

Sifat Fisik Pati Ganyong Hasil Modifikasi *Cross Linking* Menggunakan Natrium Asetat

Nur Khikmah*, Iffah Muflihati, Arief Rakhman Affandi, Fafa Nurdyansyah

Jurusan Teknologi Pangan, Universitas PGRI Semarang
Jl. Sidodadi Timur No. 24 Karangtempel. Semarang, Jawa Tengah, Indonesia
Email: nur94123@gmail.com

Abstrak

Ganyong adalah salah satu jenis umbi yang memiliki kadar pati sebanyak 90% dengan kadar gula hanya 10%. Pati ganyong memiliki kandungan amilosa sebanyak 24% dengan amilopektin 76%. Pemanfaatan pati ganyong secara alami masih terbatas, dimana memiliki ukuran granula yang besar, swelling power yang rendah, tidak tahan terhadap pH tinggi serta tekanan tinggi. Modifikasi pati bertujuan untuk memperbaiki sifat fisik ataupun kimia pati secara alami. Modifikasi pati dapat dilakukan dengan 3 cara yakni fisik, kimia serta enzimatik. Modifikasi kimia dapat dilakukan dengan cara esterifikasi, enterifikasi, oksidasi, hidrolisis serta *cross linking*. Modifikasi *cross linking* dapat memperbaiki sifat dari pati ganyong menjadi tahan terhadap tekanan mekanis dan asam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh modifikasi *cross linking* pati ganyong dengan menggunakan natrium asetat terhadap sifat fisik dan kemampuan dalam menyerap air dan minyak. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan 2 faktor yakni konsentrasi dan lama pencampuran natrium asetat. Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini yakni sineresis, OBC, WBC, densitas kamba serta pH. Modifikasi *cross linking* pati ganyong berpengaruh terhadap parameter yang diukur, dimana semakin tingginya konsentrasi natrium asetat maka pH pati modifikasi meningkat. Begitupula parameter WBC, OBC, sineresis serta densitas kamba. Selain itu, perlakuan terbaik dari modifikasi *cross linking* didapatkan oleh konsentrasi natrium asetat sebanyak 23,5% dan lama waktu 20 menit dengan nilai OBC 10,9 dan pH 11,81. Peningkatan nilai OBC pada pati modifikasi menunjukkan adanya komponen penyusun yang bersifat lipofilik pada komponen penyusunnya. Sementara itu, peningkatan nilai pH tidak berdampak pada sifat gelatinasi pada pati modifikasi.

Kata kunci : *Cross Linking, Natrium Asetat, Pati Ganyong*

Abstract

Physical Characteristic of Canna Starch by Cross-Linking Modification Using Sodium Acetate

Canna is one type of tuber that has a starch content of 90% with a sugar content of only 10%. Canna starch contains amylose as much as 24% with amylopectin 76%. The utilization of natural canna starch is still limited, which has a large granule size, low swelling power, is not resistant to high pH and high pressure. Modification of starch aims to improve the physical or chemical properties of starch naturally. Modification of starch can be done in 3 ways, namely physical, chemical and enzymatic. Chemical modification can be done by esterification, enterification, oxidation, hydrolysis and cross linking. Modification of cross linking can improve the properties of canna starch to be

resistant to mechanical stress and acid. The purpose of this study was to determine the effect of modifying the cross linking of canna starch using sodium acetate on the physical properties and the ability to absorb water and oil. This study used a completely randomized design with 2 factors, namely the concentration and duration of mixing sodium acetate. The analyzes carried out in this study were syneresis, OBC, WBC, kamba density and pH. Modification of cross linking canna starch has an effect on the measured parameters, where the higher the concentration of sodium acetate, the pH of the modified starch increases. Likewise parameters WBC, OBC, syneresis and density of kamba. In addition, the best treatment of modified cross linking was obtained by sodium acetate concentration of 23.5% and a duration of 20 minutes with an OBC value of 10.9 and a pH of 11.81. The increase in OBC value in modified starch indicated the presence of lipophilic constituents in the constituent components. Meanwhile, increasing the pH value did not affect the gelatinization properties of modified starch.

