

PENGARUH KONSENTRASI NaCl PADA MODIFIKASI PATI SINGKONG (*Manihot esculenta*) MENGGUNAKAN HEAT MOISTURE TREATMENTS (HMT)

“The Effect of NaCl Concentration on Modification of Cassava Starch (*Manihot esculenta*) Using Heat–Moisture Treatments (HMT)”

I. Amanu^{#1}, Ulyarti¹, S. L. Rahmi²

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jambi

Kampus pondok meja Jl.Tribata Km 11 , Jambi , Indonesia .

[#]Penulis Korespondensi: E-mail: ilham.amanu1@gmail.com

ABSTRAK - Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan NaCl terhadap karakteristik pati singkong (*Manihot esculenta*) yang dimodifikasi menggunakan metode Heat Moisture Treatments (HMT), juga untuk mendapatkan konsentrasi penambahan NaCl yang tepat untuk menghasilkan pati dengan karakteristik morfologi granula, daya serap air dan daya serap minyak yang terbaik. Penelitian ini menggunakan 5 level konsentrasi NaCl 0,04M, 0,08M, 0,12M, 0,16M, 0,20M dengan berat pati 50 gram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pati singkong yang dihasilkan dengan menggunakan metode Heat–Moisture Treatments (HMT) yang berbeda dan variasi NaCl menghasilkan karakteristik yang berbeda dari pati singkong alami, namun spektrum FTIR menunjukkan pati pati singkong alami maupun modifikasi menghasilkan spektrum khas pati yang sama. Granula pati modifikasi menghasilkan morfologi yang berbeda dengan granula pati alami. Pati dengan karakteristik terbaik yaitu pati singkong modifikasi metode Heat–Moisture Treatments (HMT) Konsentrasi 0,20 M NaCl, menghasilkan daya serap air sebesar 279% dan daya serap minyak 135%.

Kata Kunci – Heat–Moisture Treatments (HMT), Konsentrasi NaCl, Pati Singkong

ABSTRACT - This study was conducted to determine the effect of NaCl addition on the characteristics of cassava starch (*Manihot esculenta*) modified using the Heat Moisture Treatments (HMT) method, also to obtain the right concentration of NaCl addition to produce starch with the best granule morphology characteristics, water absorption and oil absorption. This study used 5 levels of NaCl concentration 0.04M, 0.08M, 0.12M, 0.16M, 0.20M with a starch weight of 50 grams. The results showed that cassava starch produced using different Heat–Moisture Treatments (HMT) methods and NaCl variations produced different characteristics from natural cassava starch, but the FTIR spectrum showed that natural and modified cassava starch produced the same typical starch spectrum. Modified starch granules produced a different morphology from natural starch granules. The starch with the best characteristics is cassava starch modified using the Heat–Moisture Treatments (HMT) method with a concentration of 0.20 M NaCl, resulting in a water absorption capacity of 279% and an oil absorption capacity of 135%.

Keywords — Heat–Moisture Treatments (HMT), Concentration NaCl, Cassava Starch.

I. PENDAHULUAN

Singkong (*Manihot esculenta*) merupakan komoditi tanaman pangan yang penting di Indonesia setelah padi, jagung, kedelai, kacang tanah dan kacang hijau. Hal tersebut karena Singkong termasuk dalam tanaman dengan daya adaptasi yang luas, mudah disimpan. (Lutfi., 2014). Singkong merupakan tanaman yang banyak tumbuh di daerah tropis. Akar singkong kaya akan pati dan sekitar setengah dari total akar yang dihasilkan dimanfaatkan untuk produksi pati (Wang et al., 2022). Menurut (Murtiningrum & Jading., 2012) kandungan pati yang terdapat di dalam umbi singkong antara 81,39% - 89,53%, sehingga umbi singkong sering kali digunakan sebagai sumber utama pembuatan pati. Granula pati umbi singkong tersusun oleh dua komponen polisakarida utama, yaitu amilosa dan amilopektin. (Kusnandar., 2010)

Pati umbi singkong sering kali digunakan dalam industri pangan. Pati ini banyak digunakan sebagai pengisi (Filler) dan pengikat (Binder) pada industri farmasi dan industri pangan. Namun Kusnandar (2010) melaporkan bahwa pati singkong alami memiliki ukuran granula yang besar yaitu 5-35 μm dengan rata-rata ukurannya diatas 17 μm , hal ini menyebabkan pati sulit untuk berinteraksi dengan komponen sesamanya maupun komponen lain saat diaplikasikan ke produk pengolahan pangan, seperti penggunaan pati sebagai penstabil, sebagai pengemulsi pada pembuatan es krim dan sebagai pembuatan edible film.

Sifat fisiko kimia tersebut dapat diperbaiki dengan melakukan modifikasi pati Melani et al., (2020). Ada berbagai metode modifikasi pati, yaitu secara fisik, kimia dan enzimatis. Dari ketiga jenis modifikasi, yang paling efisien untuk diterapkan adalah modifikasi secara fisik, yaitu dengan menggunakan panas lembab atau HMT (Heat Moisture Treatment). Metode ini tergolong murah dan aman sebab tidak menggunakan bahan kimia sehingga tidak meninggalkan residu. (Siwi. 2013)

Pada penelitian Ega et al., (2015) Proses modifikasi pati dilakukan dengan cara mengatur kadar airnya hingga 28% kemudian setelah kadar airnya mencapai 28% maka dilanjutkan dengan pemanasan pada suhu 90°C, 95°C, dan 100°C selama 4 jam lalu didinginkan. Modifikasi pati dengan metode HMT (Heat Moisture Treatment) menunjukkan adanya perbedaan karakteristik fisikokimia yang sangat beragam hal ini karena dipengaruhi oleh kondisi pati (jenis pati, kadar amilosa, tipe kristalisasi pati) dan kondisi proses (suhu, kadar air, dan lama waktu proses). (Tellisa et al., 2023)

Menurut Marta et al., (2019), pati sukun yang dimodifikasi HMT dengan suhu 100°C selama 16 jam dengan kadar air

30% akan meningkatkan swelling power, suhu gelatinisasi, penyerapan air dan sifat fungsionalnya. Sedangkan viskositas puncaknya mengalami penurunan. Pada penelitian Herawati et al., (2020), pati sagu yang dimodifikasi metode HMT memiliki peningkatan ukuran granula dan kekuatan gel. Sedangkan derajat putih, sineresis, dan kandungan pati mengalami penurunan.

Ari putri et al., (2017), menjelaskan bahwa adanya pengaruh penambahan zat terlarut (NaCl) terhadap suhu pemanasan yang dihasilkan dan Chiotelli et al., (2002) memaparkan bahwa natrium klorida mampu berinteraksi dengan pati akan masuk kedalam granula pati dan memulai proses gelatinisasi dengan memutuskan ikatan hidrogen antara molekul pati.

