pati kimpul termodifikasi metode ikatan silang pada produk pangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PT. Indofood Sukses Makmur Tbk yang telah mendanai penelitian ini melalui program Indofood Riset Nugraha 2018/2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N. et al. (2010) 'Hubungan antara waktu fermentasi grits jagung dengan sifat gelatinisasi tepung jagung putih yang dipengaruhi ukuran partikel', *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, XXI(1), pp. 18–24.
- Aini, N. and Hariyadi, P. (2010) 'Gelatinization properties of white maize starch from three varieties of corn subject to oxidized and acetylated-oxidized modification', *International Food Research Journal*, 17(4), pp. 961–968.
- Akbar, M. R. and Yuniarta, Y. (2014) 'Pengaruh lama perendaman Na₂S₂O₅ dan fermentasi ragi tape terhadap sifat fisik kimia tepung jagung', *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(2), pp. 91–102.
- Akpa, J. G. and Dagde, K. K. (2012) 'Modification of cassava starch for industrial uses', *International Journal of Engineering and Technology*, 2(6), pp. 913–919.
- AOAC (2005) 'Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists International', *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists*, 41, p. 12.
- Babu, A. S., Parimalavalli, R. and Rudra, S. G. (2015) 'Effect of citric acid concentration and hydrolysis time on physicochemical properties of sweet potato starches', *International Journal of Biological Macromolecules*. Elsevier B.V., 80, pp. 557–565. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2015.07.020.
- Chotimah, S. and Fajarini, D. T. (2013) 'Reduksi kalsium oksalat dengan perebusan menggunakan larutan NaCl dan penepungan untuk meningkatkan kualitas sente (*Alocasia marcrorrhiza*) sebagai

- bahan pangan', *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(2), pp. 76–83.
- Detduangchan, N., Sridach, W. and Wittaya, T. (2014) 'Enhancement of the properties of biodegradable rice starch films by using chemical crosslinking agents', *International Food Research Journal*, 21(3), pp. 1225–1235.
- Faridah, D. N. et al. (2014) 'Karakteristik Sifat Fisikokimia Pati Garut (*Maranta arundinaceae*)', *Jurnal Agritech Fakultas Teknologi Pertanian UGM*, 34(1), pp. 14–21. doi: 10.22146/agritech.9517.
- Fetriyuna, F., Marsetio, M. and Pratiwi, R. L. (2016) 'Pengaruh Lama Modifikasi Heat-Moisture Treatment (HMT) Terhadap Sifat Fungsional dan Sifat Amilografi Pati Talas Banten (*Xanthosoma undipes* K. Koch)', *Jurnal Penelitian Pangan Indonesia*, 1(1), pp. 44–50. doi: 10.24198/jp2.2016.vol1.1.08.
- Gutiérrez, T. J. et al. (2014) 'Physicochemical and functional properties of native and modified by crosslinking, dark-cush-cush yam (*Dioscorea Trifida*) and cassava (*Manihot Esculenta*) starch', *Journal of Polymer and Biopolymer Physics Chemistry*, 2(1), pp. 1–5. doi: 10.12691/jpbpc-2-1-1.
- Gutiérrez, T. J. et al. (2015) 'Physicochemical properties of edible films derived from native and phosphated cush-cush yam and cassava starches', *Food Packaging and Shelf Life*, 3, pp. 1–8. doi: 10.1016/j.fpsl.2014.09.002.
- Hasibuan, E., Hamzah, F. and Rahmayuni, R. (2016) 'Sifat kimia dan organoleptik pati sago (*Metroxylon sago* Rottb) modifikasi kimia dengan perlakuan Sodium Triphosphate (STPP)', *JOM Faperta*, 3(1), pp. 1–8.
- Hazarika, B. J. and Sit, N. (2016) 'Effect of dual modification with hydroxypropylation and cross-linking on physicochemical properties of taro starch', *Carbohydrate Polymers*. Elsevier Ltd, 140, pp. 269–278. doi: 10.1016/j.carbpol.2015.12.055.
- Iwuoha, C. I. and Kalu, F. A. (1995) 'Calcium oxalate and physicochemical properties of cocoyam (*Colocasia esculenta* and *Xanthosoma sagittifolium*) tuber flours as affected by processing', *Food Chemistry*, 54(1), pp. 61–66. doi: 10.1016/0308-8146(95)92663-5.
- Kahraman, K., Koxsel, H. and Ng, P. K. W. (2015) 'Optimisation of the reaction conditions for the production of cross-linked starch with high resistant starch content', *Food Chemistry*. Elsevier Ltd, 174, pp. 173–179. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.11.032.
- Kumoro, A. C., Budiyati, C. S. and Retnowati, D. S. (2014) 'Calcium oxalate reduction during soaking of giant taro (*Alocasia macrorrhiza* (L.) Schott) corm chips in sodium bicarbonate solution', *International Food Research Journal*, 21(4), pp. 1583–1588.
- Merdikasari et al. (2009) 'Amilografi Pasta Pati Sukun Termodifikasi Menggunakan Sodium Tripolifosfat', *Teknologi Industri dan hasil Pertanian*, 14(2), pp. 173–177.
- Munarso, S. J. et al. (2004) 'Perubahan sifat fisikokimia dan fungsional tepung beras akibat proses modifikasi ikat-silang', *J. Pascapanen*, 1(1), pp. 22–28.
- Oke, M. O. and Bolarinwa, I. F. (2012) 'Effect of Fermentation on Physicochemical Properties and

