

## Karakterisasi sifat fisiko kimia pati ganyong (*Canna edulis* Kerr.) dan pati bengkuang (*Pachirrhizus erosus*) modifikasi

[Characterization on physico-chemical properties of modified canna (*Canna edulis* Kerr.) and jicama (*Pachirrhizus erosus*) starches]

Sri Haryani Anwar<sup>\*1</sup>, Yeni Chandra Dewi<sup>1</sup>, dan Novi Safriani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

\* Email korespondensi : sri.haryani@unsyiah.ac.id

Diterima : 11 Februari 2020, Disetujui : 20 September 2020, DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jthp.v26i1.25-36>

### ABSTRACT

Modification of canna and jicama starches have rarely been applied. Modification of native starch is needed mainly to increase its solubility in water thus broaden its application in food industries. Physical and chemical modifications of starches are conducted to modify starch characteristics. The research aimed to investigate the physico-chemical properties of canna and jicama starches that had been modified chemically and physically. Chemical modifications which were conducted included modification via substitution with Octenyl Succinate Anhydride (OSA) and hydrolysis using hydrochloric acid (HCl), while physical modification was conducted via the Heat Moisture Treatment (HMT). The starch physico-chemical characteristics evaluated were degree of acid (DA), swelling power, degree of substitution (DS), moisture, ash, fat, and fiber contents. The analysis results showed that moisture, ash, fat, and fiber contents of native canna and jicama starches were not significantly different from those of modified ones. The result also revealed that the type of starches and modification methods increased the swelling power significantly ( $P \leq 0.05$ ). The DS of modified canna dan jicama starches were 0.0246% and 0.0176%, respectively. While the DA of modified canna and jicama starches were 0.14% and 0.18%, respectively. This DA values of modified starches by HCL hydrolysis had meet the Indonesian National Standard (SNI 01-2593-1992) which is maximum of 5% for food application.

Keywords: canna starch, jicama starch, HMT modification, modified starch, OSA modification

### ABSTRAK

Modifikasi pati ganyong dan bengkuang jarang diterapkan. Modifikasi pati diperlukan terutama untuk meningkatkan kelarutannya dalam air sehingga memperluas penggunaannya dalam industri pangan. Modifikasi pati biasanya dilakukan secara fisik atau kimia agar pati dapat dimanfaatkan secara luas. Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi pati ganyong (*Canna edulis* Kerr) dan pati bengkuang (*Pachirrhizus erosus*) secara kimia menggunakan Octenyl Succinate Anhydride (OSA) dan asam klorida (HCl) serta secara fisik dengan Heat Moisture Treatment (HMT). Analisis terhadap pati modifikasi yang dilakukan meliputi analisis derajat asam (DA), *swelling power*, derajat substitusi (DS), kadar air, kadar abu, kadar serat dan kadar lemak. Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar air, abu, lemak, dan serat dari pati ganyong dan pati bengkuang tidak berbeda nyata. Uji statistik terhadap parameter yang diuji menunjukkan bahwa jenis pati dan metode modifikasi hanya berpengaruh nyata ( $P \leq 0,05$ ) terhadap *swelling power*. Pati bengkuang modifikasi OSA dan HMT menghasilkan nilai *swelling power* tertinggi yaitu 5,67% dan 6%. Nilai DS pati ganyong modifikasi OSA adalah 0,0246% dan 0,0176% untuk pati bengkuang modifikasi OSA. Nilai DA pati ganyong dan pati bengkuang modifikasi HCl yaitu 0,14% dan 0,18%. Nilai DA pati modifikasi pada penelitian ini sudah memenuhi SNI 01-2593-1992 yaitu maksimal 5% untuk aplikasi pangan.

Kata kunci: pati ganyong, pati bengkuang, pati modifikasi, modifikasi HMT, modifikasi OSA

### Pendahuluan

Pati merupakan cadangan makanan pada tanaman yang mengandung unit D-glukosa dan dapat dijumpai pada semua sel tanaman. Pati terdiri dari dua bagian yaitu fraksi terlarut yang disebut amilosa dan fraksi yang tidak larut dalam air yang disebut amilopektin. Amilosa memiliki rantai lurus dengan ikatan  $\alpha$ -1,4-D-glukosa sedangkan amilopektin memiliki struktur bercabang dengan ikatan  $\alpha$ -1,6-D-glukosa (Sjöö & Nilsson, 2017).

Pati alami dapat diperoleh dengan cara pemisahan sari pati yang terdapat pada tanaman (Zulaidah, 2012). Pati modifikasi adalah pati yang sudah mengalami perubahan pada gugus hidroksilnya. Beberapa jenis tumbuhan mengandung pati cukup tinggi namun belum dimanfaatkan secara optimal, diantaranya adalah ganyong dan bengkuang. Pemanfaatan pati ganyong hanya sebagai bahan tambahan pada beberapa produk olahan pangan seperti kwetiaw, bihun, mie dan lain-lain. Sedangkan bengkuang umumnya langsung dikonsumsi tanpa pengolahan lebih lanjut.

Pemanfaatan pati ganyong dan pati bengkuang serta pati alami lainnya yang masih terbatas, disebabkan oleh sifat pati yang tidak larut dalam air. Oleh karena itu modifikasi terhadap pati ganyong dan pati bengkuang harus dilakukan sehingga dapat diperoleh pati hasil modifikasi dengan sifat fisiko-kimia yang diinginkan.

Tujuan utama dilakukannya proses modifikasi pati baik secara kimia maupun fisik adalah untuk memperbaiki sifat-sifat pati khususnya kelarutan pati dalam air. Modifikasi kimia yang biasa dilakukan diantaranya adalah dengan substitusi gugus hidroksil pada rantai pati dengan *Octenyl Succinate Anhydride*, hidrolisis dengan asam klorida dan modifikasi ikatan silang. Modifikasi secara fisik salah satunya dapat dilakukan dengan metode *Heat Moisture Treatment* (HMT).

Metode substitusi dilakukan dengan mensubstitusi gugus hidroksil (OH) yang terdapat pada molekul amilosa dan amilopektin. Modifikasi secara hidrolisis menggunakan asam sebagai katalisator, dimana asam klorida, asam sulfat dan asam nitrat adalah jenis katalisator yang sering digunakan. Modifikasi pati secara fisik dengan HMT menjadikan pati lebih stabil pada saat pemasakan (Purwani et al., 2006) dan lebih tahan terhadap pH rendah, panas dan perlakuan mekanis (Tan et al., 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi pati bengkuang dan pati ganyong alami serta membandingkan karakteristik pati modifikasi yang dihasilkan. Modifikasi dilakukan secara kimia menggunakan OSA dan HCl serta secara fisik dengan metode HMT.

