



PRODUKSI DAN KARAKTERISASI PATI SUKUN (*Artocarpus altilis*) TERMODIFIKASI ENZIMATIS

[Production and Characterization of Enzymatically Modified Breadfruit (*Artocarpus altilis*) Starch]

Bintang Efrata Aprilia^{1*}, Dina Clarissa Kurniawan¹

¹Jurusan Biologi, Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta

*Email: bintangefrata@staff.ukdw.ac.id (Telp: +6289510229969)

Diterima tanggal 11 November 2025

Disetujui tanggal 22 November 2025

ABSTRACT

Breadfruit (*Artocarpus altilis*) is a carbohydrate-rich food source, with starch as its primary component. However, native starch exhibits several functional limitations, necessitating modification to broaden its applications. This study aimed to evaluate the characteristics of breadfruit starch modified through enzymatic hydrolysis using α -amylase. Extracted breadfruit starch was modified with α -amylase at 55 °C for 4 h. The results showed that 1.105 kg of fresh breadfruit yielded 92.197 g of dry starch, corresponding to a yield of 8.34% (w/w). Enzymatic hydrolysis increased the water absorption capacity (WAC) from 68.14% to 82.35% and the oil absorption capacity (OAC) from 100.21% to 125.47%. The solubility (S) increased significantly from 1.78% to 81.95%, whereas the swelling power (SP) decreased from 17.06 g/g to 0.15 g/g. Scanning electron microscopy (SEM) analysis revealed morphological changes in starch granules, from smooth and intact surfaces to granules with cracks and depressions, indicating an increase in specific surface area. Overall, these findings demonstrate that enzymatic hydrolysis using α -amylase effectively improves the functional properties of breadfruit starch, highlighting its potential application in food industries requiring starch with high water and oil absorption capacities as well as enhanced solubility.

Keywords: α -amylase enzyme, breadfruit, functional properties, modified starch.

ABSTRAK

Sukun (*Artocarpus altilis*) merupakan sumber pangan dengan kandungan karbohidrat tinggi, terutama dalam bentuk pati. Namun, pati alami memiliki keterbatasan sifat fungsional sehingga perlu dilakukan modifikasi untuk memperluas aplikasinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik pati sukun termodifikasi melalui proses hidrolisis enzim α -amilase. Pati sukun hasil ekstraksi dimodifikasi menggunakan enzim α -amilase pada suhu 55 °C selama 4 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa buah sukun segar dengan berat 1.105 kg menghasilkan pati kering sebanyak 92,197 g dengan rendemen sebesar 8,34% (bb). Hidrolisis enzimatis mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi air (water absorption capacity/WAC) dari 68,14% menjadi 82,35% serta kapasitas adsorpsi minyak (oil absorption capacity/OAC) dari 100,21% menjadi 125,47%. Nilai kelarutan (solubility/S) meningkat secara signifikan dari 1,78% menjadi 81,95%, sedangkan swelling power (SP) mengalami penurunan dari 17,06 g/g menjadi 0,15 g/g. Analisis menggunakan scanning electron microscopy (SEM) menunjukkan perubahan morfologi granula pati dari permukaan yang halus dan utuh menjadi granula dengan retakan dan cekungan, yang mengindikasikan peningkatan luas permukaan spesifik. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hidrolisis enzimatis menggunakan α -amilase efektif dalam memperbaiki sifat fungsional pati sukun, sehingga berpotensi diaplikasikan pada industri pangan yang memerlukan pati dengan kapasitas penyerapan air dan minyak serta kelarutan yang tinggi.

Kata kunci: Enzim α -amilase, karakteristik fungsional, pati modifikasi, sukun.



PENDAHULUAN

Sukun merupakan salah satu jenis tanaman tropis yang banyak tumbuh di Indonesia. Berdasarkan data, produksi buah sukun di Indonesia mencapai 156.626 ton pada tahun 2023 (Kementerian Pertanian, 2024). Jumlah produksi yang cukup tinggi ini menunjukkan bahwa buah sukun memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan. Buah sukun juga diketahui memiliki kandungan karbohidrat yaitu sebesar $88,56 \pm 0,56$ g/100 g dengan komponen utamanya yaitu pati sebesar $71,38 \pm 0,64$ g/100g (Daley *et al.*, 2019). Kandungan pati yang tinggi ini menjadikan sukun dapat menjadi salah satu sumber alternatif pati yang potensial. Sejauh ini pemanfaatan pati di Indonesia masih sangat bergantung dengan beberapa bahan baku seperti jagung, singkong, dan kentang (Harni *et al.*, 2022). Ketergantungan ini dapat mempengaruhi terhadap pemanfaatan sumber pati lokal lain yang belum optimal, sehingga perlu dilakukan eksplorasi bahan baku lainnya.

