

MODIFIKASI PATI UMBI GANYONG (*Canna edulis* Kerr) SECARA IKATAN SILANG MENGGUNAKAN SODIUM TRIPOLIPHOSPHAT (STPP)

Nurul Fatkhiyah*, Laeli Kurniasari, dan Indah Riwayati

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim

Jl. Menoreh Tengah X/22 Sampangan, Semarang 50236.

*Email: nurulfatkhiyah31@gmail.com

Abstrak

Umbi ganyong dapat dikembangkan dan dimanfaatkan menjadi produk antara lain berupa pati ganyong. Namun, penggunaan pati ganyong sebagai alternatif pengganti bahan makanan atau bahan baku industri makanan memiliki beberapa kelemahan. Oleh karena itu, diperlukan modifikasi terhadap pati ganyong, salah satunya dengan metode cross-linking. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh variabel proses modifikasi yang meliputi konsentrasi dan lama perendaman Sodium Tripolyphosphate (STPP) yang ditambahkan terhadap karakteristik pati ganyong termodifikasi. Proses modifikasi pati ganyong dengan cara memasukkan pati ganyong dalam larutan STPP dan merendam selama waktu yang ditentukan. Proses selanjutnya adalah netralisasi, pengeringan dan analisa. Variasi konsentrasi STPP yang ditambahkan 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, sedangkan variasi lama perendaman 30, 60, 90, 120 menit. Hasil penelitian menunjukkan pada konsentrasi STPP 2,5% dihasilkan kadar air yaitu 11,576%, kadar abu 0,478%, kadar lemak 0,517%, kadar protein 0,741%, solubility 2% dan swelling power 16,31 gr. Sedangkan lama perendaman selama 60 menit akan dihasilkan kadar air yaitu 11,596%, kadar abu 0,488%, kadar lemak 0,515%, kadar protein 0,739%, solubility 2%, dan swelling power 18,13gr.

Kata kunci: cross-linking, pati ganyong, sodium tripolyphosphat

1. PENDAHULUAN

Umbi ganyong cukup berlimpah khususnya didaerah dataran tinggi. Pemanfaatannya masih terbatas untuk konsumsi sendiri dalam bentuk segar dengan wujud direbus atau dikukus dan dijual dengan harga murah. Untuk meningkatkan penganekaragaman pangan berbasis umbi-umbian maka umbi ganyong dapat diolah menjadi produk yang lain, diantaranya adalah pati ganyong.

Pati ganyong memiliki kandungan gizi meliputi karbohidrat 84,34%, protein 0,44%, lemak 6,43%, serat kasar 0,04%, amilosa 28%, air 7,42%, abu 1,37%. Pati ganyong mengandung karbohidrat yang tinggi dan berpotensi untuk diolah menjadi produk pangan. Umbi ganyong mempunyai kadar total pati sebesar 93,30%, kadar amilosa sebesar 42,49% dan kadar amilopektin sebesar 50,90%.

Berbagai penelitian dari bahan pati ganyong telah dilakukan dimana pati ganyong dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti bahan makanan atau bahan baku industri makanan. Akan tetapi beberapa kelemahan yang ada membatasi penggunaan pati ganyong sebagai bahan baku pada industri pangan. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi pati ganyong agar dapat diaplikasikan lebih luas dalam industri pangan (Parwiyanti, 2015).

Modifikasi pati ganyong dilakukan untuk menghasilkan bahan pangan produk baru yang bermutu tinggi. Modifikasi pati dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya adalah metode modifikasi cross-linking. Modifikasi ini dapat dilakukan menggunakan Sodium tripolyphosphat (STPP). Modifikasi dengan STPP dapat membentuk monostrach phosphate jika hanya satu gugus hidroksil dari pati yang bereaksi dengan fosfat, maupun distrach phosphate jika dua buah gugus hidroksil bereaksi dengan fosfat yang berupa reaksi cross-linking. Substitusi bertujuan untuk menstabilkan pati dengan mencegah reasosiasi atau retrogradasi. Cross-linking membentuk ikatan kimia yang lebih kuat sehingga saat suhu suspensi dinaikkan granula akan tetap utuh (Widhaswari dkk, 2014). Pati ikatan silang menghasilkan pati yang lebih stabil dan dapat diaplikasikan kedalam proses pengolahan pangan yang akan menerapkan pemanasan suhu tinggi, penambahan asam, atau dikenai proses pengadukan atau pemompaan.