Pati yang telah mengandung NaCl ini juga mempengaruhi daya serapnya karena molekul NaCl yang memiliki sifat sama dengan air yaitu bersifat polar seperti laporan Fachrudin, (2017) yang menjelaskan bahwa pati akan cenderung lebih mudah berikatan apabila memiliki kepolaran molekul yang sama, sehingga daya serapnya meningkat. Berdasarkan hasil penelitian Ulyarti et al., (2021) , pati juga menunjukkan nilai oil absorption capacity yang tinggi setelah dimodifikasi menggunakan metode presipitasi dengan penambahan garam NaCl.

Sejauh ini belum diketahui pengaruh perlakuan penambahan NaCl pada modifikasi perlakuan Heat Moisture Treatment (HMT) terhadap karakteristik pati singkong .Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pati singkong yang dimodifikasi menggunakan Penambahan NaCL perlakuan Heat Moisture Treatment (HMT) .

Berdasarkan latar belakang diatas peneliti tertarik melakukan penelitian lanjutan tentang modifikasi pati singkong untuk menghasilkan pati modifikasi dengan karakteristik sesuai yang diinginkan dengan judul “Pengaruh Konsentrasi NaCl Pada Modifikasi Pati Singkong (*Manihot esculenta*) Menggunakan Heat–Moisture Treatments (HMT) ”. Pada tahap akhir penelitian ini juga dilakukan uji morfologi dan Ukuran Granula Pati ,spektrum FTIR, daya serap air dan minyak.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi NaCl terhadap karakteristik pati Singkong (*Manihot esculenta*) di modifikasi Heat–Moisture Treatments (HMT). Dan mendapatkan jumlah penambahan NaCl yang tepat dalam proses modifikasi pati Singkong (*Manihot esculenta*) dengan teknik Heat–Moisture Treatments (HMT) yang menghasilkan pati dengan daya serap air dan daya serap minyak yang terbaik.

II. METODE PENELITIAN

a. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pati singkong sagu tani , aquades, minyak sayur kelapa sawit dan NaCl (garam).

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan analitik, gelas beker, gelas ukur, labu takar, spatula , sarung tangan, baskom , corong , alumunium wrap, botol kaca 100 ml, oven mammert, kulkas termometer, pipet tetes, tabung sentrifuse , Vortex mixer , mesin sentrifugal, Sanning electron microscope (SEM) Fourier-Transformed Infrared Spectroscopy (FTIR).

b. Pelaksanaan Penelitian

Rancangan Percobaan

Penelitian ini pati menggunakan teknik *heat–moisture treatments* (HMT) dan 5 level konsentrasi NaCl . Setiap perlakuan di atas dilakukan pengulangan sebanyak 4 kali sehingga didapat 20 satuan percobaan.

Tabel 1. Teknik *Heat–moisture treatments* (HMT) dan level penambahan NaCL

Pati singkong (Gram)	Konsentrasi NaCl (molar)	Volume Aquades (ml)
50	0,04	20ml
50	0,08	20ml
50	0,12	20ml
50	0,16	20ml
50	0,20	20ml

Modifikasi Pati Singkong dengan teknik heat–moisture treatments (HMT) dengan Penambahan NaCl (Chatpapamon et al., 2019)

Sebanyak 50 g pati singkong dilakukan pengondisian untuk mencapai kadar air mendekati 30%. Pati dimasukan kedalam baskom lalu ditambahkan 20 ml larutan NaCL(0,04 : 0,08:0,12 : 0,16 : 0,20) M. Kemudian di aduk menggunakan tangan sampai menjadi homogen . Pati kemudian di masukan ke botol kaca 100ml .lalu di tutup dengan alumunium wrap .Sampel pati kemudian oven dipanaskan pada suhu 100 °C selama 10 jam.. Kemudian pati modifikasi dibilas dengan aquades dan dimasukkan ke gelas beker, sampai pati mengendap. Kemudian kelebihan aquades dibuang dan pati modifikasi dibilas satu kali lagi dan dimasukkan ke dalam gelas beker sampai pati mengendap dan buang kelebihan aquades. Setelah itu pati modifikasi dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60 °C selama 6 jam.

c. Analisis Parameter Penelitian

Morfologi dan Ukuran Granula Pati (Juhana, 2018)

Morfologi granula pati singkong modifikasi dianalisis dengan *scanning electron microscope* (SEM) model Phenom Pro-X. Sampel pati diletakkan pada set holder dengan perekat ganda, kemudian dilapisi dengan logam emas dalam keadaan vacuum. Selanjutnya sampel dimasukkan ke tempat di dalam SEM, gambar topografi dapat diamati dan dilakukan perbesaran 1500 sampai 10000 X.

Spektrum FTIR

Spektrum FTIR dari pati singkong dan pati singkong modifikasi ditentukan menggunakan Spectrum Two System (L160000A). Metode FTIR Kalium Bromida (KBr) digunakan dalam penelitian ini. Sampel kering dicampur dengan KBr dan dimasukkan ke dalam wadah sampel. Sampel kemudian ditekan ke dalam disk sebelum analisis. Spektrum FTIR dilakukan dalam rentang gelombang dari 4000-450 cm⁻¹.

Daya Serap Air (Water Absorption Capacity)(Valdez-Niebla et al., 1993) Dengan Modifikasi

Sebanyak 1 gram sampel pati kering modifikasi dicampur dengan 10 ml aquades dalam tabung sentrifuse yang diketahui beratnya. Campuran tersebut kemudian divorteks sebanyak 3 kali, dengan jeda waktu 10 menit antar vorteks. Selanjutnya campuran tersebut kemudian disentrifuse dengan kecepatan 2000 rpm selama 30 menit. Supernatan kemudian dibuang dan tabung dikeringkan. Selisih berat tabung adalah jumlah air yang diserap oleh pati. Penyerapan air dinyatakan sebagai persentase air yang diserap oleh 100 gram bahan.

$$\text{Daya Serap air} = \frac{(c-a)-b}{b} \times 100\% \quad \text{pers.1}$$

Keterangan:

a = berat tabung kosong

b = berat sampel

c = berat tabung dan pati hasil suspensi air

Daya Serap Minyak (Oil Absorption Capacity) (Valdez-Niebla et al., 1993) Dengan Modifikasi

Sebanyak 1 gram sampel pati kering modifikasi dicampur dengan 5 ml minyak sayur dalam tabung sentrifuse yang diketahui beratnya. Campuran tersebut kemudian divorteks sebanyak 3 kali, dengan jeda waktu 10 menit antar vorteks. Selanjutnya campuran tersebut kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 2000 rpm selama 30 menit. Supernatan dibuang dan tabung dikeringkan. Selisih berat tabung adalah jumlah air yang diserap oleh pati. Penyerapan air dinyatakan sebagai persentase air yang diserap oleh 100 gram bahan.