Pati sukun selama ini belum banyak dimanfaatkan, beberapa penelitian masih memanfaatkan dalam bentuk bentuk buah asli maupun tepung buah sukun (Sulistiyana & Handayani, 2021; Noviasari *et al.*, 2023; Aprilia *et al.*, 2021). Pemanfaatan pati dari banyak sumber telah banyak dilakukan, salah satunya dalam bidang industri pangan karena karakteristik fungsionalnya yang beragam yaitu dapat sebagai pengental, pembentuk gel atau pengemulsi (Inneke & Kristopo, 2023; Mansauda *et al.*, 2024; Aryanti *et al.*, 2024). Meskipun demikian, pemanfaatan pati alami sering kali mengalami keterbatasan, salah satunya karena memiliki luas permukaan yang relatif kecil sehingga mempengaruhi terhadap kontak dengan bahan lain yang semakin kecil. Kondisi ini berdampak pada rendahnya kelarutan dan terbatasnya kapasitas penyerapan dari granula pati (Prompiputtanapon *et al.*, 2020; Dolas *et al.*, 2020). Palijama *et al.*, (2017) menyebutkan bahwa pati sukun dari 3 jenis yang berbeda memiliki *solubility* yang rendah yaitu berkisar antara 21,67-24,07%. Oleh karena itu, perlu untuk memodifikasi struktur pati alami sukun guna meningkatkan karakteristik fungsionalnya.

Terdapat beberapa metode yang telah banyak digunakan untuk modifikasi pati seperti fisika dan kimia. Namun diketahui bahwa modifikasi kimia memiliki resiko terhadap residu yang tertinggal dan pati yang dihasilkan tidak stabil oleh suhu panas (Subroto *et al.*, 2023). Selain kedua metode tersebut, terdapat metode lain yang telah digunakan yaitu hidrolisis dengan menggunakan enzim. Enzim bersifat selektif, spesifik, dan menghasilkan produk akhir yang konsisten, sehingga menghasilkan struktur pati yang termodifikasi dengan sifat fisikokimia dan tekstur yang lebih baik (Nguyen & Pham, 2020). Enzim juga dapat menargetkan substrat pati dalam matriks granula, serta mengurangi produk samping yang tidak diinginkan, sekaligus meningkatkan hasil proses (Miao & BeMiller, 2023). Oleh karena itu, penelitian ini ingin melihat potensi dari pati sukun hasil modifikasi dengan menggunakan enzim α -amilase terhadap perbaikan karakteristik fungsional yang dihasilkan.



BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu buah sukun yang diperoleh dari daerah Jakarta Selatan, akuades, kalium metabisulfat (BDH), alkohol 96% (Merck), Enzim α -amilase (Sigma-Aldrich A3403), Buffer fosfat 0,01M pH 7,0 yang tersusun dari NaCl (Merck 1.06404), NaH_2PO_4 (Merck), dan Na_2HPO_4 (Merck), Reagen DNS yang tersusun dari DNS (Merck), K-NaTartrat Tetrahidrat (Merck), NaOH 2 M (Merck), *ice gel pack* (Thermafreesze), *methylene blue* (BDH), dan minyak kelapa sawit komersial.

Metode

Ekstraksi pati sukun (*Artocarpus altilis*)

Ekstraksi pati sukun mengikuti metode (Ifmalinda *et al.*, 2025) dengan modifikasi. Buah sukun terlebih dahulu dipisahkan dari kulit dan bijinya, kemudian dipotong menjadi bagian-bagian kecil. Potongan sukun selanjutnya direndam dalam larutan kalium metabisulfat 0,5% selama 30 menit dengan perbandingan bahan terhadap larutan sebesar 1:2 (b/v). Setelah perendaman, sukun ditiriskan dan dihaluskan menggunakan blender dengan perbandingan antara sukun dan akuades sebesar 1:1 (b/v). Hasil penghalusan kemudian disaring dengan kain penyaring (45×60 cm; 300 mesh). Filtrat yang diperoleh didiamkan di dalam lemari pendingin (4–5°C; 24 jam) untuk proses pengendapan pati. Endapan pati yang terbentuk kemudian dipisahkan dengan sentrifuge (4800 rpm; 10 menit). Endapan yang diperoleh dicuci dengan alkohol 96% dan disentrifugasi kembali. Proses pencucian dilanjutkan menggunakan akuades sebanyak dua kali, masing-masing diikuti dengan proses sentrifugasi. Endapan pati yang diperoleh kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 45°C selama 24 jam.

