

Kombinasi Fermentasi Bakteri Asam Laktat dan Pemanasan Bertekanan-Pendinginan dalam Pembentukan Pati Resisten Tepung Talas Beneng (*Xanthosoma undipes* K. Koch)

(Combination of Lactic Acid Bacteria Fermentation and Autoclaving-Cooling in the Formation of Resistant Starch Talas Beneng Flour (*Xanthosoma undipes* K. Koch))

Ilham Faozi*, Karseno, Isti Handayani

(Diterima November 2022/Disetujui Februari 2023)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh bakteri asam laktat, waktu fermentasi, dan siklus pemanasan bertekanan-pendinginan pada pembentukan kadar pati resisten tepung talas beneng (*Xanthosoma undipes* K. Koch). Materi yang digunakan adalah umbi talas, isolat bakteri asam laktat *Lactobacillus casei* dan *Streptococcus thermophilus*, dan media MRSB. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok faktorial dengan dua faktor, yaitu waktu fermentasi (0, 18, 24 jam) dan pemanasan bertekanan-pendinginan (1, 2, dan 3-siklus) dengan 3 ulangan. Parameter uji meliputi kadar pati resisten, amilosa, dan amilopektin. Data dianalisis dengan menggunakan analisis ragam dan bila perlu dilanjutkan dengan *Duncan's Multiple Range Test* pada taraf 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi bakteri asam laktat *L. casei* dan *S. thermophilus* menghasilkan kadar pati resisten tertinggi, yakni 5,66%. Fermentasi 18 dan 24 jam menghasilkan kadar pati resisten masing-masing 4,46% dan 4,51%. Pemanasan bertekanan-pendinginan satu, dua, dan tiga siklus menghasilkan kadar pati resisten tipe yang sama, masing-masing 3,81%, 4,26%, dan 4,16%. Kombinasi *L. casei* dan *S. thermophilus* dengan waktu fermentasi 18 jam dan pemanasan bertekanan-pendinginan satu-siklus dapat dipilih untuk memproduksi kadar pati resisten tepung talas beneng.

Kata kunci: fermentasi, pemanasan bertekanan-pendinginan, pati resisten, talas beneng, *Xanthosoma undipes* K. Koch

ABSTRACT

The study aimed to determine the effect of lactic acid bacteria, fermentation time, and pressurized heating-cooling cycle on the formation of resistant starch content of *beneng taro* (*Xanthosoma undipes* K. Koch) flour. The materials used were *beneng* corm, isolates of lactic acid bacteria *Lactobacillus casei* and *Streptococcus thermophilus*, and MRSB media. The experimental design was randomized block design factorial with two factors: fermentation time (0, 18, and 24 hours) and pressurized-cooling heating (1, 2, and 3- cycles) in 3 replicates. The data were analyzed using analysis of variance and if necessary continued with *Duncan's Multiple Range Test* at a level of 95%. The tested parameters were the content of resistant starch, amylose, and amylopectin and the data were treated using variance of analysis. The results showed that the combination of *L. casei* and *S. thermophilus* produced the highest resistant starch content of 5.66%. Fermentation time of 18 and 24 hours produced resistant starch content of 4.46% and 4.51%, respectively. Autoclaving-cooling of 1-, 2-, and 3-cycle produced a similar type of resistant starch of 3.81%, 4.26%, and 4.16%, respectively. Therefore, the combination of *L. casei* and *S. thermophilus* fermented in 18 hours and 1-cycle of autoclaving-cooling is recommended to produce resistant *beneng taro* flour starch content.

Keywords: fermentation, autoclaving-cooling, resistant starch, taro *beneng*, *Xanthosoma undipes* K. Koch

PENDAHULUAN

Talas beneng (*Xanthosoma undipes* K. Koch) merupakan talas lokal asal Banten yang potensial untuk

dikembangkan secara ekonomi. Talas beneng basah dan kering saat ini sudah mulai dilirik oleh pasar internasional dengan ekspornya mencapai 470 ton dan pasar lokal 53 ton setiap bulan selama tahun 2019 (BPTP 2020). Pada tahun 2018, nilai pasar produk olahan pati resisten mencapai Rp8,5 triliun dan diprediksi akan meningkat hingga Rp12,73 triliun, atau naik 6,1% untuk tahun 2019–2025 (Kiran & Mukherjee 2018). Talas beneng memiliki kadar total pati 77,73%, amilosa

Program Studi Ilmu Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Dr. Soeparno No 61, Purwokerto 53123

* Penulis Korespondensi: Email: ilhamfaozi97@gmail.com

12,45%, amilopektin 66,56%, dan serat pangan 7,23% (Tegar 2010). Nilai pasar dan komponen pangan talas beneng yang potensial dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi produk fungsional.