Keywords: *Canna Starch, Cross Linking, Sodium Acetat*

PENDAHULUAN

Ganyong terdiri atas umbi yang memiliki kecenderungan berserat dan kulit luar bertekstur keras. Menurut penelitian Ilmi (2012) ganyong memiliki kandungan pati sebanyak 90%, dimana kadar gula hanya 10% hal inilah yang menyebabkan umbi ganyong tidak terlalu manis. Kandungan pati yang banyak inilah yang menyebabkan umbi ganyong sering diekstrak patinya. Pati ganyong diperoleh dari hasil ekstraksi umbi ganyong, dimana memiliki kandungan amilosa dan amilopektin sebesar 24% dan 76% (Santoso *et al.*, 2015). Selain itu, pati gayong memiliki kadar amilosa cukup tinggi 25 hingga 30%. Kadar amilosa terdiri atas 4 antara lain kadar amilosa sangat rendah (<10%); kadar amilosa rendah (10-19%); kadar amilosa sedang (20-24%) serta kadar amilosa tinggi (>25%) (Aliawati, 2003).

Umumnya pemanfaatan pati ganyong secara alami cenderung terbatas, dimana pati ganyong memiliki tingkat *swelling power* lebih rendah daripada pati sigkong maupun pati kentang (Erezka *et al.*, 2018). Selain itu, sifat fisik pati ganyong yang memiliki granula besar, tingkat viskositas cenderung tinggi, tidak tahan terhadap pH rendah serta tekanan tinggi. Selain itu, menurut Muflihati *et al.* (2018) pati ganyong juga memiliki kecenderungan mudah mengalami retrogradasi. Sementara itu, adakalanya industri membutuhkan bahan baku pati yang toleran terhadap proses pengolahan dari mulai persiapan hingga produk siap didistribusikan kepada

konsumen. Oleh sebab itu perlu adanya perbaikan sifat pati agar pati dapat dimanfaatkan secara luas, salah satu cara untuk memperbaiki sifat pati yakni dengan modifikasi pati.

Modifikasi pati terdiri atas 3 metode yakni fisik, kimia serta enzimatik (Santoso *et al.* 2015) dan (Prameswari *et al.*, 2020). Modifikasi secara kimia dilakukan dengan cara esterifikasi, enterifikasi, hidrolisis, oksidasi serta *cross linking*. Modifikasi pati dengan metode kimia dapat memperbaiki sifat hidrofobik pati, stabilitas pati, kekentalan pati, ketahanan pati terhadap suhu dan gaya gesek tinggi. Adapun agensia *cross linking* yang umum digunakan yakni pereaksi multifungsional misalnya saja fosfor oksida, sodium trimetafosfat, sodium tripolifosfat serta natrium asetat. Dalam penelitian ini menggunakan agensia *cross linking* berupa natrium asetat. Penggunaan *cross linking agent* berupa natrium asetat dalam modifikasi pati memiliki beberapa kelebihan misalnya saja mudah didapatkan serta bernilai ekonomis dibanding dengan jenis agen *cross linking* lainnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh modifikasi *cross linking* pati ganyong dengan menggunakan agensia natrium asetat terhadap karakteristik sifat fisik dan kemampuan menyerap air serta minyak.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode faktorial dengan desain RAL (Rancangan Acak Lengkap), Variabel bebas yaitu konsentrasi

natrium asetat (11,5%, 17,5%, dan 23,5%) dan lama pencampuran setiap formula (10 menit, 20 menit, 30 menit), Variabel terikat yaitu sineresis, WBC, OBC, densitas kamba serta pH. Data hasil pengujian dianalisis dengan sidik ragam (Anova), Apabila hasil analisis tersebut menunjukkan berbeda nyata antara perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji DMRT pada taraf 5%, Analisis data dilakukan dengan menggunakan program SPSS 24.