Produksi pati modifikasi dari sukun (*Artocarpus altilis*)

Produksi pati modifikasi dari sukun berdasarkan (Purwitasari *et al.*, 2023) dengan modifikasi. Sebanyak 10 gram pati sukun yang telah diperoleh dari tahap sebelumnya ditimbang, kemudian dilarutkan dalam 40 mL buffer fosfat 0,01 M, pH 7,0. Setelah itu, larutan tersebut ditambahkan dengan 90 μL enzim α -amilase ($U = 50 \text{ U/mL}$). Campuran tersebut kemudian diinkubasi dalam *shaker* selama 4 jam pada suhu 55°C. Setelah inkubasi, residu pati dicuci menggunakan alkohol 96% sebanyak 6 mL dan dikeringkan pada suhu 40°C selama 24 jam.

Karakterisasi Pati Sukun Modifikasi

Kadar Air (AOAC, 2005)

Pengukuran kadar air menggunakan metode thermogravimetri. Tahap pertama yang dilakukan adalah mengeringkan cawan porselin dalam oven pada suhu 105 °C selama 24 jam. Cawan tersebut kemudian diletakkan ke dalam desikator selama 1 jam dan dibiarkan sampai dingin kemudian ditimbang. Sampel seberat 1 gram ditimbang. Cawan yang telah diisi sampel dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105°C selama 5-6 jam. Cawan



kemudian dimasukkan ke dalam desikator dan dibiarkan sampai dingin, kemudian ditimbang. Kadar air dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(B-C)}{(B-A)} \times 100\%$$

Keterangan: A = berat cawan kosong (g); B = berat cawan yang diisi dengan sampel (g); dan C = berat cawan dengan sampel yang sudah dikeringkan (g)

Water Adsorption Capacity (WAC) dan Oil Adsorption Capacity (OAC) (Han *et al.*, 2021)

Kapasitas adsorpsi air atau *water adsorption capacity* (WAC) dan kapasitas adsorpsi minyak atau *oil adsorption capacity* (OAC) ditentukan dengan modifikasi. Sampel pati (Wg) 0,5 g dimasukkan ke dalam tabung konikel, kemudian ditambahkan 8 ml air atau minyak dan vorteks selama 5 menit pada suhu ruang. Selanjutnya sampel didiamkan pada suhu ruang selama 30 menit untuk membiarkan penyerapan air atau minyak. Selanjutnya tabung disentrifugasi pada kecepatan 6000 rpm selama 15 menit dan presipitat ditimbang sebagai W1. Nilai WAC dan OAC dari sampel pati ditentukan menurut persamaan berikut.

$$\text{WAC atau OAC} = \frac{(W1-Wg)}{0,5} \times 100\%$$

Swelling Power dan Kelarutan (Han *et al.*, 2021)

Kelarutan (S) dan *swelling power* (SP) dengan modifikasi. Sampel pati 0,5 g ditimbang sebagai M dan dimasukkan dalam tabung sentrifuge berisi 10 ml akuades, kemudian dipanaskan dalam waterbath pada suhu 85 °C selama 30 menit dan didiamkan pada suhu ruangan hingga dingin. Tabung kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 1650 x g selama 15 menit. Supernatan dikeringkan selama 24 jam hingga berat konstan (A) sedangkan sedimen ditimbang sebagai B. Nilai SP (g/g berat kering) dan S (%) dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$S(\%) = \frac{A}{M} \times 100\% \quad \text{dan} \quad SP(g/g) = \frac{B}{M} \times (1 - S)et$$

SEM (Scanning Electron Microscopy)

Scanning electron microscope digunakan untuk mengamati morfologi granula pati non-modifikasi (NS) dan pati sukun termodifikasi. Tiap sampel dilapisi dengan lapisan emas sebelum pengujian. Gambar yang diperoleh diperbesar pada perbesaran 2.000x.

Analisis Statistik

Rancangan penelitian yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor yaitu penggunaan enzim α -amilase, yang terdiri atas dua taraf perlakuan yaitu dengan dan tanpa enzim. Seluruh data dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) *single-factor*, dengan tingkat kepercayaan 95%.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi Pati Sukun

Proses ekstraksi pati dari buah sukun pada penelitian ini diawali dengan penggunaan bahan baku basah yang telah dikupas kulitnya seberat 1,105 kg. Setelah dilakukan perendaman menggunakan larutan kalium metabisulfit, terjadi peningkatan berat bahan sebesar 24,89%, sehingga berat total bahan menjadi 1,380 kg. Perendaman dengan metabisulfite memiliki peran sebagai agen penghambat pencoklatan enzimatis ketika pati sukun akan dikeringkan. Mekanisme penghambatan yang terjadi yaitu senyawa metabisulfit akan bekerja sebagai inhibitor enzim polyphenol oksidase (PPO). Enzim PPO berperan dalam mengoksidasi komponen fenolik pada bahan sehingga menghasilkan senyawa orto-quinon yang akan berpolimerisasi menjadi melanin yaitu pigmen coklat yang menyebabkan perubahan warna. Dengan pemberian sulfit maka pembentukan pigmen coklat dapat dicegah, sehingga warna pati yang dihasilkan tetap cerah dan putih setelah proses pengeringan (Hamdan *et al.*, 2022; Lumban Gaol *et al.*, 2020). Hal ini sesuai dengan hasil pati sukun pada penelitian ini yaitu tetap berwarna putih setelah proses pengeringan selama 24 jam (Gambar 1).