Pati resisten merupakan bagian dari pati yang tidak bisa dicerna oleh usus kecil sehingga menjadi sumber prebiotik bagi bakteri di dalam usus besar (Bojarczuk *et al.* 2022). Pati resisten pada dasarnya sudah tersedia secara alami, tetapi hanya tersedia dalam jumlah sedikit dan cenderung tidak stabil. Pati resisten yang dihasilkan dari proses pemanasan bertekanan-pendinginan diketahui mampu menghasilkan kadar pati resisten serta tahan terhadap proses produksi pangan (Rosida *et al.* 2015). Penelitian Zheng *et al.* (2020) menjelaskan bahwa pemanasan bertekanan-pendinginan dari 3 sampai 5 siklus pada tepung beras meningkatkan pati resisten 16,14–17,8%, tetapi pada penelitian Herawati *et al.* (2020), perlakuan yang sama bahkan menurunkan hasil dari 42% menjadi 40%. Hal ini menandakan perlunya perlakuan tambahan agar mampu mengefisienkan jumlah siklus pemanasan bertekanan-pendinginan yang memberikan hasil signifikan.

Penggunaan bakteri asam laktat (BAL) secara fermentasi mampu menghidrolisis rantai amilosa dengan enzim alfa amilase dan rantai percabangan amilopektin dengan enzim pululanase, menghasilkan rantai sederhana amilosa dan amilopektin yang mempermudah dalam pembentukan pati resisten saat proses pemanasan bertekanan-pendinginan (Laksmi *et al.* 2012, Nurhayati *et al.* 2014). *L. casei* mampu meningkatkan kandungan pati resisten tepung beras hingga 7,58% selama fermentasi 24 jam (Li *et al.* 2018). Distribusi percabangan amilopektin (derajat polimerisasi, DP 25–36) dalam gandum sebesar 26,24% mampu dihidrolisis oleh *S. thermophilus* menjadi 15,64%, sedangkan percabangan (DP >37) sebesar 11,14% amilopektin terhidrolisis menjadi 10,25%. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh bakteri asam laktat, waktu fermentasi, dan siklus pemanasan bertekanan-pendinginan pada pembentukan kadar pati resisten tepung talas beneng.

METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian di Laboratorium Teknologi Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto dan Laboratorium Chem-Mix Pratama Yogyakarta, pada bulan Juni–September 2022.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah talas beneng yang diperoleh dari Kaligondang, Purbalingga. BAL *L. bulgaricus*, *L. casei*, dan *S. thermophilus* diperoleh dari LIPI Bogor.

Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok faktorial, dengan perlakuan yang digunakan ialah waktu fermentasi terdiri atas dua taraf (C0 = 0 jam, C1 = 18 jam, dan C2 = 24 jam) dan perlakuan pemanasan bertekanan-pendinginan terdiri atas tiga taraf (D1 = pemanasan bertekanan-pendinginan satu siklus, D2 = pemanasan bertekanan-pendinginan dua siklus, dan D3 = Pemanasan bertekanan-pendinginan tiga siklus). Perlakuan diulang 3 kali sehingga diperoleh 27 unit percobaan. Perlakuan pemanasan bertekanan dengan autoklaf (121°C, 15 menit) dan pendinginan dalam refrigerator (8°C, 24 jam).

Analisis Data

Data dianalisis dengan menggunakan analisis ragam (Anova) dan jika berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* pada taraf 95%.

Prosedur Analisis Komponen Pati

• Penetapan kadar pati resisten (Englyst *et al.* 1992)

Tepung talas beneng (1 g) dicuci dengan etanol 80% dengan cara memasukkan sampel ke dalam tabung setrifus, selanjutnya disentrifugasi pada kecepatan 554 rpm g selama 10 menit dan perlakuan diulang sebanyak dua kali. Bufer natrium asetat (0,1 M pH 5,2) ditambahkan sebanyak 2 mL, selanjutnya dididihkan dalam penangas air selama 30 menit. Sampel didinginkan dan ditambahkan 0,5 mL larutan enzim yang mengandung ekstrak pankreatin dan amiloglukosidase. Larutan enzim disiapkan dengan cara mensuspensikan 3 g pankreatin (Sigma Cat No. P7545) ke dalam 20 ml air deionisasi, selanjutnya diaduk selama 10 menit pada suhu ruang dan disentrifugasi pada 554 rpm (rotasi per menit) selama 10 menit. Ke dalam 13,5 mL supernatan pankreatin ditambahkan amiloglukosidase 210 U (Sigma Cat. No A7095) dan 1,25 mL air deionisasi. Selanjutnya sampel diinkubasi dalam inkubator bergoyang pada 37°C selama 20 menit untuk menentukan kadar pati cepat-cerna dan 120 menit untuk pati lambat-cerna. Kadar glukosa yang terkandung dalam sampel diukur dengan metode DNS.