Analisis

Sineresis (Singh *et al.*, 2004), WBC (*Water Binding Capacity*), OBC (*Oil Binding Capacity*) (Adeleke & Odedeji, 2010), densitas kamba serta pH.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sineresis

Sineresis merupakan keluarnya molekul air dari dalam gel, dimana keluarnya air ke lingkungan mengakibatkan gel menjadi mengkerut. Analisis kecenderungan pati mengalami retrogradasi dapat dilakukan dengan pengukuran stabilitas beku-cair (*freeze-thaw*) (Chen, 2003). Sementara menurut Aini & Hariyadi (2007) kemampuan sineresis merupakan sifat terpenting pada pati, dimana ketika sineresis berlangsung pelepasan air dari pasta pati terjadi saat pendinginan. Berdasarkan hasil analisis pati ganyong *cross linking* persentase sineresis nilai terendah didapatkan oleh konsentrasi natrium asetat 17,5% dengan lama pencampuran 10 menit yaitu $5,41 \pm 0,17$. Sementara persentase sineresis tertinggi didapatkan oleh konsentrasi natrium

asetat 11,5% dengan lama pencampuran 20 menit yakni $5,52 \pm 0,02$.

Peningkatan sineresis selama penyimpanan diakibatkan interaksi rantai amilosa dan amilopektin yang keluar kemudian berkembang ke zona *junction* (Aini & Hariyadi, 2007). Kristalisasi amilosa terjadi ketika beberapa jam setelah penyimpanan. Sementara agregasi dan kristalisasi amilopektin dapat terjadi pada saat tahap-tahap terakhir penyimpanan. Sineresis dapat terjadi bila amilosa mengalami retrogradasi atau molekul amilosa berikatan datu dengan lainnya. Sejalan dengan penelitian Haryanti *et al.* (2014)

Amilosa dengan bobot rendah merupakan amilosa yang dominan memiliki rantai pendek. Amilosa rantai pendek inilah yang mudah berikatan kembali dengan ikatan semakin kuat, dampaknya retrogradasi yang terjadi semakin besar. Sementara itu, apabila ikatan semakin kuat antar amilosa akan mempermudah air terpisah dari pati ketika diletakan pada suhu ruang. Selain itu, penurunan sineresis secara tidak langsung dipengaruhi oleh struktur amorf dan kristalin pada pati, dimana hal ini berpengaruh terhadap tingkat kerusakan granula selama proses gelatinasi berlangsung serta interaksi antara rantai pati selama penyimpanan gel (Singh *et al.*, 2004).

Water Binding Capacity

Water binding capacity atau daya serap air merupakan kemampuan suatu produk dalam menyerap air pada proses pemasakan berlangsung (Ilmi, 2012). Dimana semakin banyak air yang terserap dalam suatu bahan pangan maka

Tabel 1. Hasil Analisis Pati *Cross Linking*

[N-Asetat] (%)	Lama pencampuran (menit)	Sineresis (%)	WBC (%)	OBC (%)	Densitas kamba (g/cm ³)	pH
17,5	10	$5,41 \pm 0,17^a$	$9,3 \pm 2,64^a$	$9,3 \pm 2,6^a$	$0,64 \pm 0,04^{ab}$	$11,78 \pm 0,03^{cd}$
11,5	20	$5,52 \pm 0,02^a$	$10,36 \pm 2,21^a$	$10,36 \pm 2,21^a$	$0,66 \pm 0,01^{abcd}$	$11,82 \pm 0,01^d$
23,5	20	$5,51 \pm 0,02^a$	$10,43 \pm 1,56^a$	$10,96 \pm 1,9^a$	$0,66 \pm 0,01^{abcd}$	$11,81 \pm 0,02^d$
17,5	30	$5,48 \pm 0,01^a$	$10,76 \pm 1,8^a$	$10,45 \pm 1,6^a$	$0,65 \pm 0,01^{abc}$	$11,71 \pm 0,03^{bcd}$
	Pati asli	$8,48 \pm 1,03^b$	$11,23 \pm 1,9^a$	$10,84 \pm 1,7^a$	$0,72 \pm 0,1^{cd}$	$5,63 \pm 0,11^a$

Keterangan: nilai pada baris yang ditandai huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% pada uji lanjut Duncan

semakin tinggi pula daya serap air bahan tersebut. Hasil pengukuran WBC pati ganyong modifikasi *cross linking* dengan nilai tertinggi diperoleh konsentrasi natrium asetat 17,5% dengan lama pencampuran 30 menit sebesar $10,76 \pm 1,8$.