## Bahan dan metode

### *Bahan dan alat*

Bahan utama yang digunakan adalah pati ganyong yang diperoleh dari Pulo Gadung, Jakarta Timur dan pati bengkuang diekstrak dari umbi bengkuang yang diperoleh dari Pasar Peunayong, Banda Aceh. Bahan kimia untuk proses modifikasi adalah octenyl succinate anhydride dan asam klorida. Adapun bahan pendukung lainnya berupa etanol, aquades, heksan,  $H_2SO_4$ , NaOH, asam sulfat pekat, *methylen blue* dan *methylen red*.

Alat-alat utama yang digunakan untuk analisis adalah *soxhlet apparatus*, oven, sentrifus, tanur, pH meter, pengaduk merkuri, labu leher tiga, desikator, timbangan analitik, refrigerator dan alat-alat gelas.

### *Metode penelitian*

#### *Ekstraksi pati*

Ekstraksi pati hanya dilakukan dari umbi bengkuang saja, sedangkan pati ganyong dibeli dalam keadaan sudah siap untuk dimodifikasi. Proses ekstraksi pati bengkuang diawali dengan pengupasan umbi, pencucian umbi dengan air mengalir dan selanjutnya dipotong-potong. Potongan umbi kemudian dihancurkan dengan *blender* sampai menjadi bubur. Bubur umbi dipisahkan menggunakan kain saring agar diperoleh ekstrak dan ampas. Hasil ekstraksi ditambahkan air dan diendapkan dalam bak penampung selama 20 jam sampai terjadi pemisahan antara pati dan air. Air bagian atas dibuang dan endapan dipisahkan. Selanjutnya endapan yang merupakan pati dikeringkan pada oven dengan suhu  $50^{\circ}C$  selama 6 jam. Setelah kering, pati bengkuang dihancurkan dengan *blender* tanpa penambahan air hingga halus agar ukurannya seragam. Kemudian dilakukan pengayakan dengan menggunakan saringan ukuran 60 mesh.

### Modifikasi pati dengan OSA

Modifikasi pati dengan OSA dilakukan mengikuti metode Bhosale dan Singhal (2006). Pati ganyong dan pati bengkuang (masing-masing 125 g) dilarutkan dalam 475 ml air dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Kemudian ditambahkan larutan OSA sebanyak 3% dari berat pati ( $3\% \times 125\text{g} = 3,75\text{g}$ ). Pada saat proses berlangsung, pH dipertahankan konstan ( $8,0 \pm 0,5$ ) dengan penambahan larutan NaOH 2% secara reguler. Setelah pengadukan selama 2 jam, HCl 1,124% ditambahkan untuk menurunkan pH menjadi 6,5. Selanjutnya ditambahkan air 250 ml dan kemudian disentrifus pada kecepatan 5000 rpm selama 2-3 menit. Endapan pati dipisahkan dan dikeringkan pada suhu 50°C selama 6 jam (Bhosale & Singhal, 2006).

### Modifikasi pati dengan asam klorida

Modifikasi pati dengan asam klorida mengikuti metode Artati & Andik (2006). Pati ganyong dan pati bengkuang (sebanyak 10 g masing-masing dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang berisi larutan HCl 0,05 N sebanyak 250 ml. Lalu labu dipanaskan sampai suhu 100°C dan suhu dijaga tetap konstan selama proses modifikasi berlangsung. Campuran kemudian diaduk menggunakan pengaduk merkuri dengan kecepatan 50 rpm selama 10 menit dan segera didinginkan menggunakan air es untuk menghentikan reaksi. Sampel dipisahkan dengan cara sentrifugasi setelah sebelumnya dicuci 3 kali dengan air suling.

### Modifikasi dengan metode heat moisture treatment

Modifikasi dengan cara HMT dilakukan sesuai dengan prosedur yang ditulis oleh Pangesti et al. (2014). Pati ganyong dan pati bengkuang (masing-masing 100 g) dengan kadar air 30% diletakkan dalam petridish yang telah dilapisi aluminium foil dan ditutup. Kemudian disimpan dalam lemari pendingin selama 12 jam pada suhu 4-5°C. Lalu petridish yang berisi pati basah dipanaskan dalam oven dengan suhu 90°C selama 3 jam, kemudian didinginkan. Setelah dingin, pati modifikasi diletakkan kembali pada petridish tanpa tutup dan dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 5 jam.

### Analisis fisiko kimia

Pati yang diperoleh dikarakterisasi dengan analisis kadar air, abu, serat, lemak, *swelling power*, derajat substitusi, dan derajat asam. Analisis ini dilakukan terhadap pati ganyong dan pati bengkuang sebelum dan setelah dimodifikasi.

*Swelling power* pati dihitung berdasarkan metode Klein et al. (2013). Sampel pati sebanyak 0,1 g dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian 10 ml air destilat ditambahkan. Selanjutnya campuran ditempatkan dalam *waterbath* dan dipanaskan selama 30 menit pada suhu 70°C serta diaduk secara kontinyu. Tabung reaksi didinginkan dan disentrifus pada kecepatan 2500 rpm selama 20 menit. Air yang tersisa didekantasi dan pasta pati yang tertinggal di dasar tabung ditimbang beratnya. Nilai *swelling power* dihitung dengan Rumus 1.

$$SP(\%) = \frac{\text{berat pasta pati (g)}}{\text{berat sampel kering (g)}} \% \quad \dots(1)$$

Substitusi pati dengan OSA dilakukan mengikuti prosedur Bhosale dan Singhal (2006). Lima gram pati OSA ditambah dengan 50 ml air destilat dan 25 ml NaOH 0,5 N, kemudian diaduk selama 24 jam. Suspensi ditetesi indikator pp untuk selanjutnya dilakukan titrasi dengan HCl 0,5 N. Titrasi blanko dibuat dengan pati alami dan mengikuti prosedur yang sama. Nilai DS pati OSA dihitung dengan Rumus 2.

$$DS = \frac{162 \times \% \text{substitusi OSA}}{21.000 - (209 \times \% \text{substitusi OSA})} \quad \dots(2)$$

Keterangan:

162 = Berat molekul glukosa

209 = Berat molekul gugus octenyl succinyl

21,000 = 100 x berat molekul gugus octenyl succinyl  
Substitusi OSA dihitung dengan Rumus 3.

$$\%Substitusi\ OSA = \frac{(V_{blank} - V_{sampel}) \times 0,1 \times N \times 100}{W} \quad \dots(3)$$