Gambar 1 Pati sukun setelah pengeringan 40°C selama 24 jam

Setelah proses ekstraksi dan pengeringan, diperoleh pati kering sebanyak 92,197 gram. Jika dihitung terhadap berat bahan baku basah, maka yield pati yang diperoleh sebesar 8,34% (bb). Hasil ini sesuai dengan penelitian yang telah ada sebelumnya bahwa yield pati buah sukun berkisar antara 3,3–17,1% (Kehinde *et al.*, 2022). Nilai yield yang dihasilkan cukup tinggi sehingga menunjukkan bahwa buah sukun dapat menjadi sumber pati yang potensial. Berdasarkan Hidayat *et al.*, (2023), jumlah rendemen pati dapat dipengaruhi oleh pemberian pra perlakuan terhadap bahan sebelum proses ekstraksi pati. Salah satunya yaitu perendaman bahan dengan menggunakan kalium metabisulfite. Proses peningkatan yield pati dapat terjadi melalui reaksi kimia yang berlangsung saat metabisulfite larut dalam air. Ion metabisulfit akan terurai menjadi ion bisulfit (HSO_3^-) yang dapat bereaksi dengan proton (H^+) membentuk gas sulfur dioksida (SO_2). Gas SO_2 mampu memutus ikatan disulfida pada protein yang menyelimuti granula pati di dalam jaringan bahan. Pemutusan ikatan tersebut dapat



mempengaruhi struktur protein menjadi lebih longgar, sehingga granula pati lebih mudah terlepas dari jaringan saat proses penghalusan dilakukan (Castañeda-Niño *et al.*, 2025; Chandra *et al.*, 2016).

Kadar Air

Hasil analisis menunjukkan bahwa *Modification Starch* (MS) memiliki kadar air sebesar $8,61 \pm 0,53\%$, lebih rendah jika dibandingkan dengan *Native Starch* (NS) yaitu sebesar $14,52 \pm 0,57\%$. Penelitian ini serupa dengan yang telah dilakukan pada pati modifikasi umbi garut. Terdapat penurunan kadar air pada pati yang dimodifikasi oleh enzim α -amilase (Witasari *et al.*, 2024). Penurunan kadar air ini dipengaruhi bahwa produksi MS melalui proses pengeringan pada suhu 40°C selama 24 jam. Selain itu, struktur permukaan MS yang tidak halus dan terdapat retakan juga dapat meningkatkan luas permukaan granula pati, sehingga kemungkinan air yang akan menguap akan semakin banyak (Pramasari *et al.*, 2020). Kadar air yang semakin rendah akan mempengaruhi terhadap penurunan aktivitas air sehingga mempengaruhi terhadap meningkatnya stabilitas penyimpanan produk (Jin *et al.*, 2019). Saat ini belum terdapat SNI terkait pati sukun, namun jika dibandingkan dengan SNI produk sejenis yaitu SNI 8523:2024 tentang pati jagung, SNI 3451:2011 tentang tapioka, dan SNI 01-2593-1992 tentang dekstrin, bahwa kadar air pati sukun telah di bawah dari yang distandarkan di dalam beberapa SNI tersebut.

Pengaruh Perlakuan Hidrolisis Enzimatis terhadap Kemampuan Adsorpsi Air dan Minyak

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan hidrolisis enzimatis dengan α -amilase pada pati sukun memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan adsorpsi air dan minyak. *Water Adsorption Capacity* (WAC) didefinisikan sebagai kemampuan granula pati untuk menyerap air yang tersedia untuk proses gelatinisasi selama proses pemanasan. Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil *Water Adsorption Capacity* (WAC) dan *Oil Adsorption Capacity* (OAC) pada pati alami mengalami peningkatan setelah dimodifikasi (MS). Hasil ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan yaitu terjadi peningkatan WAC dan OAC pada modifikasi pati umbi garut (Witasari *et al.*, 2024).