2. METODOLOGI

Bahan dan Alat

Bahan baku utama penelitian adalah pati ganyong yang diproduksi dari Kusuka Ubiku Bantul, Jogjakarta. Bahan-bahan kimia seperti NaOH, HCl dan STPP dibeli di toko kimia Indrasari Semarang. Alat yang digunakan diantaranya adalah beaker glas, tabung reaksi, cawan petri, timbangan, pipet, pengaduk, corong, oven, sentrifus refrigerant dan blender.

Proses Modifikasi Pati Secara Cross-linking

Pembuatan pati modifikasi ikatan silang dengan natrium tripolifosfat menggunakan metode seperti yang tercantum dalam penelitian Suryani dan Haryadi (1998). Pati umbi ganyong diayak pada ayakan 100 mesh. Pati ditimbang kemudian dimasukkan dalam beaker glass 1000 ml, untuk ditambah air sebanyak 70 %, kemudian dilakukan pengadukan hingga merata. Setelah itu secara perlahan-lahan dilakukan alkalisasi dengan menambahkan NaOH 0,6% sampai pH menjadi 10,5-11. Setelah dicapai pH tersebut segera ditambahkan STPP dengan tingkat konsentrasi (1 %; 1,5 %; 2%; dan 2,5% b/b) dan waktu lama reaksi (30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit). Kemudian dilakukan netralisasi dengan menggunakan larutan HCl 1N sampai pH 7 (netral), setelah itu dilakukan penapisan selama 24 jam dan dilanjutkan dengan pengeringan pada suhu 50-60°C selama 12 jam. Pati modifikasi yang didapatkan kemudian dianalisis.

Proses Analisa

Parameter yang diamati terhadap tepung pati baik sebelum maupun sesudah modifikasi meliputi karakteristik pati ganyong, yang terdiri dari kadar air, kadar protein, kadar abu, kadar lemak serta sifat fungsional pati ganyong yang terdiri dari *swelling power* dan *solubility*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Pati Ganyong Termodifikasi

a. Kadar air

Hasil kadar air pati ganyong modifikasi dapat dilihat pada Tabel 1. Dari tabel tersebut terlihat bahwa penambahan konsentrasi yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air pati ganyong modifikasi, sedangkan waktu perendaman yang berbeda memberikan

pengaruh tidak nyata terhadap kadar air pati ganyong modifikasi.

Tabel 1. Nilai kadar air pati ganyong modifikasi (%)

No.	Variabel	Air (%)
1.	Pati Ganyong Alami	9,039
2.	STPP 1%	9,081
3.	STPP 1,5%	10,774
4.	STPP 2%	10,856
5.	STPP 2,5%	11,576
6.	Waktu rendam 30 Menit	11,591
7.	Waktu rendam 60 Menit	11,596
8.	Waktu rendam 90 Menit	11,601
9.	Waktu rendam 120 Menit	11,610

Kadar air cenderung meningkat dengan semakin besarnya konsentrasi STPP. Menurut Widhaswari dkk (2014) kadar air cenderung meningkat dengan semakin besarnya STPP yang ditambahkan, dikarenakan gugus polar STPP bersifat hidrofilik sehingga fraksi fosfat yang telah berikatan dengan granula pati mampu mengikat air. Hal ini menyebabkan kemampuan pengikatan air oleh pati menjadi lebih tinggi. Pada saat pati bereaksi dengan campuran STPP akan dihasilkan gugus fosfat yang bersifat ionik. Hal ini juga diperkuat oleh Wulan dkk (2007) yang menyatakan bahwa gugus fosfat pada STPP yang berpenetrasi kedalam granula pati mempunyai sifat ionik sehingga mampu mengikat air. Hal ini dibuktikan dengan meningkatnya kadar air pati ganyong alami yaitu dari 9,039% dengan seiringnya penambahan STPP hasilnya cenderung terus meningkat.