$$\text{Daya Serap Minyak} = \frac{(c-a)-b}{b} \times 100\% \quad \text{pers.2}$$

Keterangan:

a = berat tabung kosong

b = berat sampel

c = berat tabung dan pati hasil suspensi minyak

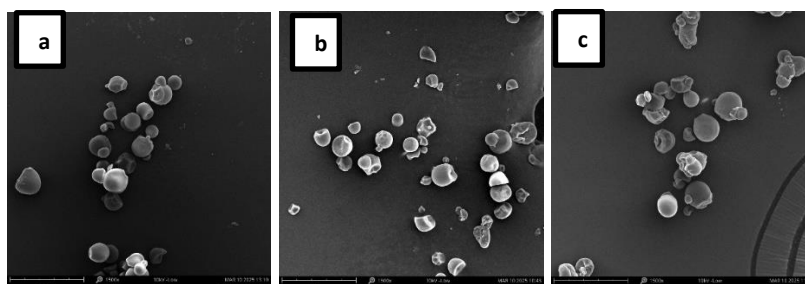
d. Analisis Data

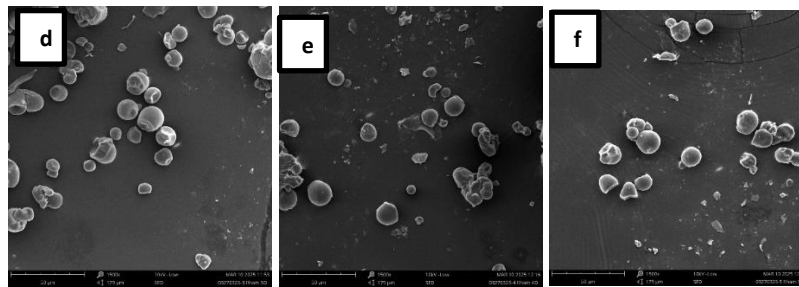
Data yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) satu arah. Apabila perlakuan berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf 5 %.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Morfologi Granula Pati

Granula pati tersusun oleh dua kelompok makromolekul yaitu amilosa dan amilopektin, yang memiliki bentuk dan ukuran berbeda berdasarkan jenis dan sumber pati, juga berperan penting terhadap sifat fisik, kimia dan fungsional pati. Bentuk granula pati pada penelitian ini diamati dengan alat berupa *scanning electron microscope* (SEM).





Gambar 1. Image SEM perbesaran 1500x pati singkong modifikasi metode HMT (a) pati alami umbi singkong (b) pati singkong metode HMT +0,04M NaCl (c) pati singkong metode HMT +0,08M NaCl (d) pati singkong metode HMT +0,012M NaCl (e) pati singkong metode HMT +0,16M NaCl (f) pati singkong metode HMT +0,20M NaCl

Pada gambar 1(a) granula pati singkong alami menunjukkan bentuk yang bulat atau oval dengan permukaan halus serta ukuran yang relatif seragam. Proses Heat Moisture Treatment (HMT) dilakukan dengan pemanasan pada kondisi kelembaban terbatas, yang menyebabkan interaksi ulang antar molekul amilosa dan amilopektin tanpa mengakibatkan gelatinisasi penuh. Kondisi awal inilah yang dijadikan acuan untuk mengamati perubahan morfologi akibat penambahan NaCl, sebagaimana dijelaskan dalam literatur modifikasi pati (Rosida, 2021)

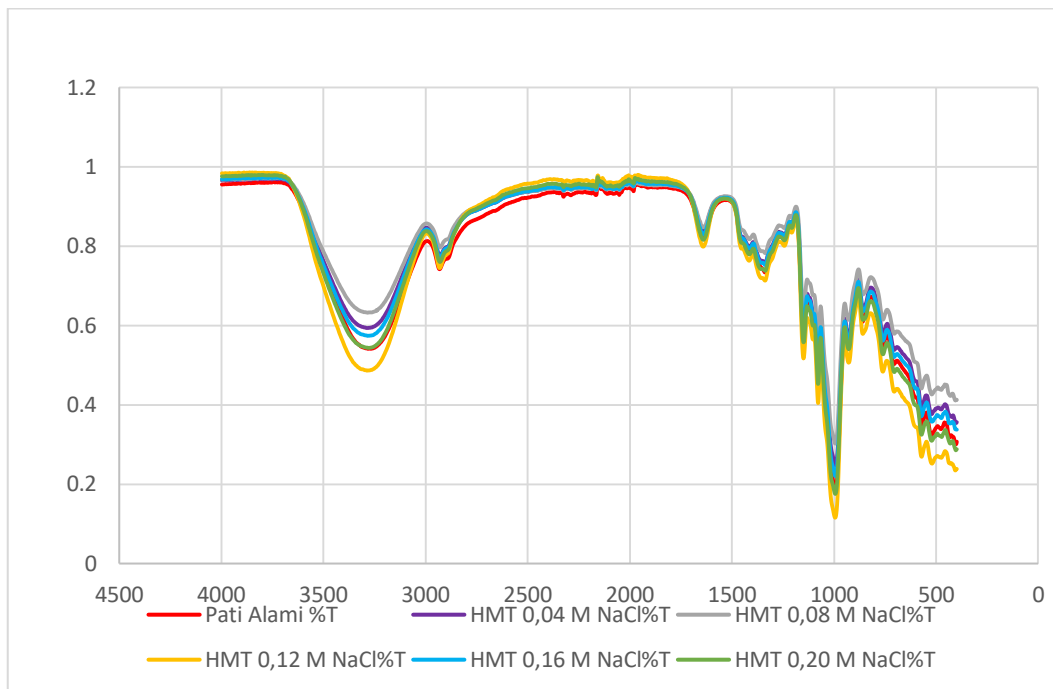
Pada modifikasi dengan penambahan NaCl pada konsentrasi rendah (0,04 M-0,08M), pengamatan menggunakan SEM menunjukkan bahwa banyak granula tidak memiliki bentuk yang bulat dan berubah menjadi tidak beraturan. Perubahan ini mengindikasikan bahwa ion Na^+ dan Cl^- berinteraksi dengan struktur hidrogen dalam granula pati, mengganggu ikatan hidrogen dan memodifikasi tingkat kristalinitas pati. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian Ulyarti et al., (2021) yang menyebutkan bahwa penambahan NaCl menyebabkan gangguan struktur kristalin pada granula pati. Pada konsentrasi tinggi, permukaan granula mengalami keretakan dan pecah, yang dapat diamati melalui SEM.

