

PENGARUH MODIFIKASI METODE KOMBINASI ASAM DAN HEAT MOISTURE TREATMENT TERHADAP FRAKSI PATI TALAS BENENG (*Xanthosoma undipes*)

Effect of Combined Acid Modification and Heat Moisture Treatment on the Starch Fractions of Beneng Taro (Xanthosoma undipes)

Nurul Annazhifah*, Ratu Reni Budiyanthi

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia 42163

*email : nurul.annazhifah@untirta.ac.id

ABSTRAK

Metode asam dan Heat Moisture Treatment (HMT) merupakan salah satu kombinasi metode yang dikembangkan dalam modifikasi pati, terutama untuk memperbaiki sifat fungsional pati alami. Salah satu jenis pati yang sudah banyak dimanfaatkan adalah pati talas beneng yang merupakan jenis umbi lokal dari provinsi Banten Indonesia. Namun, pati talas beneng masih memiliki beberapa keterbatasan, termasuk stabilitasnya yang rendah saat diaplikasikan pada produk pangan tertentu. Keterbatasan ini mengakibatkan aplikasi pati talas beneng di industri pangan relatif terbatas, sehingga diperlukan modifikasi untuk memperbaiki karakteristiknya. Saat ini, informasi mengenai pengaruh kombinasi hidrolisis asam organik dan HMT terhadap fraksi pati talas beneng masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan komposisi fraksi pati talas beneng yang dimodifikasi menggunakan kombinasi metode pengaruh jenis asam organik pada konsentrasi 0.2 M dan HMT pada suhu 110°C terhadap pati talas beneng (*Xanthosoma undipes*). Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan, yaitu pati alami (P0), modifikasi asam sitrat-HMT (P1), asam asetat-HMT (P2), dan asam laktat-HMT (P3). Parameter yang dianalisis meliputi kadar pati, kadar amilosa, dan kadar amilopektin. Metode kombinasi asam dan HMT memberikan pengaruh nyata ($p < 0.05$) terhadap seluruh parameter yang diamati. Kadar pati dan amilosa pati modifikasi cenderung menurun dibanding pati alaminya (P0). Sebaliknya, kadar amilopektin meningkat pada perlakuan P1, tetapi menurun secara signifikan pada perlakuan P2 dan P3. Perbedaan karakteristik pati antar perlakuan menunjukkan bahwa jenis asam memberikan mekanisme modifikasi yang berbeda terhadap karakteristik dan fraksi komposisi pati yang dihasilkan.

Kata kunci: asam organik, Heat Moisture Treatment (HMT), modifikasi, pati talas beneng

ABSTRACT

Acid method and Heat Moisture Treatment (HMT) are a combination of techniques developed for starch modification, particularly to enhance the functional properties of natural starch. One type of starch that has been widely utilized is beneng taro starch, which is derived from a local tuber species native to Banten Province, Indonesia. However, talas beneng starch still has several limitations, including low stability when applied to certain food products. These limitations result in relatively limited applications of beneng taro starch in the food industry, making modification necessary to improve its characteristics. Currently, information regarding the effect of combining organic acid hydrolysis and HMT on beneng taro starch fractions remains limited. This study aimed to determine the composition of beneng taro starch fractions modified using a combination of organic acids at a concentration of 0.2 M and HMT at 110°C on beneng taro starch (*Xanthosoma undipes*). This study employed a completely randomized design (CRD) with four treatments: natural starch (P0), citric

acid-HMT modification (P1), acetic acid-HMT (P2), and lactic acid-HMT (P3). The parameters analyzed included starch content, amylose content, and amylopectin content. The combination of acid and HMT had a significant effect ($p < 0.05$) on all observed parameters. The starch and amylose content of the modified starch decreased compared to that of the natural starch (P0). In contrast, the amylopectin content increased in the P1 treatment but decreased significantly in the P2 and P3 treatments. The differences in starch characteristics among the treatments indicated that the type of acid resulted the different modification mechanisms that affect the characteristics and structure of the starch granules.