Keterangan:

v blank = volume blanko

v sampel = volume sampel

N = normalitas HCl

Perhitungan nilai derajat asam dilakukan sesuai dengan SNI 06-1451-1989 (Rumus 4). Lima gram pati modifikasi HCl ditambahkan 50 ml aquades. Campuran ditutup dan digoyang sesekali selama 30 menit. Selanjutnya campuran disaring dan larutan sebanyak 50 ml ditetesi indikator pp untuk kemudian dititrasi dengan NaOH 0,1 N.

$$DA = \frac{(M_{titrasi} - blanko) \times N_{NaOH} \times Mr\ HCl \times 100}{1000 \times bobot\ sampel} \quad \dots(4)$$

### Analisis data

Perlakuan percobaan merupakan kombinasi dua variabel: jenis pati yaitu pati ganyong (P1) dan pati bengkuang (P2), serta metode modifikasi (M) yaitu modifikasi OSA (M1), modifikasi HCl (M2) dan modifikasi HMT (M3). Semua perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Data kadar air, abu, serat, dan lemak dianalisis secara deskriptif dengan menggunakan tabel dan grafik. Sedangkan data *swelling power* dianalisis dengan *analysis of variance* (ANOVA) untuk mengetahui adanya perbedaan antar perlakuan dan uji lanjut dengan beda nyata terkecil (BNT) untuk mengetahui perlakuan terbaik.

## Hasil dan pembahasan

### Karakteristik Pati Alami

Sebelum dilakukan modifikasi terhadap pati ganyong dan pati bengkuang, terlebih dahulu dilakukan analisis awal terhadap kedua pati tersebut (Tabel 1). Dapat dilihat bahwa kadar air pati ganyong dan pati bengkuang telah memenuhi SNI 01-6057-1992 (Standar Nasional Indonesia, 1992), yaitu kadar air maksimum 16% basis kering. Kadar air bahan pangan berpengaruh besar terhadap daya simpan bahan tersebut karena berhubungan erat dengan nilai Aw yang menentukan pertumbuhan mikroba.

Kadar abu pati ganyong dan pati bengkuang berturut-turut adalah 0,49% dan 0,23%. Kadar abu kedua jenis pati tersebut sudah memenuhi persyaratan mutu tepung. Kadar lemak kedua pati alami tersebut cukup rendah yaitu 0,80% dan 0,86% dimana kandungan lemak pati yang rendah akan membantu proses gelatinisasi karena pembentukan struktur kompleks antara lemak dan amilosa yang dapat menghambat keluarnya amilosa dari granula pati dapat dihindari (Ai & Jane, 2018). Kadar serat pati ganyong dan pati bengkuang cukup tinggi yaitu 8,07% dan 8,23%. Kadar serat pada pati dapat dipengaruhi oleh umur panen umbi segarnya.

Tabel 1. Karakteristik pati ganyong dan pati bengkuang sebelum modifikasi

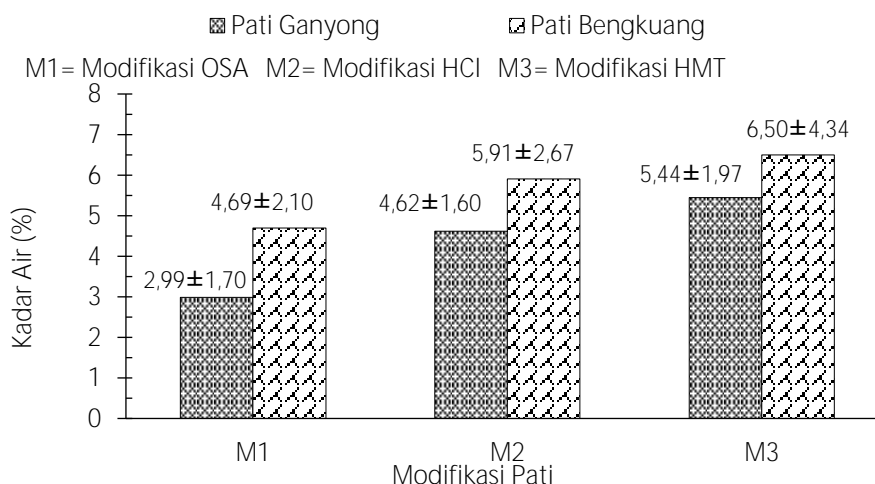
Komposisi	Pati Ganyong (%)	Pati Bengkuang (%)
Kadar Air	8,30 ± 0,21	10,8 ± 0,87
Kadar Abu	0,49 ± 0,15	0,23 ± 0,45
Kadar Lemak	0,80 ± 0,32	0,86 ± 0,23
Kadar Serat	8,07 ± 0,17	8,23 ± 0,65
<i>Swelling Power</i>	1,43 ± 0,10	1,96 ± 0,25

### Karakteristik pati alami dan modifikasi kadar air

Kadar air pati ganyong dan pati bengkuang setelah dimodifikasi dapat dilihat pada Gambar 1. Kadar air pati modifikasi jika dibandingkan dengan kadar air pati alami ternyata lebih rendah, karena pati mengalami proses pengeringan kembali setelah dimodifikasi.

Pati modifikasi dikeringkan pada suhu dan waktu yang relatif sama, yaitu pada suhu 50°C selama 6 jam. Nilai kadar air pati bengkuang berada dalam kisaran seperti penelitian terdahulu yaitu sekitar 7,79% (Anwar et al., 2016).

Kadar air pati modifikasi HCl lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar air pati modifikasi OSA. Hal ini disebabkan oleh proses hidrolisis asam yang menghasilkan pati dengan ikatan yang lebih pendek dan bersifat lebih hidrofilik sehingga kelarutan air dalam pati ini lebih tinggi (Putri et al., 2016). Sebaliknya, pati OSA memiliki gugus hidroksil (OH) yang telah disubstitusi oleh gugus *octenyl* sehingga sifat hidrofobiknya meningkat (Sweedman et al., 2013).