Lebih lanjut, pada penambahan NaCl dengan konsentrasi yang lebih tinggi (0,12 M hingga 0,20 M), morfologi granula mengalami perubahan yang lebih signifikan. Granula pecah menjadi kepingan kecil memperluas permukaan yang lebih luas. Perubahan ini tidak hanya mempengaruhi tampilan mikroskopis, tetapi juga berimplikasi pada sifat-sifat fungsional seperti peningkatan kemampuan menyerap air dan modifikasi viskositas, sesuai dengan beberapa studi tentang efek HMT dan penambahan garam pada pati singkong. (Kawijia et al., 2017)

Garam NaCl di dalam air berdisosiasi menjadi Na^+ dan Cl^- . Ion Na^+ dapat melemahkan ikatan hidrogen antara molekul pati (Zhou et al., 2014). Chiotelli et al., (2002), menyatakan bahwa efek dari garam pada gelatinisasi pati mengikuti urutan Seri Hofmeister (lyotropic) dan mencoba menjelaskannya temuan berdasarkan posisi garam dalam seri. Kemudian garam-garam di ujung atas lyotropic seri (seperti sulfat dan fosfat) meningkat suhu gelatinisasi. Sebaliknya, garam di ujung bawah deret lyotropic (NaI , NaSCN) menurunkan suhu gelatinisasi, relatif rendah konsentrasi yang menyebabkan gelatinisasi pada suhu kamar.

b. Spektrum FTIR Pati Modifikasi

Modifikasi pati mengubah ikatan molekul dalam butiran yang melibatkan ikatan intra dan antar molekul, amilosa, amilopektin, dan molekul air. FTIR digunakan untuk mengidentifikasi perubahan struktural baru dan mengidentifikasi kelompok struktural baru setelah modifikasi (Agi et al., 2019)



Gambar 2. Spektrum FTIR pati singkong alami dan pati singkong modifikasi metode heat-moisture treatments (HMT)

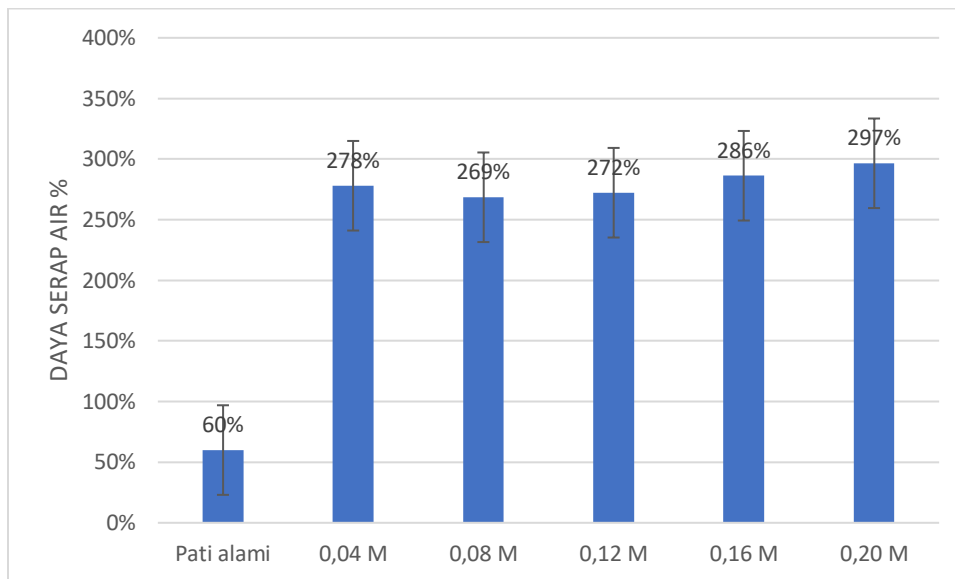
Berdasarkan hasil uji spektrum FTIR, modifikasi pati singkong dengan perlakuan HMT dan penambahan NaCl menunjukkan pergeseran signifikan pada pita serapan gugus hidroksil ($-OH$) dan gugus ester. Pergeseran pita di sekitar 3400 cm^{-1} mengindikasikan perubahan dalam interaksi ikatan hidrogen, sementara munculnya puncak baru pada sekitar 1729 cm^{-1} mengonfirmasi terbentuknya gugus ester akibat reaksi esterisasi antara gugus $-OH$ pada pati dengan komponen modifikasi. Penambahan NaCl diketahui mempengaruhi lingkungan ionik dalam suspensi pati, yang berkontribusi pada penyesuaian struktur mikro pati dan mengakibatkan perubahan intensitas serta pergeseran posisi puncak pada spektrum FTIR. Hasil ini sejalan dengan temuan sebelumnya bahwa penambahan garam tidak hanya menurunkan viskositas suspensi pati, tetapi juga memodifikasi struktur molekuler pati, sehingga dapat meningkatkan stabilitas serta mempengaruhi sifat fisikokimia produk akhir . (Shi et al., 2012)

Selain itu, studi lain melaporkan bahwa perlakuan HMT secara umum dapat menyebabkan peningkatan kristalinitas pati serta restrukturisasi jaringan molekulnya, yang terdeteksi melalui pergeseran puncak serapan FTIR, mendukung bahwa modifikasi struktural terjadi pada tingkat molekuler (Winarti et al., 2011). Dengan demikian, kombinasi metode HMT dan penambahan NaCl pada pati singkong memberikan dampak signifikan terhadap perubahan struktur kimiawi pati, yang terlihat jelas melalui analisis FTIR dan mendukung potensi aplikasinya dalam pengembangan produk pangan dengan sifat yang teroptimasi.

c. Daya Serap Air (*Water Absorption Capacity/WAC*)

Daya serap air merupakan kemampuan bahan pangan dalam menyerap dan menahan air didalam molekul bahan tersebut. Daya serap air menunjukkan kemampuan suatu komponen untuk berikatan dengan air dalam kondisi jumlah air yang terbatas (Rauf, R., & Sarbini, 2015). Menurut Zayas (1997) dalam Fachrudin, (2017) water absorption apacity (WAC) merupakan kemampuan suatu bahan untuk menyerap air dan menahan air di dalam struktur tiga dimensi bahan tersebut. Kemampuan pati dalam menyerap air didukung oleh struktur kimia dan komponen lain yang bersifat hidrofilik pada pati seperti serat dan protein juga mempengaruhi kapasitas daya serap air . (Wulandari, 2013).

Daya serap air didapatkan dengan mencampurkan pati kering dan air hingga terjadi interaksi penyerapan air oleh pati. Jumlah air yang diserap oleh pati dihitung berdasarkan selisih antara berat tabung berisi pati basah dikurang berat tabung kosong, lalu didapatkan berat pati dan air yang terserap. Berat pati basah dikurang berat pati kering (berat sampel) lalu dibagi dengan berat pati kering (berat sampel). Hasil perhitungan kemudian dikonversi dalam bentuk persen. Nilai rata-rata daya serap air pati singkong alami dan pati singkong modifikasi metode heat-moisture treatments (HMT) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Nilai rata-rata daya serap air pati singkong alami dan pati singkong modifikasi metode heat–moisture treatments (HMT) pada berbagai konsentrasi NaCl.