Keyword: organic acid, Heat Moisture Treatment, modification, beneng taro starch

PENDAHULUAN

Pati tergolong polisakarida yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam industri pangan karena sifat fungsionalnya, antara lain sebagai pengental, pembentuk gel, penstabil emulsi, dan pengikat air. Saat ini, pati juga banyak diaplikasikan pada produk pangan fungsional, bahan baku dalam pembuatan kemasan *biodegradable*, serta berbagai produk farmasi dan kosmetik. Sifat fungsional pati salah satunya dipengaruhi oleh amilosa dan amilopektin. Amilosa adalah polisakarida linier yang terdiri dari unit glukosa yang dihubungkan oleh ikatan α -(1 $\rightarrow$ 4), sedangkan amilopektin memiliki struktur bercabang yang terbentuk oleh ikatan α -(1 $\rightarrow$ 4) dan α -(1 $\rightarrow$ 6). Perbandingan kedua komponen ini menentukan sifat fisikokimia pati, seperti suhu gelatinisasi, viskositas, kapasitas pembengkakan, retrogradasi, stabilitas penyimpanan, dan kemudahan pati tersebut dicerna oleh enzim pencernaan (Faridah *et al.* 2014). Oleh karena itu, perubahan komposisi dan struktur amilosa dan amilopektin dapat memengaruhi kualitas

dan potensi aplikasi pati dalam industri pangan.

Talas beneng (*Xanthosoma undipes*) merupakan salah satu tanaman umbi-umbian yang berasal dari Provinsi Banten dengan kandungan pati yang relatif tinggi (Naibaho *et al.*, 2009). Selain mudah dibudidayakan, talas beneng juga diketahui berpotensi sebagai bahan pangan alternatif yang dapat mendukung diversifikasi pangan nasional. Namun, pati talas beneng masih memiliki beberapa keterbatasan, termasuk stabilitas yang rendah terhadap perlakuan panas dan gesekan mekanis, kecenderungan untuk mengalami retrogradasi selama penyimpanan, serta sifat fungsional yang belum sesuai untuk aplikasi pangan tertentu. Oleh sebab itu, modifikasi pati diperlukan untuk memperluas aplikasinya pada produk pangan olahan (Fetriyuna *et al.*, 2016; Aryanti *et al.*, 2017)

Pati modifikasi merupakan pati yang gugus hidroksilnya dirubah akibat reaksi fisik, kimia, atau pun enzimatik sehingga merubah struktur asalnya (Suarti, 2024). Saat ini, berbagai metode modifikasi telah dikembangkan, termasuk modifikasi fisik,

kimia, modifikasi enzimatis, serta kombinasi dari metode-metode tersebut. Salah satu metode modifikasi fisik yang banyak digunakan adalah *Heat Moisture Treatment* (HMT) (Fetriyuna *et al.*, 2016). HMT merupakan perlakuan panas yang dilakukan pada kadar air yang terkendali (biasanya di bawah 35%) dan pada suhu di atas suhu transisi kaca tetapi di bawah suhu gelatinisasi (80-120°C) (Suarti, 2024). Perlakuan ini mendorong perubahan struktur molekul pati (Fetriyuna *et al.*, 2017) dengan merestrukturisasi ikatan hidrogen antar rantai polisakarida (Zavareze & Dias, 2011). Perubahan ini diketahui dapat meningkatkan stabilitas termal, mengubah karakteristik gelatinisasi, meningkatkan stabilitas pasta, dan memengaruhi struktur kristal pati (Hoover, 2010). Namun, keefektifan HMT sangat dipengaruhi oleh jenis pati, kadar air, suhu, dan durasi perlakuan. Oleh karena itu, reaksi yang dihasilkan dapat bervariasi tergantung pada sumber pati.

Selain modifikasi fisik, modifikasi kimia melalui hidrolisis dengan asam organik merupakan metode lain yang sudah banyak diteliti (If'ail *et al.*, 2019). Granula pati memiliki lapisan kristalin yang sebagian besar tersusun oleh rantai pendek amilopektin berbentuk heliks ganda, sedangkan daerah amorf mengandung molekul amilosa dan titik percabangan amilopektin (Tester *et al.*, 2004). Oleh karena itu, hidrolisis asam pertama kali menyerang daerah amorf

sehingga molekul amilosa menjadi salah satu komponen yang paling awal mengalami perubahan. Hidrolisis asam terjadi melalui pemutusan ikatan glikosidik di daerah amorf butiran pati, yang mengakibatkan perubahan pada berat molekul dan distribusi panjang rantai polisakarida (Hoover, 2001). Asam organik lebih banyak digunakan karena relatif lebih aman, lebih ramah lingkungan, dan lebih mudah diterapkan dalam industri pangan dibandingkan dengan asam kuat dan asam anorganik. Masing-masing asam organik memiliki sifat kimia yang berbeda-beda, sehingga mekanisme modifikasi yang dihasilkan juga berbeda.