Gambar 1. Kadar air pati ganyong dan pati bengkuang modifikasi

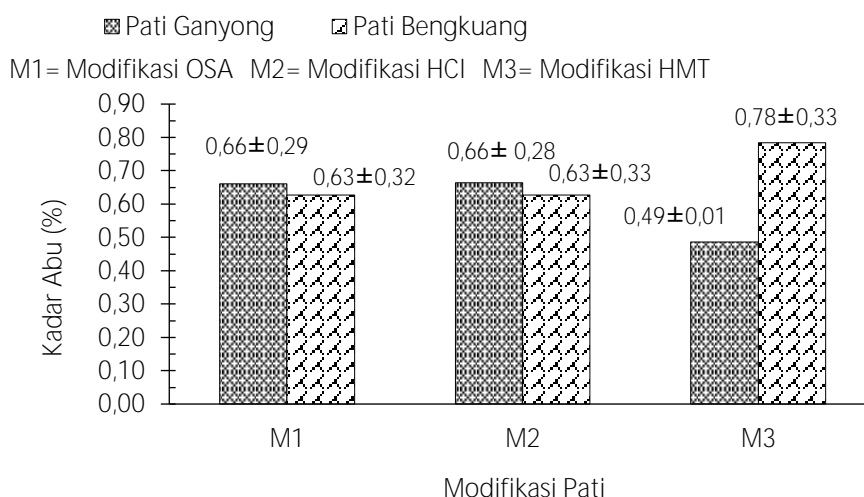
Kadar air tertinggi diperoleh dari pati bengkuang dan ganyong yang dimodifikasi secara HMT. Hal ini diduga karena prinsip modifikasi yang memang mensyaratkan persentase kadar air tertentu (biasanya 30%) pada pati sebelum proses modifikasi secara fisik dilakukan, menyebabkan kadar air pati HMT lebih tinggi dibandingkan kadar air pati modifikasi dengan HCL atau OSA. Modifikasi HMT juga dapat mengakibatkan perubahan sifat fisik dan kimia pati. Intensitas modifikasi dapat dipengaruhi oleh kadar air, suhu dan waktu modifikasi (kondisi proses) serta jenis, kadar amilosa dan profil amilipektin (kondisi pati) (Syamsir, 2012).

Modifikasi HMT dapat dilakukan pada suhu yang lebih rendah atau lebih tinggi dari suhu gelatinisasi pati. Pemanasan mengakibatkan granula pati menyerap energi yang membuka lipatan struktur ganda helix pada rantai amilopektin dan memicu terbentuknya ikatan baru antar molekul (Ratnayake & Jackson, 2006). Pada saat proses modifikasi, kondisi *rubbery* yang bersifat seperti fluida terjadi pada bagian amorfis pati. Hal ini mengakibatkan titik-titik percabangan pada rantai amilopektin meningkat mobilitasnya sehingga interaksi pada bagian kristalit juga meningkat (Lin et al., 2019).

#### Kadar abu

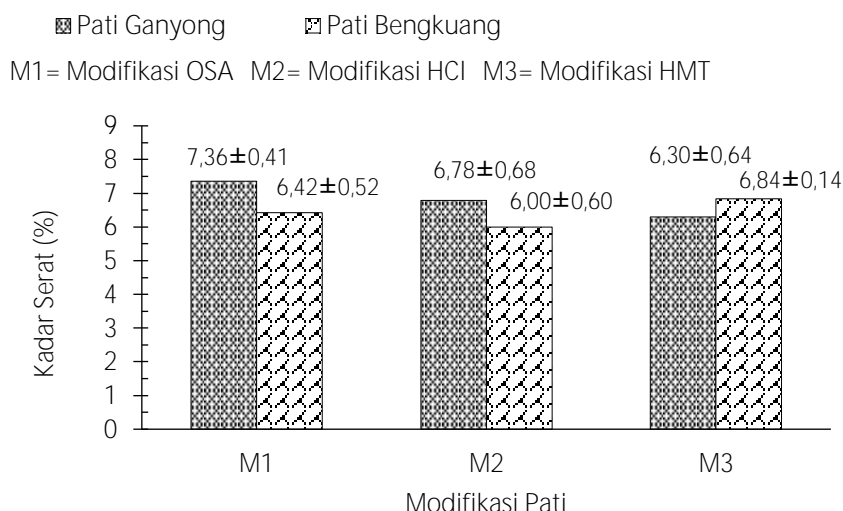
Kadar abu pati ganyong dan bengkuang modifikasi rata-rata adalah 0,60% dan 0,64%. Kadar abu merupakan kandungan bahan-bahan anorganik atau unsur-unsur mineral yang tertinggal sebagai sisa pembakaran yang dilakukan sampai bahan tersebut bebas karbon (Ismail, 2017).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Richana & Sunarti (2004) memperlihatkan bahwa kadar abu pati ganyong cenderung lebih rendah yaitu 0,20% bila dibandingkan dengan kadar abu tepung dengan bahan yang sama yaitu 2,89%. Kadar abu pati ganyong modifikasi pada penelitian ini (Gambar 2) lebih tinggi dibandingkan dengan hasil yang diperoleh Carolina & Ilmi (2016) yaitu 0,36%. Perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh perbedaan varietas umbi ganyong yang digunakan dan perbedaan proses ekstraksi umbi ganyong menjadi pati. Pati biasanya didapat dengan cara ekstraksi dari umbi-umbian dan mengalami tahapan pencucian berulang kali. Akibatnya sebagian mineral yang terkandung akan larut dalam air dan ikut terbuang (Ward & Carpenter, 2010).



Gambar 2. Kadar abu pati ganyong dan pati bengkuang modifikasi Kadar serat

Menurut Winarno (2004), serat pangan secara fisiologis didefinisikan sebagai bagian dari tanaman yang tidak dapat terdegradasi secara enzimatis menjadi bagian-bagian terkecil yang dapat diserap oleh lambung dan usus halus. Kadar serat kedua jenis pati pada penelitian ini cukup tinggi, yaitu 8,07% (pati ganyong alami) dan 8,23% (pati bengkuang alami). Kandungan serat pati ganyong hampir sama dengan kadar serat total pada pati ganyong alami yang didapatkan oleh Carolina & Ilmi (2016) yaitu 8,59%.



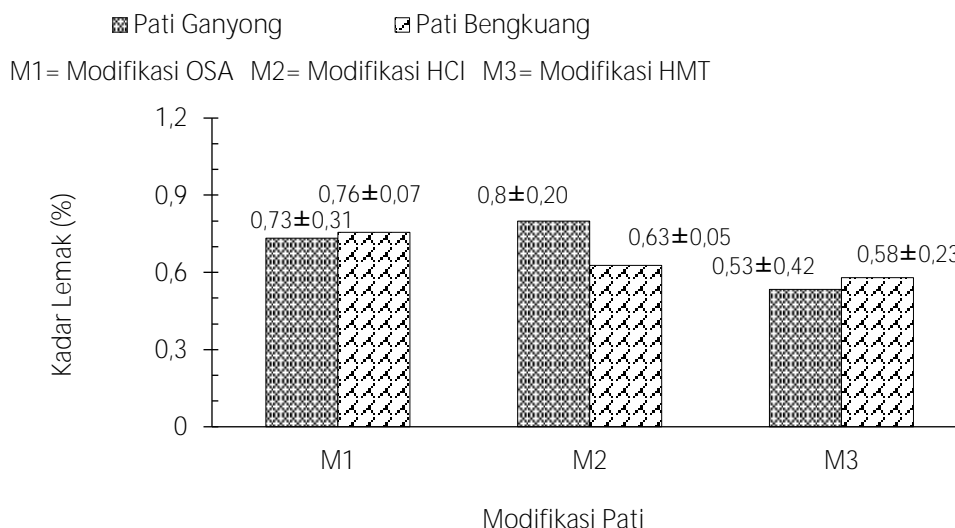
Gambar 3. Kadar serat pati ganyong dan pati bengkuang modifikasi

Gambar 3 menunjukkan bahwa rata-rata kadar serat kedua jenis pati modifikasi menurun menjadi 6,81% dan 6,42%. Penurunan kadar serat ini diduga karena proses modifikasi yang melibatkan proses pencucian berulang sehingga menyebabkan hilangnya atau terbuangnya serat pangan terlarut.