RDS (*Rapidly digestible starch*) dianalisis dengan mengambil sampel pada menit ke-20 dan SDS pada menit ke-120, masing masing dengan mengambil 1 mL sampel yang ditambah reagen DNS 2 mL. Setelah itu campuran dipanaskan dalam penangas air mendidih selama 10 menit, lalu didinginkan pada suhu ruang. Sampel diencerkan dengan menambahkan 10 mL akuades dan diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm.

$$\text{Pati resisten} = \frac{\text{Absorbans sampel} \left(\frac{\text{mg}}{\text{mL}}\right)}{\text{Bobot sampel (mg)}} \times \text{fp} \times 100 \times 0,9$$

Keterangan:

fp = Faktor pengenceran

- **Penetapan total pati (Sani *et al.* 2014)**

Sebanyak 1 g sampel tepung dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, ditambahkan 100 mL etanol 80% dan diaduk selama 1 jam untuk menghilangkan gula sederhana. Suspensi tersebut disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan air sampai volume filtrat 100 mL. Filtrat mengandung karbohidrat-terlarut dan dibuang. Residu yang terdapat pada kertas saring dicuci 5 kali dengan 10 mL eter untuk menghilangkan lemak. Eter dibiarkan menguap dari residu, kemudian dicuci kembali dengan 150 mL alkohol 10% untuk membebaskan lebih lanjut karbohidrat yang terlarut.

Sebanyak 0,5 g sampel bebas lemak dan gula sederhana ditambahkan 50 mL akuades dan 5 mL HCl 25% (hidrolisis asam). Erlenmeyer ditutup dan dipanaskan pada penangas air pada suhu 100°C selama 2,5 jam. Setelah dingin, larutan dinetralkan dengan NaOH 25%, disaring, dan ditepatkan volumenya hingga 100 mL dengan akuades.

Sebanyak 1 mL sampel yang dihidrolisis dengan asam dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 3 mL reagen DNS. Setelah itu campuran dipanaskan pada penangas air mendidih selama 5 menit lalu didinginkan pada suhu ruang. Sampel kemudian diencerkan dengan menambahkan 10 mL akuades dan kadar total pati ditetapkan dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm.

$$\text{Kadar total pati} = \frac{\text{Kadar glukosa} \left(\frac{\text{mg}}{\text{mL}}\right)}{\text{Bobot sampel} (\text{mg})} \times \text{fp} \times 100\% \times 0,9$$

- **Penetapan kadar amilosa dan amilopektin (Apriyanto *et al.* 1989)**

Sebanyak 100 mg sampel tepung dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL kemudian ditambahkan 1 mL etanol 95% dan 9 mL larutan NaOH 1 N. Labu takar lalu dipanaskan dalam penangas air pada suhu 95 °C selama 10 menit. Setelah dingin, larutan gel pati ditambahkan akuades sampai tanda tera dan dihomogenkan. Dipipet 5 mL larutan gel tepung, dipindahkan ke dalam labu takar 100 mL, dan ditambahkan 1 mL larutan asam asetat 1 N dan 2 mL larutan iodin, lalu ditera dengan akuades. Larutan dibiarkan selama 20 menit, lalu diukur absorbansnya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 625 nm.

$$\text{Kadar amilosa (\%)} = \frac{A \times \text{fp} \times V}{W} \times 100\%$$

$$\text{Kadar amilopektin (\%)} = \% \text{ kadar pati} - \% \text{ kadar amilosa}$$

Keterangan:

A = Konsentrasi amilosa dari kurva standar (mg/mL)

fp = Faktor pengenceran

V = Volume awal (mL)

W = Bobot awal (mg)

Penyiapan serpih talas

Umbi talas beneng berumur ± 1 tahun dicuci bersih untuk menghilangkan kotoran. Selanjutnya talas dikupas dan diiris tipis setebal ± 5 mm. Irisan talas (serpih) direndam dengan NaCl 1% selama 1 jam, selanjutnya serpih dibilas dengan air bersih dan ditiriskan.