- Oxalate Content of Cocoyam (*Colocasia esculenta*) Flour ', ISRN Agronomy, 2012, pp. 1–4. doi: 10.5402/2012/978709.
- Polnaya, F. J., Huwae, A. A. and Tetelepta, G. (2018) 'Karakteristik sifat fisiko-kimia dan fungsional pati sagu ihur (*Metroxylon sylvestre*) dimodifikasi dengan hidrolisis asam', *Agritech. Universitas Gadjah Mada*, 38(1), p. 7. doi: 10.22146/agritech.16611.
- Purwaningsih, I. and Kuswiyanto, K. (2014) 'Perbandingan Perendaman Asam Sitrat Dan Jeruk Nipis Terhadap Penurunan Kadar Kalsium Oksalat Pada Talas', *Jurnal Vokasi Kesehatan*, II(1), pp. 89–93.
- Putranto, A. W., Argo, B. D. and Komar, N. (2013) 'Pengaruh perendaman natrium bikarbonat dan suhu penggorengan terhadap nilai kekerasan keripik kimpul', *Jurnal Teknologi Pertanian*, 14(2), pp. 105–114.
- Retnaningtyas, D. A. and Putri, W. D. R. (2014) 'Karakterisasi sifat fisikokimia pati ubi jalar oranye hasil modifikasi perlakuan STPP (lama perendaman dan konsentrasi)', *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(4), pp. 68–77.
- Santoso, B. et al. (2015) 'Karakteristik fisik dan kimia pati ganyong dan gadung termodifikasi metode ikatan silang', *Jurnal Agritech. Universitas Gadjah Mada*, 35(03), pp. 273–279. doi: 10.22146/agritech.9337.
- Sari, D., Purwadi, P. and Thohari, I. (2019) 'Upaya peningkatan kualitas yoghurt set dengan penambahan pati kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*)', *Jurnal ilmu-ilmu Peternakan*, 29(2), pp. 131–142. doi: 10.21776/ub.jiip.2019.029.02.04.
- Senanayake, S. et al. (2013) 'Effect of heat moisture treatment conditions on swelling power and water soluble index of different cultivars of sweet potato (*Ipomea batatas* (L). Lam) starch', ISRN Agronomy, 2013, pp. 1–4. doi: 10.1155/2013/502457.
- Siener, R. et al. (2017) 'Oxalate content of beverages', *Journal of Food Composition and Analysis*. Academic Press Inc., 63, pp. 184–188. doi: 10.1016/j.jfca.2017.08.005.
- Sukhija, S., Singh, S. and Riar, C. S. (2016) 'Effect of oxidation, cross-linking and dual modification on physicochemical, crystallinity, morphological, pasting and thermal characteristics of elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*) starch', *Food Hydrocolloids*. Elsevier Ltd, 55(November), pp. 56–64. doi: 10.1016/j.foodhyd.2015.11.003.
- Teja W, A. et al. (2008) 'Karakteristik pati sagu dengan metode modifikasi asetilasi dan cross-linking', *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 7(3), pp. 836–843.
- Wattanachant, S. et al. (2003) 'Effect of crosslinking reagents and hydroxypropylation levels on dual-modified sago starch properties', *Food Chemistry*, 80(4), pp. 463–471. doi: 10.1016/S0308-8146(02)00314-X.
- Wongsagonsup, R. et al. (2014) 'Effect of cross-linking on physicochemical properties of tapioca starch and its application in soup product', *Carbohydrate Polymers*, 101(1), pp. 656–665. doi: 10.1016/j.carbpol.2013.09.100.
- Zhu, Z., Zheng, H. and Li, X. (2013) 'Effects of succinic acid cross-linking and mono-phosphorylation of oxidized cassava starch on its paste viscosity stability and sizability', *Starch - Stärke*, 65(9–10), pp. 854–863. doi: 10.1002/star.201200256.