Pada Gambar 2 dapat dilihat laju kenaikan daya serap air terhadap pati setelah dimodifikasi, pati alami singkong memiliki daya serap air sebesar 69 %. Peningkatan daya serap air ini sesuai dengan pernyataan Collado & Harold Corke, (1999) bahwa daya absorpsi granula pati alami yang telah mengalami modifikasi akan membengkak dan mengalami peningkatan.

Dapat dilihat pada Gambar 2 terjadi perbedaan nilai daya serap air pada pati modifikasi metode heat–moisture treatments (HMT) dan variasi penambahan NaCl yang digunakan. Pati hasil modifikasi menunjukkan peningkatan daya serap air. Peningkatan Daya Serap air terendah pada Penambahan 0,08M NaCl. Peningkatan Daya serap air tertinggi pada penambahn 0,20M NaCl.

Pada pati singkong modifikasi metode heat–moisture treatments (HMT) peningkatan konsentrasi NaCl 0,04M menunjukkan angka tertigi no 3 dalam daya serap air sebesar 278%. Lalu kemudian turun pada konsentrasi NacCl 0,08M dan naik secara perlahan dengan meningkatnya kandungan konsentrasi NaCl.

Tabel 2. Hasil uji lanjut DMRT daya serap air .

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
Pati alami	60	a
0,04 M	278	b
0,08 M	269	b
0,12 M	272	b
0,16 M	286	b
0,20 M	297	b

Hasil uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pada tabel menunjukkan bahwa perlakuan penambahan NaCl pada berbagai konsentrasi (0,04 M hingga 0,20 M) tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap nilai Water Absorption Capacity (WAC). Hal ini ditunjukkan oleh notasi huruf yang sama (b) pada seluruh kelompok perlakuan NaCl, yang berarti bahwa nilai rata-rata WAC antar kelompok tersebut tidak berbeda nyata pada tingkat signifikansi 5%.

Sebaliknya, kontrol (pati alami tanpa perlakuan NaCl) menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan terhadap seluruh perlakuan NaCl, yang ditandai dengan notasi huruf berbeda (a). Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi pati dengan NaCl, terlepas dari konsentrasinya, mampu meningkatkan kemampuan pati dalam menyerap air secara signifikan dibandingkan pati alami.

Adebowale et al., (2005) menyatakan bahwa perlakuan HMT dapat meningkatkan kapasitas pengikatan air pati karena adanya peningkatan kecenderungan sifat hidrofilik pada pati seiring dengan pertambahan tingkat kelembaban pati. Peningkatan ini di sebabkan karna bagian amorphous mengalami sedikit pengembangan sehingga beberapa ikatan hidrogen

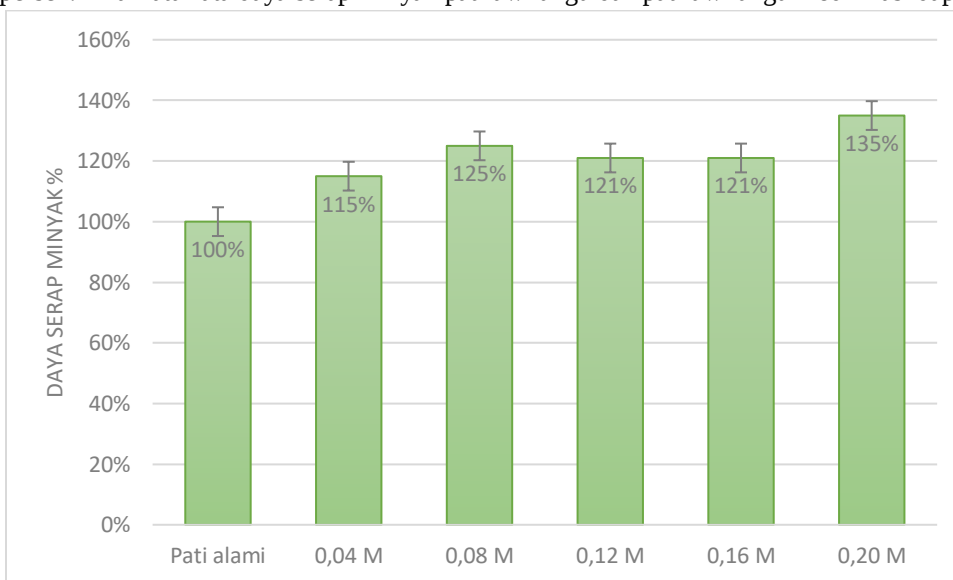
antara bagian amorphous dan bagian kristalin akan putus untuk kemudian berikatan dengan hidrogen dari air.

Menurut Hidayat et al., (2009) melaporkan bahwa beberapa tepung ubi kayu yang dimodifikasi memiliki karakteristik daya serap air lebih baik dibandingkan tepung ubi kayu asli. Daya serap air yang lebih tinggi pada tepung ubi kayu metode gelatinisasi ini disebabkan oleh hidrolisis pati dan terbentuknya komponen yang lebih sederhana seperti dekstrin. Ukuran partikel yang lebih kecil hasil dari modifikasi pati mempengaruhi daya serap terhadap air, seperti yang dijelaskan oleh Dewi et al., (2012) dengan adanya perubahan granula pati yang lebih kecil akan memudahkan air masuk kedalam molekul pati sehingga akan terjadi peningkatan daya serapnya terhadap air. Sedangkan pernyataan Rauf, R., & Sarbini., (2015) yang menyatakan bahwa adanya variasi struktur granula pada masing-masing pati hasil modifikasi serta komponen lain yang bersifat hidrofilik menyebabkan terjadinya penurunan dan perbedaan nilai daya serap air yang dihasilkan.

d. Daya Serap Minyak (*Oil Absorption Capacity/OAC*)

Daya serap minyak merupakan kemampuan pati secara fisik untuk menyerap dan mempertahankan minyak dengan daya tarik kapiler yang masuk ke dalam bahan (Diniyah et al., 2018). Kemampuan pati dalam menyerap minyak ini menunjukkan bahwa komponen penyusun pati yang bersifat lipofilik (Falade & Christopher, 2015). Daya serap minyak dapat ditentukan berdasarkan selisih berat pati setelah berinteraksi dengan minyak yang ditambahkan dan berat pati awal.