Sementara itu nilai terendah pengukuran WBC diperoleh konsentrasi natrum asetat 17,5% dengan lama pencampuran 10 menit yaitu $9,3 \pm 2,64$. Derajat substitusi natrium asetat sebagai *cross linking agent* akan berpengaruh terhadap meningkatnya *swelling power* pada pati, sejalan dengan peningkatan daya kembang pati maka daya menyerap pati terhadap air akan meningkat pula. Hal ini disebabkan oleh peningkatan gugus karboksil pada granula pati. Menurut penelitian Damat *et al.* (2008) peningkatan gugus karboksil pada granula pati dapat menyebabkan melemahnya struktur granula pati yang kemudian akan berpengaruh terhadap gaya tolak menolak antar gugus yang berdekatan, sehingga akan menghambat interaksi antar rantai.

Kemampuan menyerap air pada pati dipengaruhi oleh gugus hidroksil pati, dimana bila jumlah hidroksil dalam pati banyak maka kemampuan pati dalam menyerap air besar (Pangesti *et al.*, 2014). Gugus hidroksil terletak pada ujung rantai amilosa pada ujung rantai pokok amilopektin, dimana gugus hidroksil ini berfungsi dalam penarikan air oleh pati. kapasitas dalam penyerapan air dapat menentukan jumlah air yang tersedia untuk proses gelatinisasi pati selama pemanasan. Apabila jumlah air kurang maka pembentukan gel tidak mencapai kondisi optimum. Oleh sebab itu, daya serap air erat kaitannya dengan *swelling power* pada pati. menurut penelitian Raina *et al.* (2006) penurunan *swelling power* pati *cross linking* terjadi bila kadar amilosa juga menurun, hal ini disebabkan adanya modifikasi *cross linking*. Dimana pati yang dimodifikasi secara *cross linking* akan memiliki granula yang kuat, akibatnya pati akan menjadi lebih tahan terhadap media asam dan panas.

Oil Binding Capacity

Oil binding capacity atau daya serap minyak merupakan kemampuan suatu bahan dalam menyerap dan menahan minyak tanpa kondisi pemanasan (Nafi *et al.*, 2015). Daya serap minyak merupakan salah satu parameter pengukuran yang penting bagi pati, sebab minyak dapat

berfungsi sebagai pemertahan flavor juga meningkatkan *mouth feel* dalam makanan (Diniyah *et al.*, 2018). Berdasarkan hasil pengukuran OBC pati ganyong modifikasi *cross linking* nilai tertinggi diperoleh konsentrasi natrium asetat 23,5% dengan lama pencampuran 20 menit menunjukkan $10,96 \pm 1,9$. Sementara nilai OBC terendah diperoleh pada konsentrasi natrium asetat 17,5% dengan lama pencampuran 10 menit dengan nilai $9,3 \pm 2,6$. Adanya kandungan amilosa pada pati juga dapat berpengaruh terhadap daya serap minyak. Amilosa memiliki kemampuan dalam berikatan dengan minyak (lipid) (Muchlisyyah *et al.*, 2016). Hal ini didukung oleh penelitian Winarti *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa kemampuan pati dalam menyerap minyak ditentukan bagian lipofilik pada pati tersebut. Semakin tinggi kandungan amilosa, maka semakin tinggi pula daya serap minyak terhadap pati (Qin *et al.*, 2016).