Penyiapan kultur kerja

Kultur bakteri *L. casei* dan *S. thermophilus* dalam eppendorf divorteks hingga merata. Kultur stok diambil sebanyak 2%, dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 10 mL MRSB steril. Kultur BAL diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C untuk perlakuan fermentasi selanjutnya,

Fermentasi dan pemanasan bertekanan-pendinginan

Fermentasi dilakukan dengan merendam serpih dalam air 1:2 (b/v). Selanjutnya ditambahkan kultur kerja bakteri terpilih 2% dari total volume air perendaman serpih dan difermentasi selama 24 jam pada suhu 28°C. Setelah fermentasi, air dibuang dan serpih ditambah air 1:2 (b/v) untuk proses pemanasan bertekanan (autoklaf 121°C, 15 menit) dan pendinginan (refrigerator 8°C, 24 jam) dengan sesuai perlakuan (1, 2, atau 3 siklus). Semua sampel dikeringkan dalam *cabinet dryer* (55°C, 16 jam). Serpih kering ditepungkan dengan blender dan diayak dengan ayakan 60 mesh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Pati Resisten

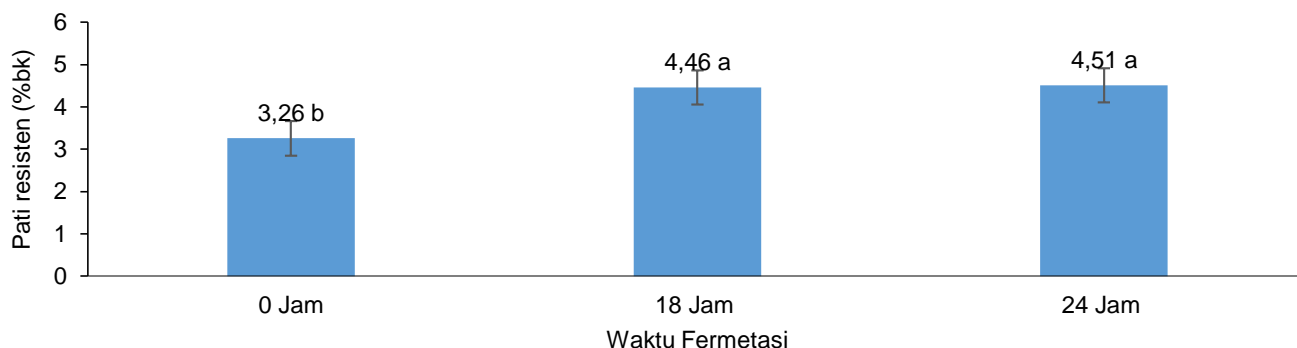
Perlakuan waktu fermentasi 0 jam berbeda nyata dengan waktu fermentasi 18 dan 24 jam, yaitu kadar pati resisten 26,9% (Gambar 1). Bakteri *L. casei* dan *S. thermophilus* saling bersinergi untuk menghidrolisis pati talas beneng dengan menghasilkan enzim alfa amilase yang memotong rantai lurus amilosa dan enzim pululanase yang memotong percabangan amilopektin. Proses ini menghasilkan ikatan amilosa dan amilopektin yang lebih sederhana dan kuat yang mempermudah dalam pembentukan ikatan berpilin membentuk pati resisten. Narita *et al.* (2006) menjelaskan bahwa *L. casei* memiliki aktivitas amilase sebesar 0,93 U/mL. Nurhayati *et al.* (2014) menambahkan bahwa bakteri tersebut mampu meningkatkan kandungan pati resisten tepung beras hingga 7,58% selama 24 jam dengan satu siklus pemanasan bertekanan-pendinginan. Li *et al.* (2018) melaporkan distribusi percabangan amilopektin (DP 25–36) pada gandum sebesar 26,24% mampu dihidrolisis oleh pululanase dari *S. thermophilus* menjadi 15,64%, sedangkan percabangan (DP >37) distribusi sebesar 11,14% terhidrolisis menjadi 10,25%.