Daya serap minyak didapatkan dengan mencampurkan pati kering dan minyak hingga terjadi interaksi penyerapan minyak oleh pati. Jumlah minyak yang diserap oleh pati dihitung berdasarkan selisih antara berat tabung berisi pati basah dikurang berat tabung kosong, lalu didapatkan berat pati dan air yang terserap. Berat pati basah dikurang berat pati kering (berat sampel) lalu dibagi dengan berat pati kering (berat sampel). Hasil perhitungan kemudian dikonversi dalam bentuk persen. Nilai rata-rata daya serap minyak pati uwi ungu dan pati uwi ungu modifikasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai rata-rata daya serap minyak pati singkong alami dan pati singkong modifikasi metode heat-moisture treatments (HMT) pada berbagai konsentrasi NaCl

Pada Gambar 3 dapat dilihat tidak terjadi laju kenaikan daya serap minyak yang besar terhadap pati setelah dimodifikasi, pati singkong memiliki daya serap minyak sebesar 100 %. Daya serap minyak pati singkong menunjukan hasil yang cukup datar dengan pati modifikasi HMT dengan penambahan NaCl 0,04M mendapatkan hasil terendah dan pati alami menghasilkan daya serap minyak tertinggi sebesar 139% hasil ini sangat berbeda dengan penelitian Ismanto (2021) di mana terjadi peningkatan daya serap minyak pada pati singkong secara acak.

Tabel 3. Hasil uji lanjut DMRT daya serap minyak

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
Pati alami	100	a
0,04 M	115	ab
0,08 M	125	bc
0,12 M	121	bc
0,16 M	121	bc
0,20 M	135	c

Hasil uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pada tabel menunjukkan pati alami memiliki daya serap minyak terendah (100%) dan tergolong dalam kelompok a, yang secara statistik berbeda nyata dengan perlakuan NaCl di atas 0,04M. Perlakuan 0,04 M NaCl (115%) masuk dalam kelompok ab, tidak berbeda nyata dengan pati alami maupun perlakuan konsentrasi NaCl yang lebih tinggi, menunjukkan bahwa pada konsentrasi rendah, peningkatan daya serap minyak masih belum signifikan. NaCl 0,08 M, 0,12 M, dan 0,16 M menunjukkan hasil yang serupa (notasi bc), mengindikasikan bahwa pada konsentrasi menengah, NaCl memberikan pengaruh yang relatif setara terhadap peningkatan daya serap minyak. Perlakuan dengan konsentrasi 0,20 M NaCl menghasilkan daya serap minyak tertinggi secara signifikan (135%), dan tergolong dalam kelompok c, yang berbeda nyata dengan perlakuan 0,04M.

Secara umum, peningkatan konsentrasi NaCl cenderung meningkatkan daya serap minyak pati, dengan konsentrasi optimal terjadi pada 0,20 M. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh perubahan struktur molekul pati akibat adanya ion Na^+ dan Cl^- yang memengaruhi afinitas terhadap minyak.

Ulyarti et al., (2021) menyatakan bahwa penataan ulang gugus hidrofilik dalam molekul pati terjadi meskipun sifat granula pati tidak berubah. Dalam Wulandari (2013) menyatakan bahwa bahwa Amilosa mempunyai kemampuan membentuk kompleks dengan minyak (lipid) dalam bentuk amilosa-lipid. Tingginya amilosa rantai pendek yang terbentuk setelah gelatinisasi sehingga banyak amilosa yang membentuk kompleks dengan minyak dalam membentuk amilosa-lipid. Qin et al., (2016) mengemukakan bahwa semakin tinggi kadar amilosa yang terkandung maka kemampuan dalam menyerap minyak akan semakin baik. Hal disebabkan karena amilosa dapat membentuk senyawa kompleks dengan minyak (lipid) dalam bentuk amilosa lipid.

Kebutuhan fungsional pati terhadap daya serapnya dapat disesuaikan untuk apa pati tersebut diaplikasikan. Misalkan pati dengan daya serap air dan minyak yang lebih tinggi dapat digunakan sebagai pengental atau penstabil pada produk makanan agar hasil yang didapatkan lebih maksimal sedangkan pati dengan daya serap air rendah dan ukuran yang kecil banyak digunakan untuk mengisi padatan polimer edible film. Selain itu pati dengan daya serap air dan minyak yang rendah juga dapat diaplikasikan ke industri farmasi sebagai matriks dalam pembawa bahan aktif atau obat-obatan, di mana dengan daya serap air dan minyak yang rendah ini, pati dapat mengikat komponen-komponen yang bersifat hidrofobik dan lipofobik pada bahan aktif dalam obat-obatan (Wulandari, 2013).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian, modifikasi pati singkong menggunakan metode Heat Moisture Treatment (HMT) dengan penambahan NaCl secara signifikan memengaruhi karakteristik morfologi, struktur kimia, dan sifat fungsionalnya. Perubahan morfologi granula pati terlihat dari granula pecah menjadi serpihan meningkatkan luas permukaan. Analisis FTIR menunjukkan restrukturisasi molekuler berupa perubahan pada ikatan hidrogen dan pembentukan gugus ester.

Daya serap air tertinggi pada pati uwi singkong modifikasi metode HMT adalah dengan konsentrasi 0,20 M NaCl yaitu 279%. Daya serap minyak tertinggi pada pati singkong modifikasi metode HMT adalah dengan konsentrasi 0,20 M NaCl yaitu 135%. Jadi konsentrasi NaCl yang tepat adalah 0,20M.

Secara keseluruhan, modifikasi HMT dengan penambahan NaCl dapat meningkatkan beberapa sifat fungsional pati singkong, khususnya daya serap air, yang berpotensi diaplikasikan dalam industri pangan dan farmasi.

DAFTAR PUSTAKA

- adebowale, Y.A., Adeyemi, I.A. and Oshodi, A. A. (2005). Functional and Physicochemical Properties of Flours of Six Mucuna Species. *African Journal of Biotechnology*, 4, 1461–1468.
- Agi, A., Junin, R., Abdullah, M. O., Jaafar, M. Z., Arsad, A., Wan Sulaiman, W. R., Norddin, M. N. A. M., Abdurrahman,