Penambahan gugus asetat dalam pati sebagai agensia *cross linking* akan berdampak meningkatnya sifat hidrofobik dari pati tersebut. Peningkatan daya serap minyak pada pati diakibatkan adanya peningkatan derajat substitusi yang kemudian dapat masuk kedalam molekul amilosa, sehingga dapat meningkatkan sifat hidrofobik pada pati modifikasi (Yuliasih & Sunarti, 2014). Daya serap minyak dapat diindikasikan kapasitas pengemulsi suatu bahan pangan. Kemampuan pati dalam menyerap minyak dapat menunjukkan adanya komponen penyusun yang bersifat lipofilik pada komponen penyusunya (Falade *et al.*, 2014).

Densitas kamba

Densitas kamba adalah salah satu karakteristik fisik yang digunakan dalam merencanakan volume alat pengolahan, sarana transportasi maupun mengkonversi harga satuan (Pangastuti *et al.*, 2013). Hasil pengukuran densitas kamba pati ganyong modifikasi *cross linking* nilai tertinggi diperoleh konsentrasi natrium asetat 23,5% dengan lama pencampuran 20 menit $0,66 \pm 0,01$. Sementara itu, nilai terendah dari hasil pengukuran densitas kamba konsentrasi natrium asetat 17,5% dengan lama pencampuran 10 menit menunjukkan $0,64 \pm 0,02$. Nilai densitas kamba dipengaruhi oleh ukuran partikel, kekerasan permukaan serta metode pengukuran (Nabil, 2005).

Kecenderungan densitas kamba berhubungan dengan ukuran partikel, dimana semakin halus ukuran partikel tepung maka semakin sedikit pula sifat kamba bahan tersebut. Hal ini disebabkan oleh ukuran partikel yang lebih seragam (halus) maka semakin sedikit pula udara yang terkandung dalam partikel tersebut (Cucikadana *et al.*, 2010). Peningkatan densitas kamba pati modifikasi *cross linking* erat kaitannya dengan ukuran granula pati akibat proses *cross linking*. Sejalan dengan penelitian (Aspiyanto & Susilowati, 2002) semakin bertambahnya konsentrasi Na_3PO_4 menyebabkan semakin tingginya densitas kamba pati jagung.

pH

Modifikasi pati secara *cross linking* dilakukan dengan mereaksikan pati beserta *cross linking agent* yang kemudian mampu membentuk *cross linking* pada suhu dan pH tertentu (Koswara, 2009). Pati modifikasi akan dipengaruhi oleh beberapa faktor misalnya saja pH, suhu inkubasi, *cross linking agent* serta konsentrasi yang digunakan selama proses modifikasi. Hasil pengukuran pH pati modifikasi *cross linking* pati ganyong nilai terendah diperoleh konsentrasi natrium asetat 11,5% dengan lama pencampuran 20 menit yakni $11,82 \pm 0,01$. Sementara nilai pH tertinggi pH pati ganyong modifikasi *cross linking* diperoleh dari konsentrasi natrium asetat 17,5% dengan lama pencampuran 30 menit yakni $11,71 \pm 0,03$. Pengukuran pH pati modifikasi memiliki kecenderungan bersifat basa. Hal ini sesuai dengan penelitian Akpa & Dagde (2012) pati singkong yang dimodifikasi *cross linking* dengan *cross linking agent* berupa natrium asetat memiliki pH tertinggi dibanding dengan sampel yang dimodifikasi dengan *cross linking agent* lainnya. Selain itu, penambahan NaOH sebagai katalis pada proses modifikasi juga dapat menambah suasana alkali pada pati modifikasi.