Perlakuan pemanasan bertekanan-pendinginan satu,

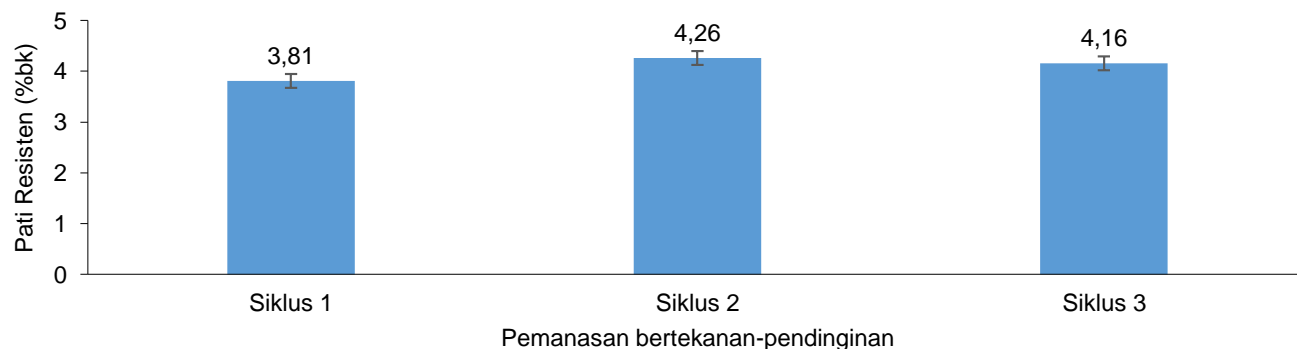
dua, dan tiga siklus tidak nyata memengaruhi kadar pati resisten, yakni 3,81%–4,26% (Gambar 2). Hal ini diduga bahwa satu siklus pemanasan bertekanan-pendinginan telah membentuk pati resisten yang maksimum. Perlakuan siklus yang ditambahkan cenderung tidak nyata meningkatkan bahkan dapat menurunkan pati resisten. Herawati *et al.* (2020) menemukan bahwa pada umbi takka tidak ada peningkatan nyata antara satu sampai lima siklus pemanasan bertekanan-pendinginan. Pati resisten tidak terbentuk lagi karena pemanasan

bertekanan-pendinginan menghasilkan rantai amilosa dan amilopektin yang terlalu pendek (DP di bawah 6–12) untuk menghasilkan ikatan ganda berpilin yang masih dapat dihidrolisis (Lehmann & Robin 2007).

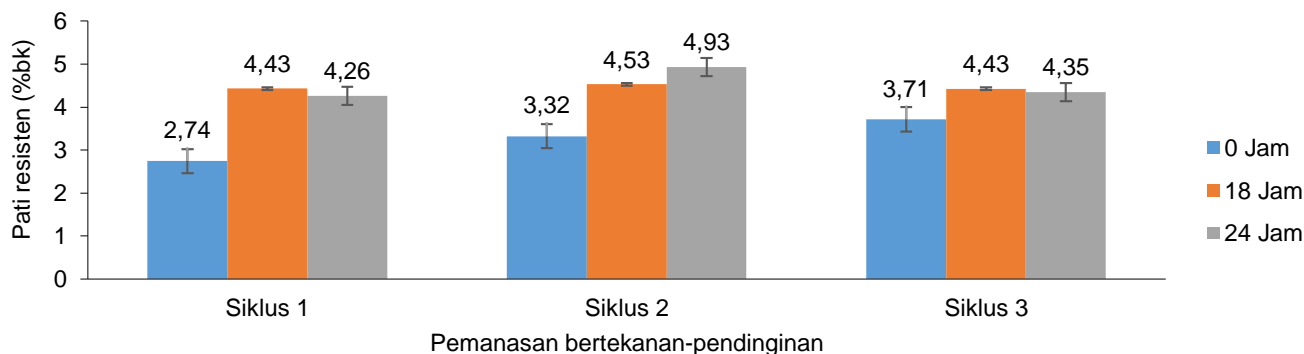
Interaksi perlakuan fermentasi (0, 18, dan 24 jam) dan pemanasan bertekanan-pendinginan (1, 2, dan 3 siklus) tidak nyata memengaruhi kadar pati resisten., yaitu dalam kisaran 2,74%–4,93% (Gambar 3). Interaksi yang tidak berbeda nyata diduga karena perlakuan satu siklus pemanasan bertekanan-pendinginan dengan fermentasi



Gambar 1 Perlakuan waktu fermentasi terhadap kadar pati resisten. Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji banding ganda signifikansi $\alpha = 5\%$.



Gambar 2 Perlakuan siklus pemanasan bertekanan-pendinginan terhadap pati resisten.



Gambar 3 Interaksi waktu fermentasi dan pemanasan bertekanan-pendinginan pati resisten.