Asam sitrat merupakan asam trikarboksilat, tidak hanya mampu menghidrolisis, tetapi juga membentuk ikatan ester (ikatan silang) dengan gugus hidroksil pati selama pemanasan, sehingga meningkatkan stabilitas struktur molekulnya (Reddy & Yang, 2010). Sebaliknya, asam asetat dan asam laktat menyebabkan depolimerisasi rantai polisakarida tanpa menghasilkan ikatan silang dalam jumlah yang signifikan. Perbedaan sifat kimia ini diperkirakan akan menghasilkan perubahan yang berbeda pada komposisi pati dan karakteristik fungsional dari pati hasil modifikasinya.

Kombinasi metode modifikasi kimia dan fisik telah dikembangkan secara luas, karena mampu menghasilkan perubahan yang lebih kompleks pada sifat pati

dibandingkan dengan penggunaan satu metode saja (Hawari *et al.*, 2021). Kombinasi hidrolisis asam dengan HMT mendorong reorganisasi struktur pati, mengubah distribusi panjang rantai amilosa dan amilopektin, serta memodifikasi karakteristik gelatinisasi, stabilitas termal, dan daya cerna pati (Chung *et al.*, 2009; Singh *et al.*, 2010). Hidrolisis asam yang dilakukan sebelum perlakuan HMT menyebabkan depolimerisasi sebagian daerah amorf, sehingga meningkatkan mobilitas rantai polisakarida selama pemanasan. Selain itu, HMT mendorong pembentukan konformasi molekul baru yang lebih stabil melalui pembentukan ikatan hidrogen antar-rantai. Interaksi kedua mekanisme ini menyebabkan perubahan pada struktur molekul pati yang tidak dapat dicapai oleh salah satu metode saja.

Saat ini, perubahan komposisi komponen pati talas beneng modifikasi dengan kombinasi metode kimia dan fisik belum banyak diteliti. Berdasarkan hal tersebut di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh hidrolisis dengan asam sitrat, asam asetat, dan asam laktat 0,2 M, yang dikombinasikan dengan perlakuan HMT pada suhu 110°C, terhadap kadar pati, kadar amilosa, dan kadar amilopektin pati talas beneng.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati talas beneng (CV. Unni Talas Beneng Indonesia. Bahan kimia yang digunakan meliputi asam sitrat (*food grade*) asam asetat (*food grade*), dan asam laktat (*food grade*) dengan konsentrasi 0,2 M, etanol 96%, akuades, larutan iodin, natrium hidroksida (NaOH), asam asetat glasial.

Alat

Peralatan utama yang digunakan meliputi neraca analitik (Biobase BA2204C, China), spektrofotometer UV-Vis (Thermo Genesys 150), oven (B-ONE IO 125), hot plate, magnetic stirrer, pH meter, sentrifus, ayakan 100 mesh, desikator, vortex mixer, water bath, inkubator, serta peralatan gelas laboratorium seperti gelas beaker, gelas ukur, erlenmeyer, tabung reaksi, pipet volumetrik, mikropipet, labu ukur, dan alat pendukung lainnya.

Metode Penelitian

Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas empat perlakuan, yang terdiri dari P0 = pati native (pati alami tanpa modifikasi); P1 = modifikasi pati menggunakan asam sitrat 0.2 M + HMT 110°C; P2 = modifikasi menggunakan asam asetat 0.2 M + HMT 110°C; P3 = modifikasi menggunakan asam laktat 0.2 M + HMT 110°C. Masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak 2 ulangan.

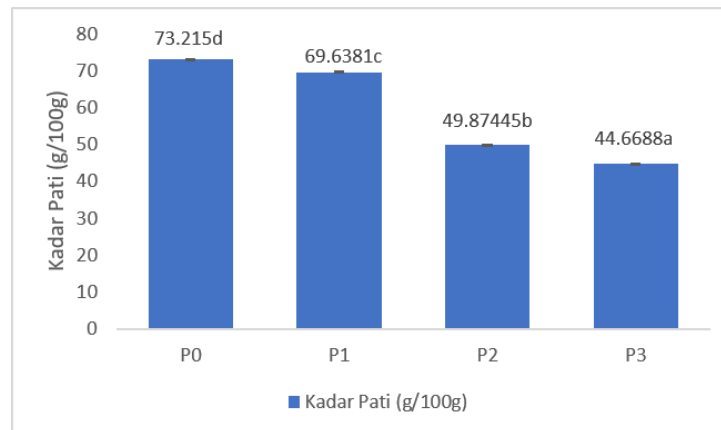
Pati talas beneng terlebih diatur kadar airnya hingga mencapai 30%. Selanjutnya, pati digodok dengan larutan asam organik (asam sitrat, asam asetat, atau asam laktat) konsentrasi 0.2 M dan diinkubasi selama 24 jam. Pati kemudian dinetralkan dengan larutan NaOH dan aquades, untuk kemudian dipanaskan pada suhu 110°C selama 8 jam. Pati kemudian dikeringkan dan diayak ukuran 80 mesh untuk dianalisis kadar pati (AOAC 2007), amilosa (Juliano 1971), dan kadar amilopektin).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Pati