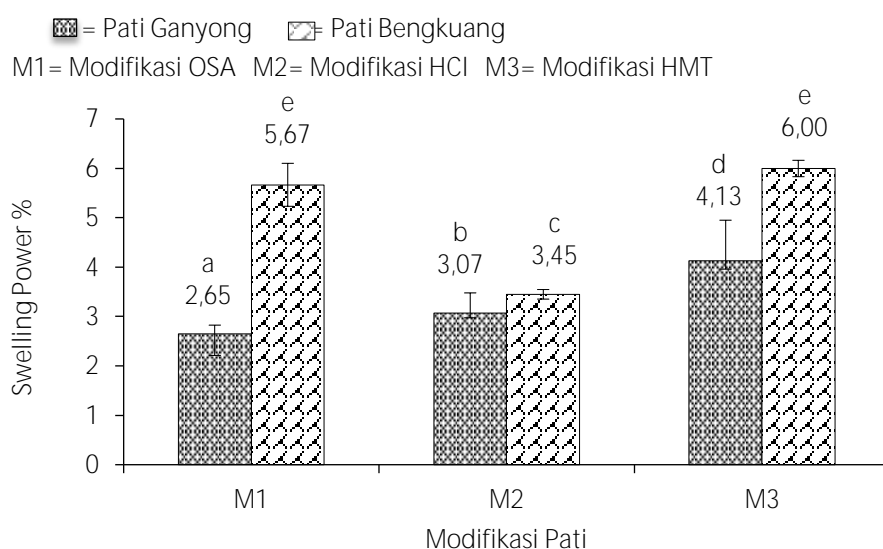
Serat pada pati dapat dipengaruhi oleh umur panen bahan segarnya (umbi ganyong dan bengkuang). Semakin lama bahan tersebut dipanen maka semakin menurun kadar pati dan terbentuk serat kasar pada daging umbi dalam jumlah yang lebih besar (Wahid et al., 1992).

#### Kadar lemak

Kadar lemak rata-rata dari pati ganyong dan bengkuang modifikasi adalah 0,69% dan 0,65% (Gambar 4). Kadar lemak kedua jenis pati menurun setelah dimodifikasi. Granula pati mengandung lemak dalam jumlah sedikit. Lemak dalam pati secara kompleks terikat dengan amilosa yaitu pada amilosa-lipid. Adanya komponen lemak dalam pati dapat menghambat daya kembang (*swelling*) dan kelarutan (*solubility*) terutama pada pati. Kandungan lemak dalam pati dapat mempengaruhi sifat fungsional pati tersebut (Ai & Jane, 2018).



Gambar 4. Kadar lemak pati ganyong dan pati bengkuang modifikasi



Gambar 5. Perbandingan nilai swelling power pati ganyong dan bengkuang modifikasi

Kadar lemak pati modifikasi yang diperoleh pada penelitian ini < 1% dan berada pada kisaran yang diperoleh pada penelitian Richana & Sunarti (2004) dan Carolina & Ilmi (2016). Adapun kadar lemak pati bengkuang modifikasi berdasarkan hasil penelitian Amaya-Llano et al. (2011) rata-rata sebesar  $0,70 \pm 0,04\%$  yang masih berada pada kisaran hasil penelitian ini. Kadar lemak memang merupakan komponen minor dalam pati.

#### Swelling Power (SP)

*Swelling power* merupakan pertambahan volume dan berat pati secara maksimum yang mengembang di dalam air (Syafutri et al., 2018). Semakin tinggi nilai SP maka semakin besar kemampuan pati dapat mengembang dalam air. SP pati ganyong berkisar antara 2,44% - 5,07% dengan rata-rata 3,28% dan pati bengkuang 3,38% - 6,15% dengan rata-rata 5,04%. SP pati modifikasi meningkat dibandingkan dengan pati ganyong alami (1,43%) dan pati bengkuang alami (1,96%) (Gambar 5).

Nilai *swelling power* pati bengkuang lebih tinggi dari pati ganyong pada berbagai metode modifikasi. Hal ini diduga karena kandungan amilosa dari kedua jenis pati yang berbeda. Pati bengkuang dilaporkan memiliki kandungan amilosa yang relatif lebih rendah, yaitu 16,5% (Anwar et al., 2016) dan 12% (Amaya-Llano et al., 2011). Adapun pati ganyong mengandung kadar amilosa lebih tinggi, yaitu 17,59% (Santoso et al., 2015), bahkan dapat mencapai 25.54% (Carolina & Ilmi, 2016).

Kandungan amilosa yang rendah berimplikasi pada tingginya kandungan amilopektin pada pati. *Swelling power* pati sangat bergantung pada kandungan amilopektinnya dimana amilosa hanya bersifat sebagai *diluents* (Hoover, 2010). Tingginya *swelling power* pati berkorelasi positif dengan amilopektin khususnya berhubungan dengan distribusi panjang rantai, pola percabangan dan berat molekul yang tinggi dari amilopektin (Ritika et al., 2010). Pati bengkuang mengandung amilopektin lebih tinggi sehingga kemampuan pengembangannya juga lebih baik dibandingkan dengan pati ganyong. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Sui et al., 2015) dan (Muzaifa et al., 2014).

Gambar 5 menunjukkan nilai *swelling power* (SP) kedua jenis pati dengan metode modifikasi HMT (M3) cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan 2 metode lainnya yaitu OSA (M1) dan HCl (M2). Hal ini diduga karena proses HMT melibatkan perlakuan panas diatas suhu gelatinisasi. Modifikasi dengan metode ini dapat mengubah struktur permukaan granula pati sehingga pati yang dihasilkan lebih mudah menyerap air. Rantai amilosa pada pati menjadi lebih mudah bergerak sehingga interaksi antara amilopektin dengan amilopektin atau amilopektin dengan amilosa meningkat. Kondisi ini mengakibatkan ketersediaan gugus hidroksil bebas menjadi berkurang (Sui et al., 2015).