Peningkatan nilai WAC dan OAC dapat disebabkan oleh perubahan struktur granula pati setelah dihidrolisis dengan menggunakan enzim. Alfa amilase akan memotong ikatan α -1,4-glikosidik yang menyebabkan peningkatan terhadap jumlah amilosa. Semakin banyak jumlah amilosa yang terbentuk, maka semakin banyak juga jumlah ikatan hidrogen yang ada. Tidak hanya ikatan hidrogen yang terbentuk, namun setiap amilosa memiliki sisi hidrofobik yang akan saling mendekat. Kedua jenis ikatan yang terbentuk ini akan menyebabkan amilosa menjadi menggumpal dan menghasilkan ruang yang dapat menjadi tempat air dan minyak terperangkap. Sehingga mempengaruhi terhadap semakin tingginya adsorpsi air dan minyak oleh granula pati (Zhang *et al.*, 2024). Selain dipengaruhi oleh kadar amilosa, peningkatan nilai WAC dan OAC ini dapat dikaitkan oleh perubahan struktur permukaan granula pati MS. Gambar 2 menunjukkan bahwa pati MS memiliki struktur permukaan yang lebih kasar dengan adanya retakan dan cekungan. Adanya peningkatan jumlah cekungan ini dapat mempengaruhi



terhadap peningkatan luas permukaan spesifik pada granula pati, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya tumbukan antara molekul air atau minyak dengan permukaan granula pati, yang pada akhirnya dapat meningkatkan nilai WAC dan OAC (Sudheesh *et al.*, 2023).

Tabel 1 Karakteristik WAC dan OAC *Modification Starch* Sukun

	<i>Native Starch</i> (NS)	<i>Modification Starch</i> (MS)
WAC	68,75±2,49 ^a	82,55±0,77 ^b
OAC	101,22±2,91 ^a	125,49±1,61 ^b

Keterangan: nilai dinyatakan sebagai rata-rata±SD. Nilai dengan superskrip berbeda (a, b, dan c) pada setiap baris menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p<0,05$)

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa hidrolisis enzimatis dapat memperbaiki sifat fungsional pati sukun, khususnya dalam meningkatkan kemampuan mengikat air dan minyak, sehingga aplikasinya dapat lebih luas, salah satunya dalam formulasi produk pangan. Oleh karena itu, pati sukun modifikasi (MS) berpotensi untuk dimanfaatkan lebih lanjut dalam berbagai aplikasi yang memerlukan bahan dengan kemampuan penyerapan air dan minyak seperti meningkatkan *juiceness* pada produk olahan daging, meningkatkan kekentalan pada produk saus (Zhang *et al.*, 2024; Indrianti *et al.*, 2024).

Swelling Power (SP) dan Solubility (S)

Swelling power dan *solubility* merupakan dua parameter yang digunakan untuk menggambarkan sifat fungsional pati, khususnya dalam kaitannya dengan interaksi granula pati terhadap air selama proses pemanasan. Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai SP dan S pada sampel pati alami (NS) dengan pati modifikasi (MS) berbeda signifikan ($p<0,05$).

Tabel 2 Karakteristik SP dan S *Modification Starch* Sukun

	<i>Native Starch</i> (NS)	<i>Modification Starch</i> (MS)
<i>Swelling Power</i> (SP) (g/g)	17,06±0,07 ^a	0,15±0,01 ^b
<i>Solubility</i> (S) (%)	1,78±0,01 ^a	81,95±1,25 ^b

Keterangan: nilai dinyatakan sebagai rata-rata±SD. Nilai dengan superskrip berbeda (a, b, dan c) pada setiap baris menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p<0,05$)

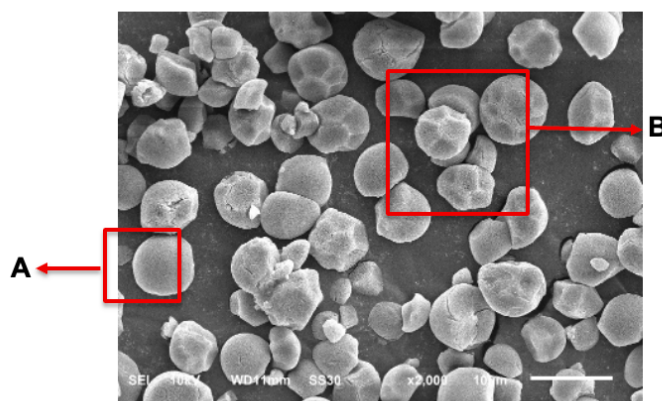
Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa MS memiliki nilai *swelling power* (SP) yang lebih rendah dengan tingkat kelarutan (*solubility*) yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan NS. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Purwitasari *et al.*, (2023) yang menyatakan bahwa modifikasi pati ganyong menggunakan enzim telah menyebabkan terhadap terjadinya peningkatan kelarutan dan penurunan *swelling power*. Guo *et al.*, (2024) menyatakan bahwa hidrolisis enzimatis oleh α -amilase, menyebabkan terputusnya ikatan pada granula pati sukun sehingga terbentuk retakan pada bagian permukaan yang menyebabkan struktur granula menjadi lebih