Hasil analisis menunjukkan bahwa modifikasi pati talas beneng menggunakan kombinasi perlakuan asam dan *Heat Moisture Treatment* (HMT) memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar pati (Gambar 1). Kadar pati tertinggi diperoleh pada pati native (P0) sebesar 73,215 g/100 g, dan nilai terendah pada perlakuan asam laktat-HMT (P3) sebesar 44,669 g/100 g (Gambar 1). Kadar pati merupakan jumlah total polisakarida penyusun granula pati yang terdiri atas fraksi amilosa dan amilopektin. Ikatan glikosidik $\alpha(1 \rightarrow 4)$ maupun $\alpha(1 \rightarrow 6)$

pada pati dapat diputus dalam kondisi asam, dimana ikatan $\alpha(1 \rightarrow 4)$ dapat menghasilkan rantai amilosa maupun amilopektin menjadi lebih pendek. Sementara pada glikosidik $\alpha(1 \rightarrow 6)$ terjadi pemutusan titik percabangan yang menyebabkan penataan-ulang dan agregasi pada struktur heliks ganda amilopektin (Wukirsari, *et al.*, 2022). Perlakuan asam menyebabkan terjadinya hidrolisis parsial terhadap ikatan glikosidik $\alpha-1,4$ maupun sebagian ikatan $\alpha-1,6$, terutama pada daerah amorf granula pati yang lebih mudah ditembus oleh molekul air maupun ion hidrogen dibandingkan daerah kristalin (Hoover, 2001). Akibatnya, sebagian molekul pati terdegradasi menjadi dekstrin, oligosakarida, bahkan gula dengan berat molekul lebih rendah yang tidak lagi terukur sebagai pati selama proses analisis. Saat proses HMT, terjadi proses gelatinisasi dan retrogradasi yang juga berkontribusi terhadap fenomena penataan-ulang struktur pati (Wukirsari, *et al.*, 2022) Dapat disimpulkan bahwa penurunan kadar pati setelah proses modifikasi menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan asam-HMT mampu mengubah struktur molekul pati talas beneng secara signifikan.



Gambar 1. Kadar Pati Talas Beneng Modifikasi Kombinasi Metode Asam-HMT

HMT merupakan modifikasi fisik yang dilakukan pada kadar air terbatas (<35%). Perlakuan ini tidak menyebabkan granula mengalami gelatinisasi sempurna, namun cukup untuk meningkatkan mobilitas molekul sehingga terjadi perubahan struktur granula pati (Zavareze & Dias, 2011). Akibatnya, sebagian daerah amorf pada molekul pati mengalami penyusunan ulang, sedangkan bagian yang sebelumnya telah mengalami hidrolisis oleh asam menjadi lebih mudah terfragmentasi. Kombinasi kedua perlakuan tersebut menyebabkan berkurangnya jumlah molekul pati utuh sehingga kadar pati yang terukur menjadi lebih rendah dibandingkan pati alaminya (P0). Chung *et al.* (2009) menjelaskan bahwa perlakuan HMT menyebabkan restrukturisasi molekul pati, sedangkan hidrolisis asam sebelum HMT memperbesar peluang terjadinya pemutusan rantai polisakarida pada daerah amorf sehingga memicu terjadinya penurunan kadar pati pada pati hasil modifikasi.

Perlakuan menggunakan asam sitrat (P1) hanya menurunkan kadar pati sekitar 4,9% dibandingkan pati native, sedangkan perlakuan menggunakan asam asetat (P2) dan asam laktat (P3) menyebabkan penurunan yang jauh lebih besar, masing-masing sekitar 31,9% dan 39,0%. Rendahnya penurunan kadar pati pada pati modifikasi talas beneng pada perlakuan asam sitrat diduga karena asam sitrat tergolong senyawa yang mampu membentuk ikatan silang (*cross-linking*) antar rantai pati. Asam sitrat merupakan asam trikarboksilat yang memiliki tiga gugus karboksil, sehingga pada kondisi pemanasan dapat bereaksi dengan gugus hidroksil pati melalui reaksi esterifikasi dan menghasilkan jembatan penghubung antara molekul pati (Reddy & Yang, 2010). Terbentuknya ikatan silang tersebut meningkatkan kestabilan struktur granula sehingga kehilangan komponen pati akibat degradasi menjadi lebih kecil dibandingkan perlakuan menggunakan asam organik lainnya. Selama HMT