Berbeda dengan kadar STPP yang berpengaruh terhadap kadar air, lama perendaman justru tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air pati modifikasi. Selama perendaman gugus fosfat STPP akan berikatan dengan gugus hidroksil pada granula pati. Hal ini disebabkan karena modifikasi dengan STPP dapat menyebabkan pembengkakan granula pati dimana kemampuan untuk merangkap air juga semakin besar, tetapi pada saat pengeringan semakin banyak juga air yang teruapkan. Perendaman akan mengakibatkan tekstur pati menjadi lunak dan berpori karena itu pada saat pengeringan air lebih mudah menguap (Widhaswari dkk, 2014).

b. Kadar Abu

Hasil analisa menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi yang berbeda memberikan pengaruh terhadap kadar abu pati ganyong modifikasi, sedangkan waktu perendaman yang berbeda tidak terlalu berpengaruh terhadap kadar abu pati ganyong modifikasi. Hasil kadar abu pati ganyong modifikasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai kadar abu pati ganyong modifikasi (%)

No.	Variabel	Kadar Abu (%)
1.	Pati Ganyong Alami	0,357
2.	STPP 1%	0,379
3.	STPP 1,5%	0,438
4.	STPP 2%	0,454
5.	STPP 2,5%	0,478
6.	Waktu rendam 30 Menit	0,482
7.	Waktu rendam 60 Menit	0,488
8.	Waktu rendam 90 Menit	0,489
9.	Waktu rendam 120 Menit	0,493

Menurut Hasibuan dkk, (2016) lama perendaman tidak terlalu berpengaruh terhadap kadar abu. Hal ini diduga karena selisih waktu perendaman tidak besar, yaitu hanya 30 menit, sehingga penetrasi fosfor belum mengalami perubahan yang signifikan.

Penambahan konsentrasi STPP yang semakin tinggi mengakibatkan peningkatan kadar abu (Hasibuan dkk., 2016). Penetrasi fosfor terjadi dari STPP ke dalam granula pati dan berikatan dengan rantai polimer pati membentuk jembatan fosfat antar molekul pati. Fosfor mampu meningkatkan kadar abu karena fosfor merupakan komponen penyusun abu (Woo dan Seib, 2002). Kadar abu pati ganyong modifikasi mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan pati ganyong alami. Kadar abu pati ganyong alami dalam penelitian ini sekitar 0,357%, dan dengan ditamahnya STPP, pati ganyong modifikasi terus mengalami peningkatan.

c. Kadar Protein

Hasil analisa menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi STPP maupun lama perendaman tidak memberikan pengaruh besar terhadap kadar protein pati ganyong modifikasi. Hasil kadar protein pati ganyong modifikasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai kadar protein pati ganyong modifikasi (%)

No.	Variabel	Kadar Protein (%)
1.	Pati Ganyong Alami	0,742
2.	STPP 1%	0,739
3.	STPP 1,5%	0,740
4.	STPP 2%	0,743
5.	STPP 2,5%	0,741
6.	Waktu rendam 30 Menit	0,740
7.	Waktu rendam 60 Menit	0,739
8.	Waktu rendam 90 Menit	0,739
9.	Waktu rendam 120 Menit	0,742

Konsentrasi kenaikan STPP setiap variabel hanya 0,5% dan selang lama perendaman hanya 30 menit yang terbilang kecil, sehingga tidak dapat mempengaruhi kadar protein pada pati ganyong termodifikasi. Dalam penelitian ini terdapat pengeringan pada pati ganyong termodifikasi yaitu diatas 50°C. Pengeringan tersebut dapat mendenaturasi protein dengan memutus ikatan non-kovalen seperti hidrogen, ikatan hidrofobik dan hidrostatik yang terlibat dalam stabilisasi struktur sekunder dan tersier (Nakia, 1983).

d. Kadar Lemak

Hasil Analisa menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi STPP dan waktu perendaman yang berbeda tidak memberikan pengaruh terhadap kadar lemak pati ganyong modifikasi. Hasil kadar lemak pati ganyong modifikasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai kadar lemak pati ganyong (%)

No.	Variabel	Kadar Lemak (%)
1.	Pati Ganyong Alami	0,521
2.	STPP 1%	0,519
3.	STPP 1,5%	0,515
4.	STPP 2%	0,515
5.	STPP 2,5%	0,519
6.	Waktu rendam 30 Menit	0,513
7.	Waktu rendam 60 Menit	0,515
8.	Waktu rendam 90 Menit	0,510
9.	Waktu rendam 120 Menit	0,512

Kadar lemak pati ganyong termodifikasi cenderung lebih rendah dibandingkan kadar lemak pati alaminya. Namun penurunan ini

tidak terlalu besar. Hal ini kemungkinan disebabkan karena kenaikan konsentrasi STPP yang cenderung kecil dan selang waktu lama perendaman yang relatif singkat sehingga tidak dapat mempengaruhi lemak dari pati ganyong alami. Kadar lemak pati ganyong alami yakni 0,521% sedangkan kadar lemak modifikasi ikatan silang dengan konsentrasi STPP memiliki kadar lemak terbaik 0,519% dan kadar lemak modifikasi ikatan silang dengan lama perendaman memiliki kadar lemak terbaik 0,515%. Hal ini sama dengan penelitian tentang modifikasi pati jagung dimana kandungan lemak pati jagung ikatan silang lebih rendah dari pati jagung asli (J Rao, 2019).