rapuh. Kondisi ini mengakibatkan terjadinya penurunan kemampuan granula pati untuk menahan tekanan selama pemanasan sehingga pengembangan granula tidak optimal dan *swelling power* menurun. Sebaliknya, hidrolisis oleh enzim α -amilase ini menghasilkan fragmen molekul pati berukuran lebih kecil, seperti dekstrin, oligosakarida, dan maltosa, yang memiliki kelarutan lebih tinggi dibandingkan polimer pati utuh karena adanya peningkatan gugus hidroksil yang mudah berikatan dengan air. Oleh karena itu, sifat kelarutan (*solubility*) pati meningkat secara signifikan setelah proses hidrolisis (Hutabarat & Stevensen, 2023). Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan enzimatik tidak hanya mengubah morfologi granula pati, tetapi juga memodifikasi sifat fungsionalnya. Hasil ini juga menunjukkan bahwa MS memiliki potensi untuk dikembangkan dan diaplikasikan pada bidang industri seperti pangan, khususnya diperlukan sebagai bahan pada formulasi pangan dengan kebutuhan kelarutan yang baik (Sumardiono *et al.*, 2019).

Karakteristik Morfologi

Morfologi granula pati diamati dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 2, pati alami (NS) menunjukkan granula berbentuk lebih bulat dengan permukaan yang cenderung halus tanpa retakan. Hasil ini sesuai dengan yang diharapkan pada pati alami bahwa pati masih utuh sebelum diberi perlakuan. Berbeda dengan pati sukun yang mengalami modifikasi dengan menggunakan enzim. Hasil menunjukkan bahwa pati modifikasi (MS) memiliki granula berbentuk tidak beraturan dengan permukaan yang cenderung kasar dan terdapat retakan. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Chiquiza-Montaño *et al.*, 2025) yang melaporkan bahwa perlakuan enzimatik dapat mengubah morfologi granula pati melalui proses degradasi permukaan. Perubahan morfologi ini menunjukkan bahwa enzim amilase mempengaruhi struktur granula pati dengan cara menghidrolisis ikatan α -1,4 glikosidik pada bagian amilosa dan amilopektin di bagian permukaan granula pati, sehingga merusak khususnya pada bagian amorf. Akibatnya, terjadi perubahan struktur pati berupa pengikisan menjadi cekungan (*caving*) dan retakan (*cracks*) atau sebagai tanda awal proses *exo-corrosion* (Das & Kayastha, 2019).



Gambar 2 Hasil SEM pada *native starch* (A) dan *modification starch* (B) pada perbesaran 2000x



KESIMPULAN

Modifikasi pati sukun (*Artocarpus altilis*) dengan menggunakan enzim dapat merubah permukaan struktur granula pati menjadi lebih kasar dan terdapat cekungan yang dapat meningkatkan luas permukaan spesifik granula pati. Sehingga mempengaruhi terhadap perbaikan sifat fungsionalnya yang lebih baik, melalui peningkatan *water adsorption capacity* (82,35%), *oil adsorption capacity* (125,47%), dan *solubility* (81,95%). Namun memiliki *swelling power* yang lebih rendah dibandingkan kontrol. Dengan demikian pati sukun termodifikasi berpotensi untuk dimanfaatkan dalam berbagai formulasi produk olahan pangan yang memerlukan kapasitas penyerapan air dan minyak, serta kelarutan yang tinggi untuk meningkatkan karakteristik produk akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprilia, D. T., Pangesthi, L. T., Handajani, S., & Indrawati, V. 2021. Pengaruh substitusi tepung sukun (*Artocarpus altilis*) terhadap sifat organoleptik bolu kukus. *Jurnal Tata Boga*, 10(2): 314–323. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-tata-boga/>
- Aryanti, N., Wardhani, D. H., Nafiunisa, A., Putri, N. A. Y., Firmansyah, R. A., Cahyani, N. D., & Nabila, S. 2024. Application of modified corn starch in stabilization of ultrasonic-assisted pickering oil in water emulsion. *Food Research*, 8(Supplementary 1): 78–89. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.8\(S1\).12](https://doi.org/10.26656/fr.2017.8(S1).12)
- Association of Official Analytical Chemist. 2005. *Official Methods of Analysis of The Association of Official Agriculture Chemist*. The Association of Official Agriculture Chemist.
- Badan Standardisasi Nasional. (BSN). 2024. SNI 8523:2024 tentang Pati Jagung (Corn Starch). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (BSN) 2011. SNI 3451:2011 tentang Tapioka (Tepung Tapioka). Badan Standardisasi Nasional. Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. (BSN). 1992. SNI 01-2593-1992 tentang Dekstrin. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta
- Castañeda-Niño, J. P., Mina-Hernández, J. H., & Solanilla-Duque, J. F. 2025. Extraction and characterization of starches from the pulp and peel of native plantain (*Musa AAB Simmonds*) from two Colombian Departments. *Polysaccharides*, 6(2): 34. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides6020034>
- Chandra, R. A. I., Sriwido, Hasanah, A. N., & Agustina, R. 2016. Optimization of starch from Indonesian local corn with concentration variation of sodium metabisulfite and drying time. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 7(2): 89–95. <https://doi.org/10.7763/IJCEA.2016.V7.549>
- Chiquiza-Montaño, L. N., Ochoa-Giraldo, S., & Orozco-Sánchez, F. 2025. Production design of modified cassava starch by biotechnology. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s40011-025-01679-8>