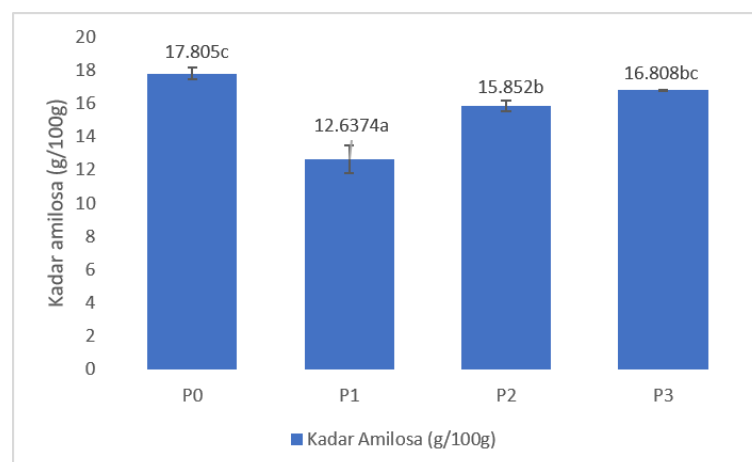
berlangsung, molekul pati yang telah mengalami pembentukan ikatan silang akan mengalami perubahan struktur yang lebih rapat sehingga sebagian besar polisakarida tetap berada di dalam granula. Hal inilah yang diduga menyebabkan kadar pati P1 masih relatif tinggi dibandingkan perlakuan asam lainnya.

Sebaliknya, asam asetat merupakan asam monokarboksilat yang memiliki kemampuan esterifikasi jauh lebih rendah dibandingkan asam sitrat sehingga perlakuan asam-HMT menyebabkan hidrolisis parsial terhadap rantai polisakarida. Hidrolisis tersebut menghasilkan berat molekul pati yang rendah dan lebih mudah larut selama proses pencucian pada saat modifikasi pati. Nilai kadar pati terendah diperoleh pada perlakuan asam laktat (P3). Hasil ini mengindikasikan bahwa kombinasi asam laktat dan HMT memberikan tingkat degradasi molekul pati paling tinggi

dibandingkan dua jenis asam lainnya. Asam laktat diketahui memiliki ukuran molekul relatif kecil serta bersifat lebih mudah berdifusi ke dalam granula pati dibandingkan jenis asam lainnya. Hal ini memicu pemutusan ikatan glikosidik, dan fragmen-fragmen molekul yang telah terdegradasi menjadi semakin mudah terlepas dari granula sehingga terjadi penurunan kadar pati.

Kadar Amilosa

Analisis ragam menunjukkan bahwa kombinasi modifikasi menggunakan asam organik dan Heat Moisture Treatment (HMT) berpengaruh nyata ($p < 0.05$) terhadap kadar amilosa pati. Kadar amilosa tertinggi diperoleh pada pati native (P0), kemudian mengalami penurunan pada seluruh perlakuan modifikasi (Gambar 2). Perlakuan P1 menghasilkan kadar amilosa terendah dibandingkan dengan jenis asam lainnya.



Gambar 2. Kadar Amilosa Pati Talas Beneng Modifikasi Kombinasi Metode Asam-HMT

Granula pati memiliki lapisan kristalin yang sebagian besar tersusun oleh rantai pendek amilopektin berbentuk heliks ganda, sedangkan daerah amorf mengandung molekul amilosa dan titik percabangan amilopektin (Tester *et al.*, 2004). Kombinasi modifikasi asam-HMT pada pati talas beneng tidak hanya memengaruhi jumlah pati total, tetapi juga mengubah proporsi fraksi penyusunnya, salah satunya amilosa. Amilosa merupakan polisakarida linear yang tersusun oleh unit glukosa dengan ikatan α -(1 $\rightarrow$ 4). Hidrolisis menyebabkan pemutusan sebagian ikatan glikosidik sehingga molekul amilosa dengan berat molekul tinggi berubah menjadi fragmen yang lebih pendek (BeMiller, 2019; Chung *et al.*, 2009).