3.2. Sifat Fungsional Pati Ganyong Termodifikasi

a. Swelling Power

Hasil Analisa menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi yang berbeda dan waktu perendaman keduanya memberikan pengaruh terhadap nilai swelling power pati ganyong modifikasi (Tabel 5).

Tabel 4.5. Nilai swelling power pati ganyong (Gram)

No.	Variabel	Swelling Power (Gr)
1.	Pati Ganyong Alami	14,31
2.	STPP 1%	13,27
3.	STPP 1,5%	14,27
4.	STPP 2%	15,64
5.	STPP 2,5%	16,31
6.	Waktu rendam 30 Menit	17,21
7.	Waktu rendam 60 Menit	18,13
8.	Waktu rendam 90 Menit	17,25
9.	Waktu rendam 120 Menit	17,26

Peningkatan pada nilai swelling power seiring bertambahnya konsentrasi STPP, disebabkan oleh kelebihan dari senyawa fosfat. Hal ini sesuai dengan pendapat Rohajatie (2010) tentang hubungan antara pereaksi cross linking dari kelompok fosfat dengan kemampuan meningkatkan kekuatan mengembang produk pati. Adanya gugus positif fosfat pada proses fosforilasi menyebabkan adanya penghubung ikatan antar rantai pati yang berdekatan, hingga menyebabkan pati lebih kuat dalam mengembang. Selanjutnya menurut Yustiawan (2019) meningkatnya swelling power disebabkan oleh adanya

senyawa yang mendorong granula pati, sehingga terjadi pembengkakan granula. Kalsum dkk (2013) menambahkan, masuknya air ke dalam molekul tepung menyebabkan ikatan antarmolekul tepung akan melemah sehingga nilai swelling power tepung lebih tinggi daripada tepung alami. Sedangkan menurut Rohajatie (2010), peningkatan kadar fosfat mengakibatkan menurunnya ikatan intermolekuler sehingga nilai swelling power akan cenderung meningkat.

Pengaruh pada lama perendaman modifikasi pati ganyong mengalami peningkatan pada saat direaksikan selama 60 menit (1 jam) sebesar 18,13 gr, sedangkan dengan waktu lama perendaman yang lebih lama menghasilkan swelling power cenderung menurun. Hal ini disebabkan karena pati mengembang setelah batas optimalnya, dan ini terjadi pada proses perendaman selama 1 jam. Proses reaksi yang lama saat perendaman melebihi batas optimalnya tidak terlalu baik untuk kekuatan mengembang. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu yang diberikan maka akan semakin tinggi volume air yang masuk ke dalam granula pati.

Hal ini sesuai dengan Yustiawan dkk (2019) yang menyatakan bahwa granula pati telah mencapai pengembangan maksimum pada saat direaksikan selama 1jam, serta granula pati akan cenderung pecah jika direaksikan lagi dengan waktu yang lebih lama. Retnaningtyas dkk (2014) juga melaporkan bahwa perendaman yang terlalu lama juga akan menurunkan swelling power pati.

b. Solubility

Hasil Analisa menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi yang berbeda dan waktu perendaman berpengaruh terhadap nilai solubility pati ganyong modifikasi (Tabel 6)

Tabel 6. Nilai solubility pati ganyong modifikasi (%)

No.	Variabel	Solubility (%)
1.	Pati Ganyong Alami	6
2.	STPP 1%	5
3.	STPP 1,5%	4
4.	STPP 2%	4
5.	STPP 2,5%	2
6.	Waktu rendam 30 Menit	4
7.	Waktu rendam 60 Menit	2
8.	Waktu rendam 90 Menit	4
9.	Waktu rendam 120 Menit	3

Nilai solubility cenderung mengalami penurunan seiring semakin tinggi konsentrasi STPP. Penambahan STPP akan menyebabkan pati berikatan dengan molekul fosfat membentuk ikatan silang pati fosfat, ikatan senyawa fosfat dapat menurunkan solubilitas (Yustiawan dkk, 2019). Ikatan silang yang terbentuk menyebabkan ikatan-ikatan kovalen diantara molekul pati termodifikasi lebih kuat dibandingkan dengan pati alami yang hanya terdiri dari ikatan hidrogen, sehingga memungkinkan pati termodifikasi yang larut air lebih sedikit daripada pasta pati alami (Armeyuni, 2015).