- M., Abbas, A., Gbadamosi, A., & Azli, N. B. (2019). Application of polymeric nanofluid in enhancing oil recovery at reservoir condition. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 194. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.107476>
- Ari putri, L. mei, Prihandono, T., & Supriadi, B. (2017). Air adalah suatu zat kimia yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi ., *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 6(2), 147–153.
- Chiotelli, E., Pilosio, G., & Le Meste, M. (2002). Effect of sodium chloride on the gelatinization of starch: A multimeasurement study. *Biopolymers*, 63(1), 41–58. <https://doi.org/10.1002/bip.1061>
- Collado, L. S., & Harold Corke. (1999). Heat-moisture treatment effects on sweetpotato starches differing in amylose content. *Food Chemistry*, 65(3), 339 – 346. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00228-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00228-3)
- Dewi, N. S., Parnanto, N. H. R., & Ariyantoro, A. R. (2012). Karakteristik Fisikokimia Tepung Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) Dimodifikasi Secara Asetilasi Dengan Variasi Konsentrasi Asam Asetat Selama Perendaman. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 7(2), 104–112. <https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.13014>
- Diniyah, N., Subagio, A., Lutfian Sari, R. N., & Yuwana, N. (2018). Sifat Fisikokimia Dan Fungsional Pati Dari Mocaf (Modified Cassava Flour) Varietas Kaspro Dan Cimanggu. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 15(2), 80–90. <https://doi.org/10.21082/jpasca.v15n2.2018.80-90>
- Ega, La dan Lopulalan, G. C. . (2015). Modifikasi Pati Sagu dengan Metode Heat Moisture Treatment. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 4(2), 33–40.
- Fachrudin, R. (2017). *Produksi pati na-karboksimetil dengan perbedaan tipe pengadukan pada tahap alkalisasi*. Universitas Bogor.
- Falade, K. O., & Christopher, A. S. (2015). Physical, functional, pasting and thermal properties of flours and starches of six Nigerian rice cultivars. *Food Hydrocolloids*, 44, 478–490. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.10.005>
- Herawati, E. R. ., Ariani, D., Nurhayati, R., Miftakhussolikah, M., Na'imah, H., & Marsono, Y. (2020). Effect of Autoclaving-Cooling Treatments on Chemical Characteristic and Structure of Tacca (*Tacca Leontopetaloides*) Starch. *Advances in Engineering Research*, 194, 169–172. <https://doi.org/10.2991/aer.k.200325.034>
- Hidayat, B., Kalsum, N., & Surfiana. (2009). Karakterisasi Tepung Ubi Kayu Modifikasi Yang Diproses Menggunakan Metode Prigelatinisasi Parsial. *Jurnal Teknologi Industri Dan Hasil Pertanian*, 14(2), 148–159.
- Ismanto. (2021). *MODIFIKASI PATI SINGKONG (Manihot utilissima) METODE PRESIPITASI DENGAN PENAMBAHAN NaCl*.
- Juhana, D. (2018). *Pengaruh Konstrasi H2SO4 Pada Modifikasi Pati Dengan Metode Hidrolisis Asam Terhadap Sifat Fisikokimia Pati Uwi Putih (Dioscorea alata)*. Skripsi. Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Jambi. Jambi.
- Kawijia, Atmaka, W., & Lestariana, S. (2017). Studi Karakteristik Pati Singkong Utuh Berbasis Edibel Film Dengan Modifikasi Cross-Linking Asam Sitrat. *Journal Teknologi Pertanian*, 18(2), 143–152.
- Kusnandar, F. (2010). *Kimia Pangan Komponen Makro*. PT. Dian Rakyat.
- Lutfi, I. (2014). *Teknologi Budidaya dan Agribisnis Tanaman Ubi Kayu*. Universitas Muhammadiyah. Yogyakarta.
- Marta, H., Cahyana, Y., Arifin, H. R., & Khairani, L. (2019). Comparing the effect of four different thermal modifications on physicochemical and pasting properties of breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch. *International Food Research Journal*, 26(1), 269–276.
- Melani, A., Putri, D., & Robiah. (2020). Bioplastik Dari Pati Kulit Pisang Raja Dengan Berbagai Bahan Perekat. *Jurnal Distilasi*, 4(2), 1. <https://doi.org/10.32502/jd.v4i2.2208>
- Murtiningrum, M. M., & Jading, A. (2012). Karakterisasi Umbi dan Pati Lima Kultivar Ubi Kayu (*Manihot esculenta*). *Jurnal Agrotek*, 3(1), 81–90. <https://doi.org/10.30862/agt.v3i1.557>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.038>
- Rauf, R., & Sarbini, D. (2015). Daya Serap Air Sebagai Acuan untuk Menentukan Volume Air. *Agritech*, 35(3), 324–330.
- Rosida, D. F. (2021). *Pati Termodifikasi Dari Umbi-Umbian Lokal*. CV. Putra Media Nusantara.
- Shi, A., Li, D., Wang, L., & Adhikari, B. (2012). The effect of NaCl on the rheological properties of suspension containing spray dried starch nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 90(4), 1530–1537. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.07.025>
- Siwi, K.S., dan W. D. R. (2013). *Studi Perubahan Sifat Fisik Kimia Tepung Ubi Jalar Putih (Ipoema batatas Var. Suku) sebagai Efek Modifikasi Menggunakan Metode Heat Moisture Treatment*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Tellisa Rayasari Haryono, & Bertha Rusdi. (2023). Karakterisasi Pati Termodifikasi dengan Metode Hmt (Heat Moisture Treatment). *Jurnal Riset Farmasi*, 109–112. <https://doi.org/10.29313/jrf.v3i2.3164>
- Ulyarti, Mursyid, Ismanto, Rahmayani, I., Suseno, R., & Nazarudin. (2021). Modification of Cassava Starch (*Manihot utilissima*) Using Precipitation Method with Addition of NaCl. *Advances in Biological Sciences Research*, 16, 132–137. <https://doi.org/10.2991/absr.k.220101.018>
- Valdez-Niebla, J. A., Paredes-López, O., Vargas-López, J. M., & Hernández-López, D. (1993). Moisture sorption isotherms and other physicochemical properties of nixtamalized amaranth flour. *Food Chemistry*, 46(1), 19–23. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(93\)90069-R](https://doi.org/10.1016/0308-8146(93)90069-R)
- Wang, Z., Mhaske, P., Farahnaky, A., Kasapis, S., & Majzoobi, M. (2022). Cassava starch: Chemical modification and its