Proses hidrolisis asam cenderung lebih mudah memutus rantai linear amilosa dibandingkan struktur bercabang pada amilopektin, sehingga kadar amilosa yang terukur lebih rendah (Kaur *et al.*, 2012). Selama HMT, rantai amilosa yang masih utuh cenderung membentuk ikatan hidrogen baru dengan rantai lain sehingga terbentuk struktur yang lebih kompak. Sebaliknya, fragmen amilosa yang telah mengalami depolimerisasi akibat hidrolisis asam tidak mampu berasosiasi kembali secara sempurna. Akibat kombinasi kedua mekanisme tersebut, kadar amilosa yang terukur mengalami penurunan dibandingkan pati alaminya.

Penurunan kadar amilosa pada penelitian ini juga mengindikasikan bahwa proses modifikasi pati talas beneng menghasilkan pemutusan rantai linear hingga mencapai panjang rantai yang tidak lagi mampu membentuk kompleks stabil dengan iodine. Metode penentuan amilosa pada umumnya bergantung pada pembentukan kompleks heliks amilosa-iodine. Rantai yang terlalu pendek menghasilkan warna yang lebih lemah sehingga kadar amilosa terukur menjadi lebih rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan asam sitrat (P1) menghasilkan kadar amilosa yang lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Fenomena ini menunjukkan bahwa pengaruh asam sitrat tidak hanya berupa hidrolisis, tetapi juga melibatkan perubahan struktur molekul yang lebih kompleks.

Asam sitrat merupakan asam trikarboksilat yang memiliki tiga gugus karboksil aktif. Pada kondisi pemanasan, terutama selama proses HMT pada suhu 110°C, gugus karboksil tersebut dapat mengalami dehidrasi membentuk anhidrida sitrat yang selanjutnya bereaksi dengan gugus hidroksil pati melalui proses esterifikasi, dimana reaksi ini menghasilkan ikatan silang (*cross-linking*) antar rantai polisakarida (Reddy & Yang, 2010; Shi *et al.*, 2007). Terbentuknya ikatan silang menyebabkan sebagian rantai amilosa tidak lagi berada dalam bentuk linear bebas, melainkan terikat dengan molekul lain

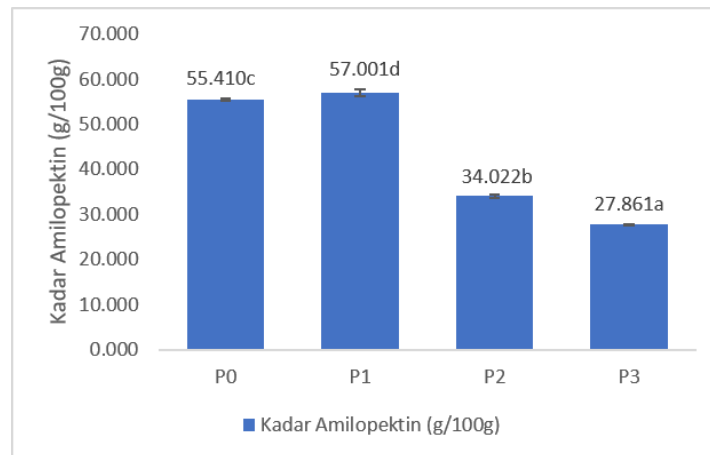
sehingga kemampuan membentuk kompleks dengan iodine berkurang. Di sisi lain, hidrolisis oleh asam sitrat juga diketahui menyebabkan depolimerisasi polisakarida menjadi oligosakarida. Fragmen pendek tersebut tidak mampu membentuk kompleks heliks dengan iodine sehingga nilai amilosa yang diukur semakin menurun. Hasil ini juga terjadi pada perlakuan P2, namun kemampuan esterifikasi asam asetat masih relatif lebih rendah dibandingkan asam sitrat. Dapat dikatakan bahwa turunnya kadar amilosa pada pati modifikasi talas beneng diduga akibat degradasi rantai linear dan pembentukan ikatan silang.

Perlakuan menggunakan asam laktat (P3) menghasilkan kadar amilosa yang tidak berbeda nyata dengan pati native secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi asam laktat dan HMT cenderung mampu mempertahankan sebagian besar fraksi amilosa. Asam laktat memiliki satu gugus hidroksil dan satu gugus karboksil yang memungkinkan terbentuknya interaksi hidrogen dengan rantai pati. Berbeda dengan asam sitrat, kemampuan asam laktat membentuk ikatan silang sangat terbatas.