Hal ini berdampak pada peningkatan berat molekul pati (Retnaningtyas dkk, 2014). Ikatan pati fosfat ini akan mengembang dengan kapasitas yang lebih besar saat pati dipanaskan. Pati yang memiliki daya mengembang yang tinggi akan meningkatkan derajat substitusi, dan menurunkan solubility karena sebagian besar pati sudah mengembang menjadi pasta pati, dan hanya meninggalkan sedikit pati yang masih dapat larut bersama air (Armeyuni 2015).

Menurut Darsih dkk (2012), Semakin baik ketahanan struktur granula pati menyebabkan semakin banyak kandungan air yang diserap oleh molekul-molekul pati dari tepung. Hal ini menyebabkan filtrat (supernatant) yang didapat cenderung menurun setelah mengalami proses pemisahan. Penurunan solubilitas juga dikaitkan dengan kandungan amilosa pada tepung dengan semakin meningkatnya konsentrasi STPP yang digunakan.

Variasi lama perendaman menunjukkan pengaruh pada modifikasi pati. Nilai solubilitas pati ganyong modifikasi mengalami penurunan semakin lamanya direndam dalam larutan senyawa fosfat dengan hasil terendah ditunjukkan pada lama perendaman selama 60 menit (1 jam). Setelah 60 menit perendaman ternyata solubilitas pati modifikasi kembali mengalami peningkatan. Kejadian ini disebabkan oleh kemampuan optimal kandungan amilum yang terdapat pada pati untuk menyerap air (Yustiawan dkk, 2019). Menurut Retnaningtyas, dkk (2014) solubilitas tepung yang dimodifikasi dengan STPP akan cenderung meningkat setelah pati melewati titik jenuhnya.

Sedangkan jika direndam lebih lama lagi maka molekul amilosa akan mengalami proses pemecahan molekul akibat kelebihan kapasitas menyerap air sehingga air hasil dari proses pemecahan beberapa molekul ini akan keluar

dan mengakibatkan jumlah supernatan (filtrat) yang dihasilkan setelah melewati proses pemisahan akan cenderung meningkat. Peningkatan nilai solubilitas ini dikarenakan adanya proses pemecahan molekul amilosa pada ikatan hidrogen maupun pada ikatan fosfat (Retnaningtyas dkk, 2014). Kandungan amilosa yang telah mengalami proses pemecahan akan keluar dan larut didalam air, yang juga menyebabkan meningkatnya jumlah daya solubilitas tepung.

Solubilitas pati tepung pada perlakuan konsentrasi yang sama dengan dikombinasikan dengan proses reaksi selama 30 menit cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan daya solubilitas perlakuan lainnya. Menurut Pudjihastuti (2010), daya swelling power tepung sangat dipengaruhi oleh lama waktu perendaman, yaitu semakin lama waktu perendaman akan menyebabkan semakin lama hidrolisis, menyebabkan rantai pati tereduksi. Akhirnya rantai pati cenderung lebih pendek dan mudah menyerap air. Matsuguma (2009) menjelaskan bahwa kelarutan pati sangat tergantung pada nilai kadar amilosa dan kemudahannya untuk keluar dari butir pati, yaitu kelarutan suatu bahan berupa tepung dalam air dipengaruhi oleh seberapa besar jumlah kandungan fraksi amilosa yang terlepas dari rantai pati dan larut dalam air (supernatant).

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan konsentrasi STPP dan waktu lama perendaman dalam modifikasi pati ganyong memiliki pengaruh terhadap karakteristik pati ganyong modifikasi. Peningkatan konsentrasi STPP akan meningkatkan kadar air, kadar abu meningkatkan swelling power dan menurunkan solubility.