Modifikasi dengan HMT dapat meningkatkan pati resisten (Tan et al., 2017). Pati resisten adalah bagian dari pati yang didalam usus halus tidak dapat dicerna oleh enzim-enzim pencernaan. Kadar gula darah dapat menurun sebagai efek fisiologis dari pati resisten ini bagi kesehatan (Faridah et al., 2013). Perlakuan panas terhadap pati menyebabkan terputusnya rantai amilopektin dan terjadi ikatan antara amilosa dengan amilopektin dan amilosa dengan amilosa atau amilosa dengan lemak. Kondisi ini berakibat pada tingginya kemampuan pati menyerap air (Sui et al., 2015).

Pati ganyong dan bengkuang yang dimodifikasi dengan OSA (M1) memiliki nilai SP yang berbeda. Nilai SP pati ganyong hanya 2,65% sedangkan nilai SP pati bengkuang 5,67%. Hal ini diduga karena pati ganyong memiliki kandungan amilopektin yang rendah, sebaliknya pati bengkuang mengandung amilopektin yang relatif lebih tinggi. Nilai SP pati modifikasi OSA ini juga berhubungan dengan nilai DS-nya.

Tingginya SP pati bengkuang OSA diduga karena lebih sedikit gugus oktenil yang terikat pada rantai pati (DS 0,0176%), sehingga gugus hidroksil (OH) yang tersedia masih cukup banyak untuk dapat menyerap air saat pati mengembang (*swollen*). Pati ganyong OSA memiliki lebih banyak gugus OH yang disubstitusi dengan gugus oktenil (DS 0,0246%) yang berakibat pada berkurangnya jumlah gugus hidroksil yang tersedia saat pengujian kemampuan pati menyerap air.

Tinggi rendahnya kandungan amilopektin pati juga mempengaruhi nilai *swelling power* pati tersebut. Panjangnya rantai, pola percabangan, dan berat molekul amilopektin berkorelasi positif dengan SP.

Secara umum metode modifikasi hidrolisis dengan HCl mengakibatkan nilai SP yang lebih rendah pada pati modifikasi, kecuali nilai SP dari pati ganyong yang dimodifikasi dengan OSA. Proses hidrolisis pati dengan asam dapat mengubah struktur molekular pati karena asam menghidrolisis amilosa dan amilopektin pada saat yang bersamaan (Wang et al., 2012).

Hidrolisis asam pada pati dapat meningkatkan jumlah fraksi rantai pendek dari amilosa (Faridah et al., 2013). Hal ini disebabkan oleh terputusnya rantai pada bagian amorf yang lebih renggang dibandingkan **dengan daerah kristalin pada rantai pati yang lebih rapat. Pada ikatan  $\alpha$ -D-1,6** dalam rantai amilopektin juga dapat terhidrolisis menjadi fraksi linear (amilosa) yang lebih banyak (Chen et al., 2017).

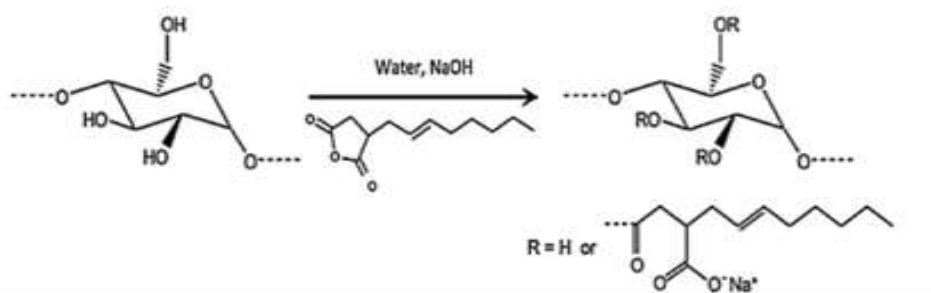
Hasil penelitian lain juga menunjukkan bahwa penurunan nilai *swelling power* pati yang dimodifikasi dengan asam disebabkan oleh melemahnya ikatan hidrogen antar polimer pati dan mengikis bagian amorf pada permukaan granula pati. Kondisi ini mengakibatkan meningkatnya fraksi kristalin granula pati yang berstruktur lebih kompak namun memiliki *swelling power* yang terbatas (Khan et al., 2014; Sun et al., 2015). Pada aplikasinya, pati yang dimodifikasi dengan HCl sering digunakan untuk pembuatan produk pangan dengan kekuatan gel yang rendah (Ulbrich et al., 2020) atau untuk produk pangan dengan viskositas rendah (Li et al., 2018).

### Derajat substitusi

Derajat substitusi merupakan jumlah gugus hidroksil (OH) rata-rata per unit anhidroglukosa yang disubstitusikan oleh gugus lain baik pada bagian amilosa maupun amilopektin (Herawati et al., 2010). Pada penelitian tentang tapioka suksinat, Herawati et al. (2010) memperoleh nilai DS tapioka suksinat dengan kisaran yang cukup tinggi yaitu antara 0,0605 – 0,0929.

Nilai Derajat Substitusi (DS) dari pati yang dimodifikasi dengan OSA pada penelitian ini lebih rendah dari nilai DS hasil penelitian Herawati et al. (2010). Pati ganyong dan bengkuang modifikasi OSA memiliki nilai DS berturut-turut 0,0246% dan 0,0176%. Namun, nilai ini tidak jauh berbeda dengan nilai DS pati sukun modifikasi OSA (DS 0,0243) yang diperoleh dari penelitian Anwar et al. (2017). Bhosale dan Singahl (2006) memodifikasi pati *amaranth* dan pati jagung yang mempunyai nilai DS masing-masing sebesar 0,022 dan 0,021.

Prinsip modifikasi pati dengan metode substitusi adalah menyisipkan senyawa pensubstitusi pada beberapa gugus OH sehingga menghasilkan ester pati. Ester adalah terbentuknya senyawa organik akibat dari penggantian gugus hidroksil dengan satu atom hidrogen atau lebih dengan suatu gugus organik (**biasanya dinotasikan dengan R'**) seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6. Proses substitusi gugus OH tersebut dapat terjadi baik pada molekul amilosa maupun amilopektin. Satu unit anhidroglukosa memiliki empat gugus OH sekunder yaitu yang terdapat pada atom C-4, C-3 dan C-2 serta gugus OH primer pada atom C-6. Senyawa yang biasa digunakan pada metode substitusi adalah senyawa asetat, suksinat, fosfat, hidroksipropil dan oktenil suksinat anhidrida (Sweedman et al., 2013).