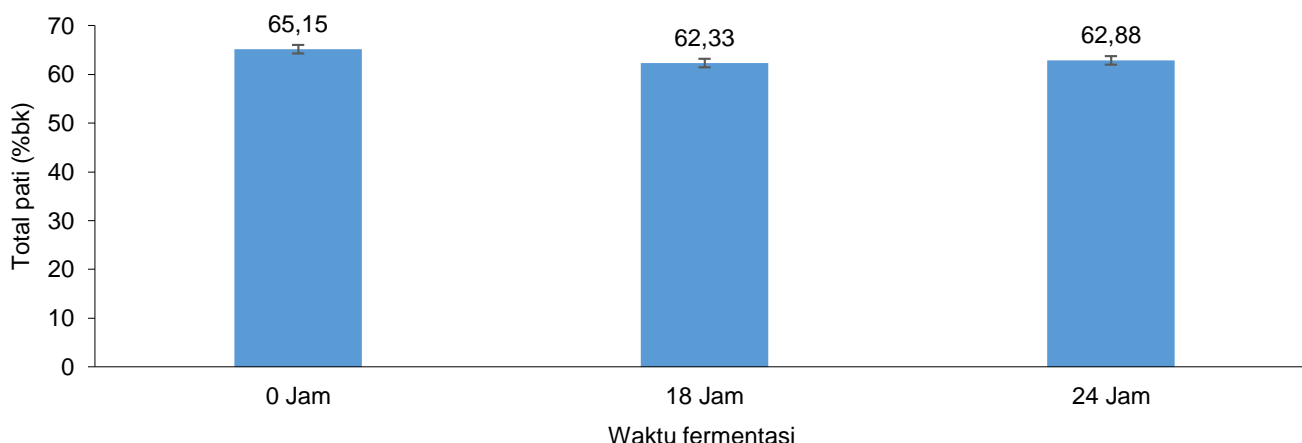
telah membentuk pati resisten secara maksimum. Rantai sederhana amilosa dan amilopektin yang dihasilkan dari proses fermentasi mempermudah pembentukan pati resisten pada saat proses pemanasan bertekanan-pendinginan satu siklus. Setiarto (2015) menjelaskan bahwa pati resisten talas bogor dengan pemanasan bertekanan-pendinginan dua siklus (11,15%) tidak berbeda nyata dengan fermentasi dan pemanasan-bertekanan pendinginan satu siklus (11,45%), yang menandakan bahwa perlakuan kombinasi perlakuan tersebut mampu memaksimumkan pembentukan pati resisten.

Kadar Total Pati

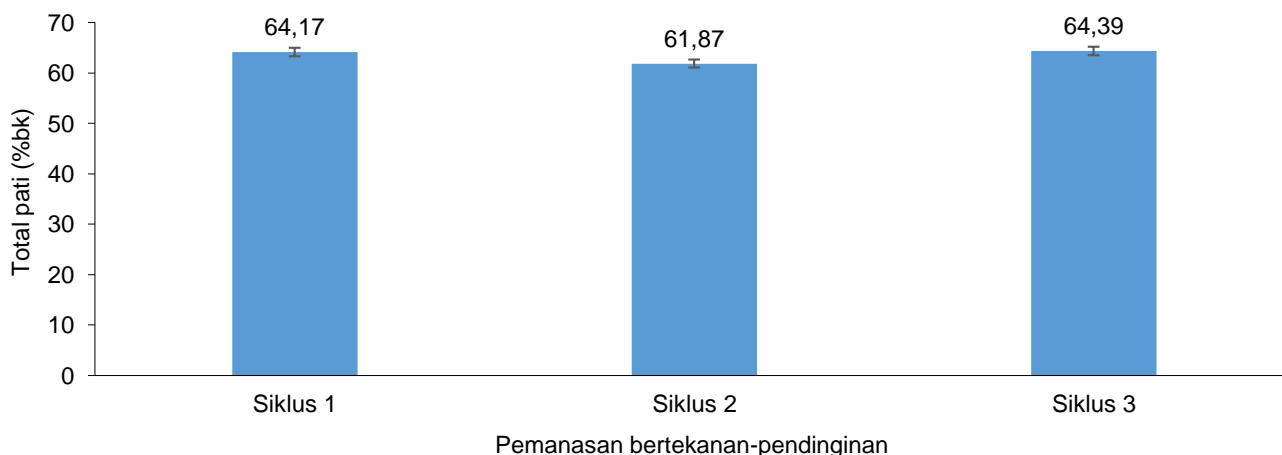
Waktu fermentasi 0, 18, dan 24 jam tidak nyata memengaruhi kadar total pati, yaitu 62,33%–65,15% (Gambar 4), diduga karena hidrolisis pati oleh alfa amilase dan pululanase berjalan lamban pada wilayah yang memiliki ikatan hidrogen kuat pada rantai amilosa dan amilopektin. Menurut Liu (2005), amilosa berstruktur linear dengan banyak ikatan hidrogen sehingga dapat

membentuk ikatan ganda yang kuat. Amilopektin memiliki struktur bercabang yang menyebabkan ikatan hidrogennya lebih lemah jika dibandingkan dengan ikatan hidrogen antarmolekul amilosa.