Adapun penambahan lama waktu perendaman akan meningkatkan swelling power pati dan menurunkan solubility. Pada konsentrasi STPP 2,5% dihasilkan kadar air yaitu 11,576%, kadar abu 0,478%, kadar lemak 0,517%, kadar protein 0,741%, solubility 2% dan swelling power 16,31 gr. Sedangkan lama perendaman selama 60 menit akan dihasilkan kadar air yaitu 11,596%, kadar abu 0,488%, kadar lemak 0,515%, kadar protein 0,739%, solubility 2%, dan swelling power 18,13gr.

DAFTAR PUSTAKA

- Armayuni, P.H., Dkk, 2015, *Karakteristik Pati Pisang Kepok (Musa paradisiaca var. formatipyca) Termodifikasi Dengan Metode Ikalatan Silang Menggunakan Sodium Tripolyphosphat (STPP)*, Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana, Bali.
- Darsih, C., Dkk, 2012, *Karakteristik Sifat Fisik & Kimia Tepung Kentang Hitam (Coeus tuberosum)*, Desa Mortelu, Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunung Kidul, Prosiding Seminar Nasional Ilmu Pengetahuan Teknik, Bandung, ISSN 2303-0798.
- Hasibuan, Dkk, 2016, *Sifat Kimia dan Organoleptik Pati Sagu (Metroxylon sago Rottb.) Modifikasi Kimia dengan Perlakuan Sodium Tripolyphosphate (STPP)*, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Riau Indonesia, Riau.
- J Rao, S. dan R. Parimalavalli, 2019, *Effect of Cross-linking on Structural, Chemical and Functional Properties of Corn Starch*, Periyar University, India.
- Kalsum, N. dan Surfiana, 2013, *Karakteristik Dekstrin dari Pati Ubi Kayu yang Diproduksi dengan Metode Partial Prigelatinisasi Parsial*, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung, Lampung.
- Matsugama, L.S, et al, 2009, *Characterization of Native and Oxidized Starched of Two Varieties of Peruvian Carrot (Arracacia xanthorrhiza, B.) from Two Production Areas of Parana State, Brazil*. Brazilian Archives of Biology and Technology, 52(3), pp. 701-713.
- Nakia, S., 1983, *Structure-function Relationchips of Food Proteins with An Emphasis on the Importance of Protein Hydrophobicity*, Journal of Agricultural and Food Chemistry (76): 341-349.
- Parwiyati, Dkk, 2015, *Swelling power dan Kelarutan Pati Ganyong (Canna Edulis Kerr) Termodifikasi Melalui Heat Moisture Treatment dan Penambahan Gum Xanthan untuk Produk Roti*, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Pudjihastuti, I., 2010, *Pengembangan Proses Inovatif Kombinasi Reaksi Hidrolisis Asam dan Reaksi Photokimia UV Untuk Produksi Pati Termodifikasi dari Tapioka*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Retnaningtyas, A.D. dan D.R.P Widya, 2014, *Karakteristik Sifat Fisiokimia Pati Ubi Jalar Orange Hasil Modifikasi Perlakuan STPP (Lama Perendaman dan Konsentrasi)*, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.
- Rohajati, U., 2010, *Studi Tentang Pemrosesan Tepung Sorghum Terfosforilasi dan Aplikasi pada berbagai Adonan Patri*, Jurnal Teknologi dan Kejuruan 33 (1): 93-106.
- Suryani, C.L. dan Haryadi, 1998, *Pemutihan dan Pengiktsn silang Pati Sagu dan Penggunaannya untuk Bahan Substitusi pada Pembuatan Bihun*, Agrirech (8): 20-23.
- Widhaswari, A.V. dan D.R.P Widya, 2014, *Pengaruh Modifikasi Kimia dengan STPP terhadap Karakteristik Tepung Ubi Jalar Ungu*, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.
- Woo, K.S. dan P.A Seib, 2002, *Cross-linkked Resistant Starch: Preparation and Properties*, Journal of Cereal Chemistry 17(6): 819-825.
- Wulan, S.N., Dkk, 2007, *Modifikasi Pati Beras Alami dan Pati Hasil Pemutusan Rantai Bercabang dengan Perlakuan Fisik/Kimia untuk Meningkatkan Kadar Pati Resisten*, Jurnal Teknologi Pertanian 8(1): 61-70.
- Yustiawan, Dkk, 2019, *Pengaruh Modifikasi Crosslink Terhadap Karakteristik Tepung Ubi jalar saat Dipanaskan*, FakultasTeknologi Pertanian, Universitas Sumbawa, NT