- Daley, O. O., Roberts-Nkrumah, L., Alleyne, A., Francis-Granderson, I., Broomes, J., & Badrie, N. 2019. Assessment of breadfruit (*Artocarpus altilis*, (parkinson) fosberg) cultivars for resistant starch, dietary fibre and energy density. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 19(04): 15060–15076. <https://doi.org/10.18697/ajfand.87.18090>
- Das, R., & Kayastha, A. M. 2019. Enzymatic hydrolysis of native granular starches by a new β -amylase from peanut (*Arachis hypogaea*). *Food Chemistry*, 276, 583–590. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.058>
- Dolas, K. A., Ranveer, R. C., Tapre, A. R., Nandane, A. S., & Sahoo, A. K. 2020. Effect of starch modification on physico-chemical, functional and structural characterization of cassava starch (*Manihot esculenta* Crantz). *Food Research*, 4(4), 1265–1271. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(4\).075](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(4).075)
- Guo, W., Yang, L., Shi, X., Cong, X., Cheng, S., Li, L., & Cheng, H. 2024. Effects of color protection and enzymatic hydrolysis on the microstructure, digestibility, solubility and swelling degree of chestnut flour. *Food Chemistry: X*, 23, 101770. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101770>
- Hamdan, N., Lee, C. H., Wong, S. L., Fauzi, C. E. N. C. A., Zamri, N. M. A., & Lee, T. H. 2022. Prevention of enzymatic browning by natural extracts and genome-editing: A review on recent progress. *Molecules*, 27(3), 1101. <https://doi.org/10.3390/molecules27031101>
- Han, X., Wen, H., Luo, Y., Yang, J., Xiao, W., Ji, X., & Xie, J. 2021. Effects of α -amylase and glucoamylase on the characterization and function of maize porous starches. *Food Hydrocolloids*, 116. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106661>
- Harni, M., Anggraini, T., Rini, R., & Suliansyah, I. 2022. Review artikel: Pati pada berbagai sumber tanaman. *Agroteknika*, 5(1): 26–39. <https://doi.org/10.55043/agroteknika.v5i1.118>
- Hidayat, F., Indarti, E., Arahman, N., & Rahmi. 2023. The effects of sodium metabisulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) on the physicochemical properties of breadnut seeds (*Artocarpus camansi*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1182(1), 012013. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1182/1/012013>
- Hutabarat, D. J. C., & Stevensen, J. 2023. Physicochemical properties of enzymatically modified starch: A Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1169(1), 012093. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1169/1/012093>
- Ifmalinda, Nisa, K., & Andasuryani. 2025. Study of modified breadfruit starch (*Artocarpus communis*) edible coating with red galangal extract (*Alpinia purpurea*) on the quality of sapodilla (*Manilkara zapota* L.). *Food Research*, 9(2): 93–100. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.9\(2\).257](https://doi.org/10.26656/fr.2017.9(2).257)
- Indrianti, N., Ratnawati, L., Kumalasari, R., Sholichah, E., & Afifah, N. 2024. Physicochemical and sensory properties of pasta sauce thickened by different starches. *AIP Conference Proceedings*, 3055, 060018. <https://doi.org/10.1063/5.0183981>
- Inneke, G., & Kristopo, H. 2023. The effect of potato starch and xanthan gum addition on cilantro sauce product development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1169(1): 012104. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1169/1/012104>