Perlakuan pemanasan bertekanan-pendinginan satu, dua, dan tiga siklus nyata memengaruhi kadar total pati, yakni dalam kisaran 61,87%–64,39% (Gambar 5). Perlakuan pemanasan bertekanan-pendinginan satu siklus menyebabkan penguraian amilosa pada sisi terluar. Hal ini menyebabkan amilosa menghalangi air masuk ke dalam struktur pati sehingga menghambat proses gelatinisasi pati pada siklus selanjutnya. Siklus pemanasan bertekanan-pendinginan yang lebih banyak dapat mengakibatkan depolimerisasi amilosa atau amilopektin rantai terluar di bagian kristalin yang berperan dalam menahan air masuk ke dalam granula pati sehingga proses gelatinisasi terhambat (Shin *et al.* 2004). Peningkatan total pati pada pemanasan bertekanan-pendinginan dua siklus dua ke siklus tiga sebesar 3,91% terjadi karena proses gelatinisasi dan retrogradasi mengubah jumlah komponen amilosa dan amilopektin.



Gambar 4 Perlakuan waktu fermentasi terhadap kadar total pati.



Gambar 5 Perlakuan siklus pemanasan bertekanan-pendinginan terhadap total pati.

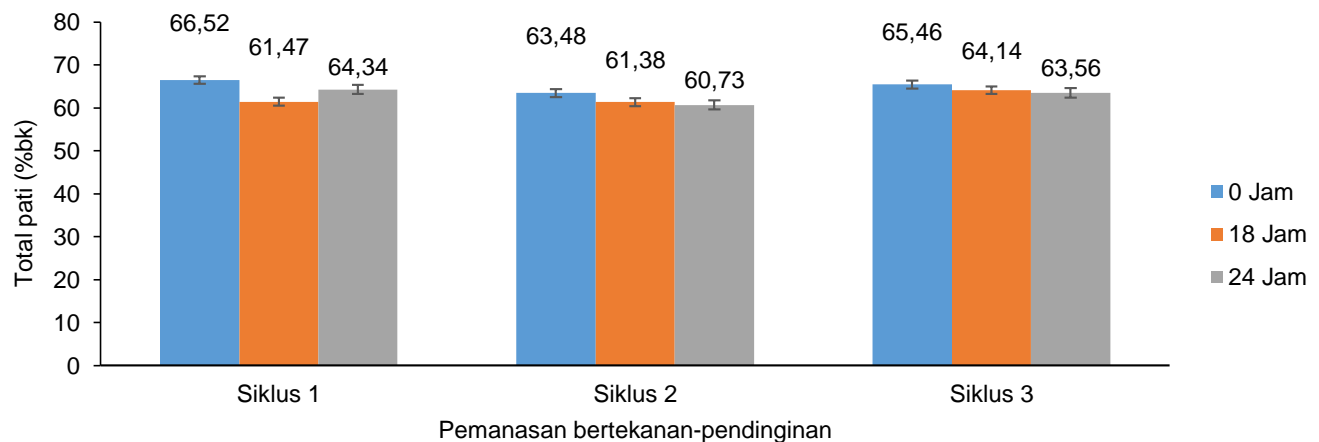
Herawati (2011) berpendapat bahwa pati tersusun dari amilosa dan amilopektin sehingga nilai total pati dipengaruhi oleh keduanya.

Interaksi perlakuan fermentasi (0, 18, dan 24 jam) dan perlakuan pemanasan bertekanan-pendinginan (1, 2, dan 3 siklus) tidak nyata memengaruhi total pati, yaitu 60,73%–66,52% (Gambar 6). Hal ini karena fermentasi 18 jam atau 24 jam dan perlakuan siklus pemanasan bertekanan pendinginan satu siklus telah mampu menghasilkan amilosa dan amilopektin rantai ikatan ganda berpilin yang lebih kuat dan sederhana. Setiarto (2015) menegaskan bahwa fermentasi dengan alfa amilase memotong rantai amilosa, sedangkan pululanase memotong rantai amilopektin. Rantai yang telah terpotong dengan sederhana memudahkan dalam proses gelatinisasi dan retrogradasi pada saat perlakuan pemanasan bertekanan-pendinginan. Perlakuan tersebut menghasilkan amilosa dengan rantai sederhana, membentuk rantai berpilin ganda yang kuat menyelimuti granula pati sehingga penetrasi air ke dalam granula pati dapat dihambat. Begitu juga dengan amilopektin yang