Menurut Sang *et al.* (2010) pati dengan pH alkali yang dilakukan gelatinisasi tidak mengalami pelelehan amilosa-lipid dengan diamati pada pH basa tanpa mengganggu kompleks tersebut, dimana tidak ada perbedaan secara signifikan dari sifat gelatinisasi setelah dimodifikasi *cross linking* yang diolah pada pH 9,0 hingga 12

KESIMPULAN

Modifikasi *cross linking* pati ganyong berpegaruh terhadap parameter yang diukur, dimana semakin tingginya konsentrasi natrium asetat maka pH pati modifikasi meningkat. Begitupula parameter WBC, OBC, sineresis serta densitas kamba. Selain itu, perlakuan terbaik dari modifikasi *cross linking* didapatkan oleh konsentrasi natrium asetat sebanyak 23,5% dan lama waktu 20 menit dengan nilai OBC 10,9 dan pH 11,81. Peningkatan nilai OBC pada pati modifikasi menunjukkan adanya komponen penyusun yang bersifat lipofilik pada komponen penyusunya. Sementara itu, peningkatan nilai pH tidak berdampak pada sifat gelatinisasi pada pati modifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeleke, R.O., & Odedeji, J.O. 2010. Functional properties of wheat and sweet potato flour blends. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(6): 535–538. doi: 10.3923/pjn.2010.535.538
- Aini, N., & Hariyadi, P. 2007. Pasta Pati Jagung Putih Waxydan Non-Waxy Yang Dimodifikasi Secara Oksidasi Dan Asetilasi-Oksidasi. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 12(2):108–115.
- Akpa, J.G. & Dagde, K.K. 2012. Modification of Cassava Starch for Industrial Uses. *International Journal of Engineering and Technology*, 2(6):913–919.
- Aliawati, G. 2003. Teknik Analisis Kadar Amilosa Dalam Beras. *Buletin Teknik Pertanian*, 8(2): 82–84.
- Aspiyanto, & Susilowati, A. 2002. Pengaruh Rasio Pati dan Air Serta Konsentrasi Na_3PO_4 Dalam Pembuatan Pati Jagung (*Zea mays* L.) Temodifikasi Secara Cross-Linking dan Aplikasinya Pada Selai Tempe. *Prosiding Seminar Teknologi Inovatif Pascapanen Untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian*, 535–548.
- Chen, Z. 2003. Physicochemical Properties Of Sweet Potato Starches And Their Application In Noodle Products. Thesis. Wageningen University. The Netherlands.
- Cucikadana, Y., Supriadi, A., & Purwanto, B. 2010. Pengaruh Perbedaan Suhu Perebusan Dan Konsentras Naoh Terhadap Kualitas Bubuk Tulang Ikan Gabus (*Channa striata*). *Fishtech*.