Dengan kata lain, asam laktat diduga lebih selektif menghidrolisis titik percabangan amilopektin daripada merusak rantai linear amilosa pada pati modifikasi talas beneng dalam penelitian ini. Amilosa dengan berat molekul tinggi berperan penting dalam pembentukan gel, retrogradasi, dan pembentukan kompleks dengan lipid. Penurunan kadar amilosa ini mengakibatkan berkurangnya kecenderungan retrogradasi, sehingga pati Talas Beneng hasil modifikasi berpotensi lebih stabil untuk aplikasi pada produk pangan yang memerlukan tekstur halus dan daya simpan yang lebih Panjang.

Kadar Amilopektin

Hasil analisis menunjukkan bahwa kombinasi modifikasi menggunakan asam organik dan Heat Moisture Treatment (HMT) memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar amilopektin pati, yang menunjukkan bahwa jenis asam memberikan pengaruh berbeda terhadap gugus amilopektin selama proses modifikasi (Gambar 3).



Gambar 3. Kadar Amilopektin Pati Talas Beneng Modifikasi Kombinasi Metode Asam-HMT

Amilopektin merupakan komponen utama penyusun granula pati yang umumnya mencapai 70–80% dari total pati. Struktur amilopektin tersusun atas rantai glukosa dengan ikatan α -(1→4) yang bercabang melalui ikatan α -(1→6) dan bertanggung jawab terhadap terbentuknya daerah kristalin pada granula pati (Tester *et al.*, 2004). Secara umum, hidrolisis asam diketahui lebih mudah menyerang daerah amorf granula, terutama pada titik percabangan amilopektin yang mengandung ikatan α -(1→6). Pemutusan titik percabangan menghasilkan rantai linear yang lebih pendek, sehingga kandungan amilopektin cenderung menurun setelah perlakuan asam (Suga *et al.*, 2019). Hidrolisis asam pada ikatan glikosidik α -(1→6) menyebabkan berkurangnya percabangan pada rantai amilopektin (Wukirsari *et al.*, 2022). Namun demikian, hasil penelitian ini menunjukkan masing-masing jenis asam memberikan respon yang berbeda terhadap kadar amilopektin pati modifikasi talas beneng.

Berdasarkan Kapelko-Žeberska *et al.* (2016), modifikasi menggunakan asam sitrat menghasilkan pembentukan ikatan ester yang meningkatkan stabilitas molekul pati dan menurunkan laju degradasi selama pemanasan. Shi *et al.* (2007) juga menyebutkan bahwa esterifikasi menggunakan asam sitrat mampu mempertahankan struktur polisakarida melalui pembentukan jaringan molekul yang lebih rapat. Berbeda dengan asam sitrat, perlakuan menggunakan asam asetat (P2) menyebabkan kadar amilopektin menurun dibandingkan pati native. Asam asetat hanya memiliki satu gugus karboksil yang menyebabkan kemampuan membentuk ikatan silang sangat terbatas. Selain itu, selama HMT berlangsung, fragmen pendek hasil hidrolisis mengalami perubahan struktur yang lebih sederhana. Kondisi tersebut semakin memperbesar penurunan kandungan amilopektin.

Asam laktat juga memiliki ukuran molekul relatif kecil dengan satu gugus

hidroksil yang meningkatkan sifat kelarutannya dalam air. Sifat tersebut memungkinkan molekul asam berdifusi lebih merata ke dalam granula pati dibandingkan asam sitrat, sehingga hidrolisis berlangsung lebih homogen pada daerah amorf yang mengakibatkan lebih banyak titik percabangan amilopektin yang terputus. Proses ini diduga menyebabkan kadar amilopektin pada P3 menjadi yang terendah.

KESIMPULAN

Setiap jenis asam memiliki mekanisme yang berbeda dalam memodifikasi struktur pati alami talas beneng. Perlakuan P1 memiliki kadar pati dan amilopektin yang relatif tinggi, dan kadar amilosa paling rendah. Hasil penelitian yang diperoleh diduga selama proses modifikasi asam sitrat lebih banyak mempertahankan fraksi amilopektin melalui mekanisme esterifikasi dan pembentukan ikatan silang sehingga meningkatkan kadar amilopektin yang terukur. Sebaliknya, pada perlakuan P2 dan P3 terjadi penurunan kadar pati yang diikuti oleh penurunan amilopektin secara signifikan akibat degradasi molekul amilopektin yang menyusun sebagian besar granula pati selama proses modifikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, atas dukungan pendanaan