- impact on functional properties and digestibility, a review. *Food Hydrocolloids*, 129. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107542>
- Winarti, C., Sunarti, T. C., & Richana, N. (2011). Produksi Dan Aplikasi Pati Nanopartikel. *Buletin Teknologi Pasca Panen*, 7(2), 104–114.
- Wulandari, K. (2013). *Penyiapan dan karakterisasi pati nanokristalin dari sagu dan tapioka kartika wulandari*. INSTITUT PERTANIAN BOGOR BOGOR.
- Zhou, H., Wang, C., Shi, L., Chang, T., Yang, H., & Cui, M. (2014). Effects of salts on physicochemical, microstructural and thermal properties of potato starch. *Food Chemistry*, 156, 137–143. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.015>
- adebowale, Y.A., Adeyemi, I.A. and Oshodi, A. A. (2005). Functional and Physicochemical Properties of Flours of Six Mucuna Species. *African Journal of Biotechnology*, 4, 1461–1468.
- Agi, A., Junin, R., Abdullah, M. O., Jaafar, M. Z., Arsad, A., Wan Sulaiman, W. R., Norddin, M. N. A. M., Abdurrahman, M., Abbas, A., Gbadamosi, A., & Azli, N. B. (2019). Application of polymeric nanofluid in enhancing oil recovery at reservoir condition. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 194. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.107476>
- Ari putri, L. mei, Prihandono, T., & Supriadi, B. (2017). Air adalah suatu zat kimia yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi ., *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 6(2), 147–153.
- Chiotelli, E., Pilosio, G., & Le Meste, M. (2002). Effect of sodium chloride on the gelatinization of starch: A multimeasurement study. *Biopolymers*, 63(1), 41–58. <https://doi.org/10.1002/bip.1061>
- Collado, L. S., & Harold Corke. (1999). Heat-moisture treatment effects on sweetpotato starches differing in amylose content. *Food Chemistry*, 65(3), 339 – 346. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00228-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00228-3)
- Dewi, N. S., Parnanto, N. H. R., & Ariyantoro, A. R. (2012). Karakteristik Fisikokimia Tepung Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) Dimodifikasi Secara Asetilasi Dengan Variasi Konsentrasi Asam Asetat Selama Perendaman. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 7(2), 104–112. <https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.13014>
- Diniyah, N., Subagio, A., Lutfian Sari, R. N., & Yuwana, N. (2018). Sifat Fisikokimia Dan Fungsional Pati Dari Mocaf (Modified Cassava Flour) Varietas Kaspro Dan Cimanggu. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 15(2), 80–90. <https://doi.org/10.21082/jpasca.v15n2.2018.80-90>
- Ega, La dan Lopulalan, G. C. . (2015). Modifikasi Pati Sagu dengan Metode Heat Moisture Treatment. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 4(2), 33–40.
- Fachrudin, R. (2017). *Produksi pati na-karboksimetil dengan perbedaan tipe pengadukan pada tahap alkalisasi*. Universitas Bogor.
- Falade, K. O., & Christopher, A. S. (2015). Physical, functional, pasting and thermal properties of flours and starches of six Nigerian rice cultivars. *Food Hydrocolloids*, 44, 478–490. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.10.005>
- Herawati, E. R. ., Ariani, D., Nurhayati, R., Miftakhussolikah, M., Na'imah, H., & Marsono, Y. (2020). Effect of Autoclaving-Cooling Treatments on Chemical Characteristic and Structure of Tacca (*Tacca Leontopetaloides*) Starch. *Advances in Engineering Research*, 194, 169–172. <https://doi.org/10.2991/aer.k.200325.034>
- Hidayat, B., Kalsum, N., & Surfiana. (2009). Karakterisasi Tepung Ubi Kayu Modifikasi Yang Diproses Menggunakan Metode Prigelatinisasi Parsial. *Jurnal Teknologi Industri Dan Hasil Pertanian*, 14(2), 148–159.
- Ismanto. (2021). *MODIFIKASI PATI SINGKONG (Manihot utilissima) METODE PRESIPITASI DENGAN PENAMBAHAN NaCl*.
- Juhana, D. (2018). *Pengaruh Konstrasi H2SO4 Pada Modifikasi Pati Dengan Metode Hidrolisis Asam Terhadap Sifat Fisikokimia Pati Uwi Putih (Dioscorea alata)*. Skripsi. Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Jambi. Jambi.
- Kawijia, Atmaka, W., & Lestariana, S. (2017). Studi Karakteristik Pati Singkong Utuh Berbasis Edibel Film Dengan Modifikasi Cross-Linking Asam Sitrat. *Journal Teknologi Pertanian*, 18(2), 143–152.
- Kusnandar, F. (2010). *Kimia Pangan Komponen Makro*. PT. Dian Rakyat.
- Lutfi, I. (2014). *Teknologi Budidaya dan Agribisnis Tanaman Ubi Kayu*. Universitas Muhammadiyah. Yogyakarta.
- Marta, H., Cahyana, Y., Arifin, H. R., & Khairani, L. (2019). Comparing the effect of four different thermal modifications on physicochemical and pasting properties of breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch. *International Food Research Journal*, 26(1), 269–276.
- Melani, A., Putri, D., & Robiah. (2020). Bioplastik Dari Pati Kulit Pisang Raja Dengan Berbagai Bahan Perekat. *Jurnal Distilasi*, 4(2), 1. <https://doi.org/10.32502/jd.v4i2.2208>
- Murtiningrum, M. M., & Jading, A. (2012). Karakterisasi Umbi dan Pati Lima Kultivar Ubi Kayu (*Manihot esculenta*). *Jurnal Agrotek*, 3(1), 81–90. <https://doi.org/10.30862/agt.v3i1.557>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.038>
- Rauf, R., & Sarbini, D. (2015). Daya Serap Air Sebagai Acuan untuk Menentukan Volume Air. *Agritech*, 35(3), 324–330.
- Rosida, D. F. (2021). *Pati Termodifikasi Dari Umbi-Umbian Lokal*. CV. Putra Media Nusantara.
- Shi, A., Li, D., Wang, L., & Adhikari, B. (2012). The effect of NaCl on the rheological properties of suspension containing spray dried starch nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 90(4), 1530–1537. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.07.025>

- Siwi, K.S., dan W. D. R. (2013). *Studi Perubahan Sifat Fisik Kimia Tepung Ubi Jalar Putih (Ipoema batatas Var. Sukuh) sebagai Efek Modifikasi Menggunakan Metode Heat Moisture Treatment*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Tellisa Rayasari Haryono, & Bertha Rusdi. (2023). Karakterisasi Pati Termodifikasi dengan Metode Hmt (Heat Moisture Treatment). *Jurnal Riset Farmasi*, 109–112. <https://doi.org/10.29313/jrf.v3i2.3164>
- Ulyarti, Mursyid, Ismanto, Rahmayani, I., Suseno, R., & Nazarudin. (2021). Modification of Cassava Starch (Manihot utilissima) Using Precipitation Method with Addition of NaCl. *Advances in Biological Sciences Research*, 16, 132–137. <https://doi.org/10.2991/absr.k.220101.018>
- Valdez-Niebla, J. A., Paredes-López, O., Vargas-López, J. M., & Hernández-López, D. (1993). Moisture sorption isotherms and other physicochemical properties of nixtamalized amaranth flour. *Food Chemistry*, 46(1), 19–23. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(93\)90069-R](https://doi.org/10.1016/0308-8146(93)90069-R)
- Wang, Z., Mhaske, P., Farahnaky, A., Kasapis, S., & Majzoobi, M. (2022). Cassava starch: Chemical modification and its impact on functional properties and digestibility, a review. *Food Hydrocolloids*, 129. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107542>
- Winarti, C., Sunarti, T. C., & Richana, N. (2011). Produksi Dan Aplikasi Pati Nanopartikel. *Buletin Teknologi Pasca Panen*, 7(2), 104–114.
- Wulandari, K. (2013). *Penyiapan dan karakterisasi pati nanokristalin dari sagu dan tapioka kartika wulandari*. INSTITUT PERTANIAN BOGOR BOGOR.
- Zhou, H., Wang, C., Shi, L., Chang, T., Yang, H., & Cui, M. (2014). Effects of salts on physicochemical, microstructural and thermal properties of potato starch. *Food Chemistry*, 156, 137–143. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.015>