- 1(1):91–101.
- Damat, D., Haryadi, H., Marsono, M. & Cahyanto, M.N. 2008. Efek pH dan Konsentrasi Butirat Anhidrida. *Agritech*, 28(2):63–69.
- Diniyah, N., Subagio, A., Nur, R., Sari, L., & Yuwana, N. 2018. Sifat Fisikokimia Dan Fungsional Pati Dari Mocaf (*Modified Cassava Flour*) Varietas *Kaspro Dan Cimanggu*. *Agrointek*, 15(2):80–90.
- Erezka, V.C., Muflihati, I., Nurlaili, E.P., & Ferdiansyah, M.K. 2018. Karakteristik Pati Ganyong Termodifikasi Melalui Iradiasi Uv-C (Ultraviolet C) Dan Hidrolisis Asam Laktat. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*. 22(2): 139-149. doi: 10.25077/jtpa.22.2.139-149.2018
- Falade, K.O., Semon, M., Fadairo, O.S., Oladunjoye, A.O., & Orou, K.K. 2014. Functional and physico-chemical properties of flours and starches of African rice cultivars. *Food Hydrocolloids*, 39:41–50. doi: 10.1016/j.foodhyd.2013.11.002
- Haryanti, P., Setyawati, R., & Wicaksono, R. 2014. Pengaruh Suhu dan Lama Pemanasan Suspensi Pati serta Konsentrasi Butanol terhadap Karakteristik Fisikokimia Pati Tinggi Amilosa. *Agritech*, 34(3):308–315
- Ilmi, I.M.B. 2012. Formulasi Mi Instan Berbahan Dasar Tepung Ganyong dengan Penambahan Red Palm Oil (RPO) sebagai Pangan Sumber Karbohidrat dan Pro-Vitamin A. *Institut Pertanian Bogor*. 1–78.
- Koswara, S. 2009. Teknologi modifikasi pati. *Ebook Pangan*, 1–32. doi: 10.1016/B978-1-85573-731-0.50013-X
- Muchlisyyah, J., Prasmita, H.S., Estiasih, T., & Laeliocattleya, R.A. 2016. Sifat Fungsional Tepung Ketan Merah Prigelatinisasi. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 17(3):195–202.
- Muflihati, I., Affandi, A.R., Ferdiansyah, M.K., Erezka, V.C., Pramitasari, W., & Sofa, A.D. 2018. Sifat Fisikokimia Dan Sensoris Roti Hasil Substitusi Pati Ganyong Yang Dimodifikasi Melalui Irradiasi Sinar UV-C. *Jurnal Ilmiah Teknosains* 4(1):11-15
- Nafi, A., Diniyah, N., & Hastuti, F.T. 2015. Karakteristik Fisikokimia Dan Fungsional Teknis Tepung Koro Kratok (*Phaseolus Lunatus L.*) Termodifikasi Yang Diproduksi Secara Fermentasi Spontan. *Agrointek*, 9(1): 24–32.
- Pangastuti, H.A., Affandi, D.R., & Ishartani, D. 2013. Karakterisasi Sifat Fisik Dan Kimia Tepung Kacang Merah (*Phaseolus Vulgaris L.*) Dengan Beberapa Perlakuan Pendahuluan Physical. *Jurnal Teknosains Pangan*, 2(1):20–29.
- Pangesti, Y.D., Parnanto, N.H.R., & Ridwan, A.A. 2014. Kajian Sifat Fisikokimia Tepung Bengkuang (*Pachyhzisus erosus*) Dimodifikasi Secara Heat Moisture Treatment (HMT) dengan Variasi Suhu. *Jurnal Teknosains Pangan*, 3(3):73–77.
- Prameswari, R.L., Muflihati, I., & Nurdyansyah, F. 2020. Karakteristik Mi Kering Tersubsitusi Tepung Kimpul Yang Dimodifikasi Secara Fisik. *Jurnal Teknologi Pangan*, 14(1):83–95.
- Qin, Y., Liu, C., Jiang, S., Xiong, L., & Sun, Q. 2016. Characterization Of Starch Nanoparticles Prepared By Nanoprecipitation: Influence Of Amylose Content And Starch Type. *Industrial Crops and Products*, 87:182–190. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.04.038
- Raina, C.S., Singh, S., Bawa, A.S., & Saxena, D.C. 2006. Some Characteristics Of Acetylated , Cross-Linked And Dual Modified Indian Rice Starches. *Food Technology*, 223:561–570. doi: 10.1007/s00217-005-0239-z
- Sang, Y., Seib, P.A., Herrera, A.L., Prakash, O., & Shi, Y.C. 2010. Effects of Alkaline Treatment On The Structure Of Phosphorylated Wheat Starch And Its Digestibility. *Food Chemistry*, 118(2)323–327. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.04.121
- Santoso, B., Pratama, F., Hamzah, B., & Pambayun, R. 2015. Karakteristik Fisik Dan Kimia Pati Ganyong Dan Gadung Termodifikasi Metode Ikatan Silang. *Agritech*, 35(3):273–279.
- Singh, N., Chawla, D., & Singh, J. 2004. Influence Of Acetic Anhydride On Physicochemical, Morphological And Thermal Properties Of Corn And Potato Starch. *Food Chemistry*, 86(4):601–608. doi: 10.1016/j.foodchem.2003.10.008
- Winarti, C., Richana, N., Mangunwidjaja, D., & Sunarti, T.C. 2014. Pengaruh Lama Hidrolisis Asam Terhadap Karakteristik Fisiko-Kimia Pati Garut. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 24(3)218–225.
- Yuliasih, I., & Sunarti, T.C. 2014. Pati Sagu Termodifikasi Sebagai Bahan Starch- Base Plastics. *Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet Dan Plastik*, 323–343.