- Jin, Y., Tang, J., & Sablani, S. S. 2019. Food component influence on water activity of low-moisture powders at elevated temperatures in connection with pathogen control. *LWT*, 112. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108257>
- Kehinde, A. Z., Erland, L. A. E., Liu, Y., Ragone, D., Jones, A. M. P., & Murch, S. J. 2022. South Pacific cultivars of breadfruit (*Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg and *A. mariannensis* Trécul) and their hybrids (*A. altilis* × *A. mariannensis*) have unique dietary starch, protein and fiber. *Journal of Food Composition and Analysis*, 105, 104228. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104228>
- Kementerian Pertanian. 2024. *Angka Tetap Hortikultura Tahun 2023*. Kementerian Pertanian. https://hortikultura.pertanian.go.id/wp-content/uploads/2024/04/buku_atap_2023.pdf
- Lumban Gaol, R. A., Nurminah, M., & Nainggolan, R. J. 2020. Effect of blanching time and sodium metabisulphite concentration on the physicochemical properties of jackfruit seed flour (*Artocarpus heterophyllus*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 454(1): 012109. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/454/1/012109>
- Mansauda, K. L. R., Suoth, E. J., & Rumondor, E. M. 2024. Pengembangan dan karakterisasi gel asam salisilat menggunakan pati sagu pregelatinisasi sebagai agen pembentuk gel. *Pharmacy Medical Journal*, 7(2): 105–110.
- Miao, M., & BeMiller, J. N. 2023. Enzymatic approaches for structuring starch to improve functionality. *Annual Review of Food Science and Technology*, 14(1): 271–295. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-072122-023510>
- Nguyen, D. M. D., & Pham, T. T. 2020. The morphological characteristics and physical properties of porous corn starch hydrolyzed by mixture of α -Amylase and glucoamylase. 2020 5th International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD), 247–252. <https://doi.org/10.1109/GTSD50082.2020.9303165>
- Noviasari, S., Rahma, Y. H., Cut, N., & Safriani, N. 2023. Peluang dan potensi sukun (*Artocarpus altilis*) sebagai ingredient pangan. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 8(1), 2023. www.jim.unsyiah.ac.id/JFP
- Palijama, S., Talahatu, J., & Huwae, I. J. 2017. Analisis sifat fisik dan kimia pati dari tiga varietas sukun (*Artocarpus* sp.). *AGRITEKNO, Jurnal Teknologi Pertanian*, 6(2): 59–63. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2017.6.2.59>
- Pramasari, D. A., Sondari, D., Adi, D. S., Widyaningrum, B. A., Fajar, A., Putri, R., Restu, W. K., & Putri, E. H. 2020. Karakteristik pati berpori mikro dari tapioka hasil perlakuan amilase sebagai agen penyerapan minyak [The characteristic of microporous tapioca starch after amylase treatment for oil adsorbent agent]. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, 25(2): 71. <https://doi.org/10.23960/jtihp.v25i2.71-80>
- Promptiputtanapon, K., Sorndech, W., & Tongta, S. 2020. Surface modification of tapioca starch by using the chemical and enzymatic method. *Starch*, 72(3–4). <https://doi.org/10.1002/star.201900133>



- Purwitasari, L., Wulanjati, M. P., Pranoto, Y., & Witasari, L. D. 2023. Characterization of porous starch from edible canna (*Canna edulis* Kerr.) produced by enzymatic hydrolysis using thermostable α -amylase. Food Chemistry Advances, 2. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100152>
- Subroto, E., Cahyana, Y., Indiarso, R., & Rahmah, T. A. 2023. Modification of starches and flours by acetylation and its dual modifications: a review of impact on physicochemical properties and their applications. Polymers, 15(14): 2990. <https://doi.org/10.3390/polym15142990>
- Sudheesh, C., Sunooj, K. V., Navaf, M., Akhila, P. P., Aaliya, B., Mounir, S., Sinha, S. K., Kumar, S., Sajeevkumar, V. A., & George, J. 2023. An efficient approach for improving granular cold water soluble starch properties using energetic neutral atoms treatment and NaOH/urea solution. Food Hydrocolloids, 141, 108723. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108723>
- Sulistiyana, E., & Handayani, M. N. 2021. Aplikasi edible coating pati buah sukun (*Artocarpus Altilis*) pada buah belimbing (*Averrhoa carambola* L). EDUFORTECH, 6(1). <https://doi.org/10.17509/edufortech.v6i1.33376>
- Sumardiono, S., Putri, A. W. Z., Jos, B., & Pudjihastuti, I. 2019. Effect of modification processes on cassava starch: physicochemical properties and expansion ability of coated penute. Journal of Physics: Conference Series, 1295(1), 012078. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1295/1/012078>
- Witasari, L. D., Nisrina, S., Yani, A. I. T., Heryadi, A. A., & Pranoto, Y. 2024. Characterization of porous starch produced from arrowroot (*Maranta arundinacea* L.) by enzymatic hydrolysis with α -amylase and glucoamylase. Carbohydrate Polymer Technologies and Applications, 7. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2024.100445>
- Zhang, J., Tao, L., Yang, S., Li, Y., Wu, Q., Song, S., & Yu, L. 2024. Water absorption behavior of starch: A review of its determination methods, influencing factors, directional modification, and food applications. Trends in Food Science & Technology, 144: 104321. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104321>
- Zhang, S., Wang, L., Wang, Q., Wang, Y., Wang, L., & Du, R. 2024. Effects of different types of starch on physicochemical properties and microstructure of beef during cold storage. Foods, 13(17): 2767. <https://doi.org/10.3390/foods13172767>