penelitian melalui skema hibah dengan nomor kontrak B/706/UN.43.9/PT.01.03/2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Chung, H. J., Liu, Q., Hoover, R., Warkentin, T. D., & Vandenberg, B. 2009. In vitro starch digestibility, expected glycemic index, and thermal and pasting properties of flours from pea, lentil and chickpea cultivars. *Food Chemistry*, 111(2), 316–321.
- Copeland, L., Blazek, J., Salman, H., & Tang, M. C. 2009. Form and functionality of starch. *Food Hydrocolloids*, 23(6), 1527–1534.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.09.016>
- Faridah, D. N., Fardiaz, D., Andarwulan, N., & Sunarti, T. C. 2014. Karakteristik sifat fisikokimia pati garut (*Maranta arundinacea*). *Agritech*, 34(1), 14–21.
<https://doi.org/10.22146/agritech.9517>
- Fetriyuna, F., Marsetio, M., & Pratiwi, R. L. 2016. Pengaruh lama modifikasi *heat-moisture treatment* (HMT) terhadap sifat fungsional dan sifat amilografi pati talas Banten (*Xanthosoma undipes* K. Koch). *Jurnal Penelitian Pangan (Indonesian Journal of Food Research)*, 1(1), 44–50.
- Fetriyuna, F., Mardawati, E., & Dwiayanti, R. 2017. Pengaruh suhu modifikasi *steam pressure treatment* terhadap sifat fungsional dan amilografi pati talas Banten (*Xanthosoma undipes* K. Koch). *Jurnal Penelitian Pangan (Indonesian Journal of Food Research)*, 2(1), 25–31.

- Gallant, D. J., Bouchet, B., & Pérez, S. 1992. Physical characteristics of starch granules and susceptibility to enzymatic degradation. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46(Suppl. 2), S3–S16.
- If'all, Hasanuddin, A., Rahim, A., & Kadir, S. 2019. Modifikasi pati secara asetilasi terhadap gugus fungsi asetil dan kristalinitas pati ubi Banggai asetat. *Rekayasa*, 12(2), 135–140. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v12i2.5857>
- Hoover, R. 2001. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: A review. *Carbohydrate Polymers*, 45(3), 253–267.
- 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>
- Kapelko-Żeberska, M., Buksa, K., Gryszkin, A., & Zieba, T. (2016). The effect of citric acid modification on the physicochemical properties of starches from different botanical origins. *Journal of Food Science and Technology*, 53, 3065–3074.
- Pérez, S., & Bertoft, E. (2010). The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: A comprehensive review. *Starch/Stärke*, 62(8), 389–420. <https://doi.org/10.1002/star.201000013>
- Reddy, N., & Yang, Y. (2010). Citric acid cross-linking of starch films. *Food Chemistry*, 118(3), 702–711.
- Shi, R., Bi, J., Zhang, Z., Zhu, A., Chen, D., Zhou, X., Zhang, L., & Tian, W. (2007). The effect of citric acid on the structural properties and biodegradability of starch films. *Carbohydrate Polymers*, 69(4), 748–755.
- Singh, J., Kaur, L., & McCarthy, O. J. (2007). Factors influencing the physicochemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications—A review. *Food Hydrocolloids*, 21(1), 1–22.
- Singh, N., Kaur, L., Sandhu, K. S., Kaur, J., & Nishinari, K. (2010). Relationships between physicochemical, morphological, thermal, rheological properties and *in vitro* digestibility of starches from different botanical sources: A review. *Food Chemistry*, 81, 219–231.
- Srichuwong, S., Sunarti, T. C., Mishima, T., Isono, N., & Hisamatsu, M. (2005). Starches from different botanical sources: Contribution of amylopectin fine structure to thermal properties and enzyme digestibility. *Carbohydrate Polymers*, 60(4), 529–538.
- Suarti, B. 2024. *Pati Modifikasi dan Aplikasinya*. Medan: UMSU Press
- Tester, R. F., Karkalas, J., & Qi, X. (2004). Starch—Composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science*, 39(2), 151–165. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2003.12.001>
- Wang, L., Xie, B., Shi, J., Xue, S., Deng, Q., Wei, Y., & Tian, B. (2010). Physicochemical properties and structure of starches from Chinese rice cultivars. *Food Hydrocolloids*, 24(2–3), 208–216.

Wukirsari, T., Saepudin, E., Hanafiah, I.P.
2022. Sifat fisikokimia pati tahan
cerna hasil hidrolisis asam dan heat
moisture treatment pada pati
maizena. *Jurnal Agritechno*, 15(01),
37-43.
<https://doi.org/10.20956/at.v14i2.47>
4

Zavareze, E. R., & Dias, A. R. G. (2011).
Impact of heat-moisture treatment
and annealing on starches: A
review. *Carbohydrate Polymers*,
83(2), 317–328.