Gambar 6. Struktur pati modifikasi OSA (Sweedman et al., 2013)

Proses sintesis yang paling sering dijelaskan adalah reaksi dalam media air (*aqueous medium*) dengan kondisi alkali ringan dimana pati berada dalam bentuk granula-granula. Proses modifikasi menyebabkan melemahnya ikatan hidrogen pada rantai pati. Melemahnya ikatan ini disebabkan oleh terbentuknya gugus fungsi alkoksida dengan gugus hidroksil (OH) pada rantai pati. Gugus alkoksi adalah gugus alkil yang berikatan tunggal dengan oksigen membentuk ikatan R-O (Gambar 6). Hal inilah yang menyebabkan terjadinya pembengkakan granula pati dan memudahkan difusi molekul-molekul OSA pada granula pati yang telah membengkak tersebut (Sweedman et al., 2013).

Substitusi gugus OH pati dengan asam propionat, asam stearat dan asam suksinat dapat mengubah sifat pati menjadi amphifilik (bersifat hidrofilik dan hidrofobik) (Hustiany et al., 2010). Nilai Derajat Substitusi kedua pati modifikasi ini berhubungan pula dengan tinggi dan rendahnya nilai *swelling power* pati seperti yang terlihat pada Gambar 5.

Nilai Derajat Substitusi (DS) yang tinggi berbanding lurus dengan jumlah gugus oktenil yang tersisip namun berbanding terbalik dengan ketersediaan gugus hidroksil (OH) bebas dan nilai *swelling power*. Pati dengan DS yang rendah memiliki SP yang tinggi. Gugus hidroksil bebas yang masih banyak dapat menyerap air saat pati mengembang.

### Derajat asam

Pengukuran nilai DA hanya dilakukan pada pati yang dimodifikasi secara hidrolisis dengan HCl. Nilai rata-rata derajat asam (DA) pati bengkuang yaitu 0,18% sedangkan pati ganyong memiliki nilai DA 0,14%.

Derajat asam menentukan tinggi rendahnya pH bahan. Selama proses modifikasi, asam menghidrolisis ikatan glikosidik dan memperpendek rantai pati (Chen et al., 2017). Nilai derajat asam (keasaman) pati modifikasi pada penelitian ini sudah memenuhi SNI yaitu maksimal 5% untuk aplikasi pangan (SNI 01-2593-1992) dan 7% untuk aplikasi nonpangan (SNI 06-1451-1989).

## Kesimpulan

Modifikasi fisik (HMT) dan kimia (OSA dan HCl) yang dilakukan terhadap pati ganyong dan pati bengkuang tidak mempengaruhi kadar air, abu, serat, dan lemak jika dibandingkan dengan pati alami. Jenis pati dan metode modifikasi berpengaruh terhadap nilai *swelling power* pati ganyong dan pati bengkuang yang dihasilkan. Pati bengkuang modifikasi OSA dan HMT menghasilkan nilai *swelling power* tertinggi yaitu 5,67% dan 6%.

Nilai DS pati ganyong dan pati bengkuang modifikasi masing-masing 0,0246% dan 0,0176%. Nilai DA pati ganyong dan bengkuang modifikasi berturut-turut adalah 0,14% dan 0,18%.

Secara umum dapat disimpulkan bahwa pati bengkuang modifikasi memiliki kemampuan pengembangan (nilai SP) yang lebih baik dibandingkan dengan pati ganyong modifikasi. Selain itu, modifikasi secara fisik dengan metode HMT menghasilkan pati modifikasi dengan kemampuan pengembangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode modifikasi secara kimia dengan OSA dan HCL.

## Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi serta Universitas Syiah Kuala yang telah mendanai penelitian ini melalui Skim Hibah Bersaing tahun 2016.

## Daftar pustaka

- Ai, Y., & Jane, J. (2018). Chapter 3—understanding starch structure and functionality. In M. Sjöo & L. Nilsson (Eds.), *Starch in Food (Second Edition)* (pp. 151–178). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100868-3.00003-2>
- Llano, A. S. L., Bustos, M. F., Alegría, M. A. L., & Morales, d. J. Z. J. (2011). Comparative studies on some physico-chemical, thermal, morphological, and pasting properties of acid-thinned jicama and maize starches. *Food and Bioprocess Technology*, 4(1), 48–60. <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0153-z>
- Anwar, S. H., Rahmah, M., Safriani, N., Hasni, D., Rohaya, S., & Winarti, C. (2016). Exploration of breadfruit, jicama, and rice starches as stabilizer in food emulsion. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 6(2), 141–145. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.6.2.613>
- Anwar, S. H., Safriani, N., Asmawati, Zainal Abiddin, N. F., & Yusoff, A. (2017). Application of modified breadfruit (*Artocarpus altilllis*) starch by Octenyl Succinic Anhydride (OSA) to stabilize fish and microalgae oil emulsions. *International Food Research Journal*, 24(6), 2330–2339.
- Artati, E. K., & Andik, P. A. (2006). Pengaruh konsentrasi asam terhadap hidrolisis pati pisang. *Ekuilibrium*, 5(1), 8–12.
- Bhosale, R., & Singhal, R. (2006). Process optimization for the synthesis of octenyl succinyl derivative of waxy corn and amaranth starches. *Carbohydrate Polymers*, 66(4), 521–527. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.04.007>
- Carolina, A., & Ilmi, F., N. (2016). Production of indonesian canna edulis type iv resistant starch through acetylation modification. *International Food Research Journal*, 23(2), 491–497.
- Chen, P., Xie, F., Zhao, L., Qiao, Q., & Liu, X. (2017). Effect of acid hydrolysis on the multi-scale structure change of starch with different amylose content. *Food Hydrocolloids*, 69, 359–368. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.03.003>