Zuhra, C. F. et al. (2016) 'Modifikasi pati sukun dengan metode ikat silang menggunakan trinitrium trimetafosfat', *Chimica et Natura Acta*, 4(3), p. 142. doi: 10.24198/cna.v4.n3.10925.

AUTHOR GUIDELINES

Term and Condition

1. Types of paper are original research or review paper that relevant to our Focus and Scope and never or in the process of being published in any national or international journal
2. Paper is written in good Indonesian or English
3. Paper must be submitted to <http://journal.trunojoyo.ac.id/agointek/index> and journal template could be download here.
4. Paper should not exceed 15 printed pages (1.5 spaces) including figure(s) and table(s)

Article Structure

1. Please ensure that the e-mail address is given, up to date and available for communication by the corresponding author
2. Article structure for original research contains

Title, The purpose of a title is to grab the attention of your readers and help them decide if your work is relevant to them. Title should be concise no more than 15 words. Indicate clearly the difference of your work with previous studies.

Abstract, The abstract is a condensed version of an article, and contains important points of introduction, methods, results, and conclusions. It should reflect clearly the content of the article. There is no reference permitted in the abstract, and abbreviation preferably be avoided. Should abbreviation is used, it has to be defined in its first appearance in the abstract.

Keywords, Keywords should contain minimum of 3 and maximum of 6 words, separated by semicolon. Keywords should be able to aid searching for the article.

Introduction, Introduction should include sufficient background, goals of the work, and statement on the unique contribution of the article in the field. Following questions should be addressed in the introduction: Why the topic is new and important? What has been done previously? How result of the research contribute to new understanding to the field? The introduction should be concise, no more than one or two pages, and written in present tense.

Material and methods, “This section mentions in detail material and methods used to solve the problem, or prove or disprove the hypothesis. It may contain all the terminology and the notations used, and develop the equations used for reaching a solution. It should allow a reader to replicate the work”

Result and discussion, “This section shows the facts collected from the work to show new solution to the problem. Tables and figures should be clear and concise to illustrate the findings. Discussion explains significance of the results.”

Conclusions, “Conclusion expresses summary of findings, and provides answer to the goals of the work. Conclusion should not repeat the discussion.”

Acknowledgment, Acknowledgement consists funding body, and list of people who help with language, proof reading, statistical processing, etc.

References, We suggest authors to use citation manager such as Mendeley to comply with Ecology style. References are at least 10 sources. Ratio of primary and secondary sources (definition of primary and secondary sources) should be minimum 80:20.

Journals

Adam, M., Corbeels, M., Leffelaar, P.A., Van Keulen, H., Wery, J., Ewert, F., 2012. Building crop models within different crop modelling frameworks. *Agric. Syst.* 113, 57–63. doi:10.1016/j.agry.2012.07.010

Arifin, M.Z., Probowati, B.D., Hastuti, S., 2015. Applications of Queuing Theory in the Tobacco Supply. *Agric. Sci. Procedia* 3, 255–261. doi:10.1016/j.aaspro.2015.01.049

Books

Agrios, G., 2005. *Plant Pathology*, 5th ed. Academic Press, London.