- Faridah, D. N., Rahayu, W. P., & Apriyadi, M. S. (2013). Modifikasi pati garut (*Marantha arundinacea*) dengan perlakuan hidrolisis asam dan siklus pemanasan-pendinginan untuk menghasilkan pati resisten tipe 3. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 23(1), 61–69.
- Herawati, H., Widiyasa, I. N., & Kendriyanto, K. (2012). Modifikasi asam suksinat—Gelombang pendek untuk produksi tapioka suksinat. *AgriTECH*, 30(4), 223–230. <https://doi.org/10.22146/agritech.9712>
- Hoover, R. (2010). The impact of heat-moisture treatment on molecular structures and properties of starches isolated from different botanical sources. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(9), 835–847. <https://doi.org/10.1080/10408390903001735>
- Hustiany, R., Fardiaz, D., Apriyanton, A., & Nun. (2010). Modification of acylation and succinylation of tapioca starch. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 16(3), 206. <https://doi.org/10.6066/503>
- Ismail, B. P. (2017). Ash Content Determination. In S. S. Nielsen (Ed.), *Food Analysis Laboratory Manual* (pp. 117–119). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-44127-6\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-44127-6_11)
- Khan, K. H., Ali, T. M., & Hasnain, A. (2014). Effect of chemical modifications on the functional and rheological properties of potato (*Solanum tuberosum*) starches. *J. Anim. Plant Sci.*, 24(2), 550–555.
- Klein, B., Pinto, V. Z., Vanier, N. L., Zavareze, E. da R., Colussi, R., Evangelho, J. A. do, Gutkoski, L. C., & Dias, A. R. G. (2013). Effect of single and dual heat-moisture treatments on properties of rice, cassava, and pinhao starches. *Carbohydrate Polymers*, 98(2), 1578–1584. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.07.036>
- Li, L., Hong, Y., Gu, Z., Cheng, L., Li, Z., & Li, C. (2018). Effect of a dual modification by hydroxypropylation and acid hydrolysis on the structure and rheological properties of potato starch. *Food Hydrocolloids*, 77, 825–833. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.11.026>
- Lin, C.-L., Lin, J.-H., Lin, J.-J., & Chang, Y.-H. (2019). Progressive alterations in crystalline structure of starches during heat-moisture treatment with varying iterations and holding times. *International Journal of Biological Macromolecules*, 135, 472–480. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.05.193>
- Muzaifa, M., Sulaiman, M. I., & Liyuza, D. (2014). Evaluasi sifat fisik pati ganyong (*Canna edulis kerr.*) sebagai bahan baku pembuatan kwetiaw pada tingkat substitusi yang berbeda. *Sagu*, 13(2), 35–40.
- Pangesti, Y. D., Parnanto, N. H. R., & Ridwan, A. A. (2014). Kajian sifat fisikokimia tepung bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) dimodifikasi secara heat moisture treatment (HMT) dengan variasi suhu. *Jurnal Teknosains Pangan*, 3(3), 72–77.
- Purwani, E. Y., Widaningrum, W., Thahir, R., & Muslich, M. (2016). Effect of heat moisture treatment of sago starch on its noodle quality. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 7(1), 8–14. <https://doi.org/10.21082/ijas.v7n1.2006.p8-14>
- Putri, A. P., Octari, T., Annisa, N., Gadri, A., & Aprilia, H. (2016). Evaluasi fisikokimia pati *Canna indica* I modifikasi esterifikasi dan hidrolisis asam. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 3(3), 78–82. <https://doi.org/10.15416/ijpst.v3i3.9361>
- Ratnayake, W. S., & Jackson, D. S. (2006). Gelatinization and solubility of corn starch during heating in excess water: New insights. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(10), 3712–3716. <https://doi.org/10.1021/jf0529114>
- Richana, N., & Sunarti, T. C. (2004). Karakterisasi sifat fisikokimia tepung umbi dan tepung pati dari umbi ganyong, suweg, ubikelapa dan gembili. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 1(1), 29–37. <https://doi.org/10.21082/jpasca.v1n1.2004.29-37>
- Ritika, B. Y., Khatkar, B. S., & Yadav, B. S. (2010). Physicochemical, morphological, thermal and pasting properties of starches isolated from rice cultivars grown in India. *International Journal of Food Properties*, 13(6), 1339–1354. <https://doi.org/10.1080/10942910903131407>
- Santoso, B., Pratama, F., Hamzah, B., & Pambayun, R. (2015). Karakteristik fisik dan kimia pati ganyong dan gadung termodifikasi metode ikatan silang. *Jurnal Agritech*, 35(03), 273. <https://doi.org/10.22146/agritech.9337>

- Sjöö, M., & Nilsson, L. (2017). *Starch in Food: Structure, Function and Applications* (2nd ed.). Woodhead Publishing.
- Standar Nasional Indonesia. (1989). *Dekstrin untuk industri non pangan SNI 06-1451-1989*. Badan Standarisasi Nasional Indonesia, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. (1992). *Dekstrin untuk industri pangan SNI 01-2593-1992*. Badan Standarisasi Nasional Indonesia, Jakarta.
- Sui, Z., Yao, T., Zhao, Y., Ye, X., Kong, X., & Ai, L. (2015). Effects of heat-moisture treatment reaction conditions on the physicochemical and structural properties of maize starch: Moisture and length of heating. *Food Chemistry*, 173(April), 1125–1132. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.021>
- Sun, Q., Zhu, X., Si, F., & Xiong, L. (2015). Effect of acid hydrolysis combined with heat moisture treatment on structure and physicochemical properties of corn starch. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 375–382. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0998-7>
- Sweedman, M. C., Tizzotti, M. J., Schäfer, C., & Gilbert, R. G. (2013). Structure and physicochemical properties of octenyl succinic anhydride modified starches: A review. *Carbohydrate Polymers*, 92(1), 905–920. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.09.040>
- Syafutri, M. I., Pratama, F., Malahayati, N., & Hamzah, B. (2018). Swelling power and WSI of modified Bangka sago starch. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 9(1), 66–69.
- Syamsir, E., Haryadi, P., Fardiaz, D., Nuri, A., & Kusnandar, F. (2012). Pengaruh proses heat-moisture treatment (hmt) terhadap karakteristik fisikokimia pati. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 23(1), 100–106.
- Tan, X., Li, X., Chen, L., Xie, F., Li, L., & Huang, J. (2017). Effect of heat-moisture treatment on multi-scale structures and physicochemical properties of breadfruit starch. *Carbohydrate Polymers*, 161(April), 286–294. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.01.029>
- Ulbrich, M., Daler, J. M., & Flöter, E. (2020). Acid hydrolysis of corn starch genotypes. II. Impact on functional properties. *Food Hydrocolloids*, 98, 105249. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105249>
- Wahid A.S., N. Richana, dan C. Djamaluddin. 1992. Pengaruh umur panen dan pemupukan terhadap hasil dan kualitas ubi kayu varietas gading dan adira-4. *Titian Agronomi. Buletin Penelitian. Agronomi* (1), 11–15.
- Wang, S., Blazek, J., Gilbert, E., & Copeland, L. (2012). New insights on the mechanism of acid degradation of pea starch. *Carbohydrate Polymers*, 87(3), 1941–1949. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.09.093>
- Ward, R. E., & Carpenter, C. E. (2010). Traditional methods for minerals analysis. In *Food Analysis Laboratory Manual* (pp. 201–215). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-44127-6\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-44127-6_11)
- Zulaidah, A. (2012). Peningkatan nilai guna pati alami melalui proses modifikasi pati. *Dinamika Sains*, 10(22). <https://jurnal.unpand.ac.id/index.php/dinsain/article/view/101>