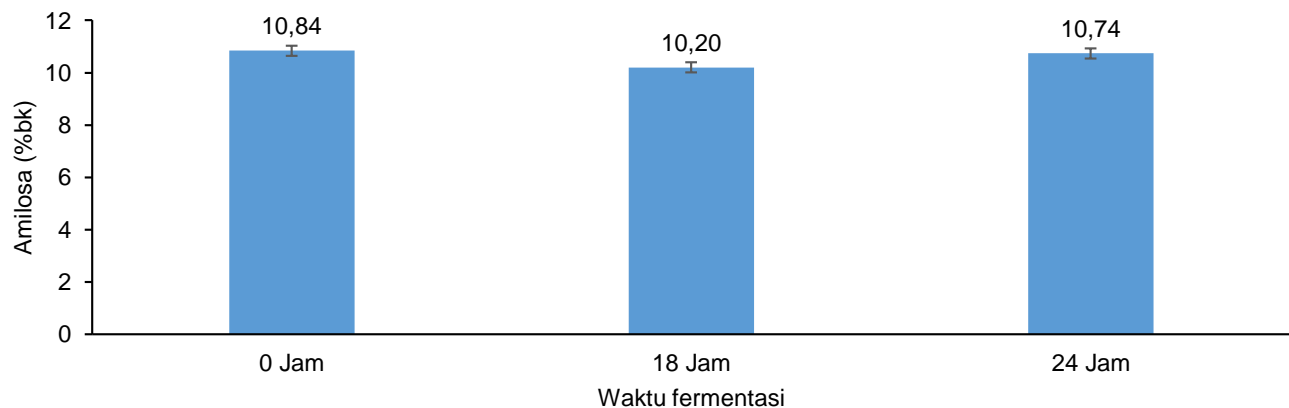
membentuk ikatan berpilin pada daerah kristalin, sehingga menghambat proses pengembangan granula pati (Hormdok & Noomhorm 2007 dalam Fetriyuna *et al.* 2017). Pembentukan rantai berpilin ganda amilosa dan amilopektin yang kuat pada pemanasan bertekanan-pendinginan satu siklus membuat penurunan total pati tidak berpengaruh nyata.

Kadar Amilosa

Perlakuan waktu fermentasi 0, 18, dan 24 jam tidak menghasilkan pengaruh nyata terhadap kadar amilosa. Kadar amilosa perlakuan fermentasi berkisar 10,20%–10,84% (Gambar 7). Kadar amilosa yang tidak berbeda antar perlakuan, bisa dipengaruhi oleh distribusi derajat polimerisasi yang di fermentasi oleh BAL. Faridah (2011), Distribusi panjang rantai amilosa sangat memengaruhi kadar amilosa secara menyeluruh. Hidrolisis enzim merubah distribusi rantai panjang dan pendek amilosa yang dapat menurunkan dan menaikkan kadar amilosa total. Zhang & Jin (2011) menambahkan, aktivitas enzim pululanase yang memotong rantai



Gambar 6 Interaksi waktu fermentasi dan pemanasan bertekanan-pendinginan terhadap total pati.



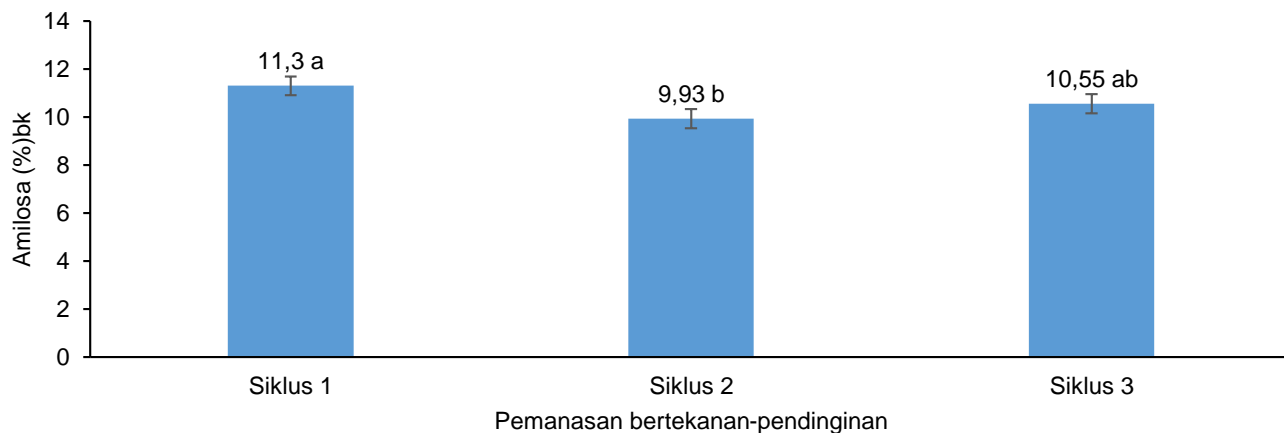
Gambar 7 Perlakuan waktu fermentasi terhadap kadar amilosa.

percabangan amilopektin akan membentuk amilosa baru sehingga dapat meningkatkan kadar amilosa dan kadar pati resisten. Selain itu, dapat dipengaruhi aktivitas enzim

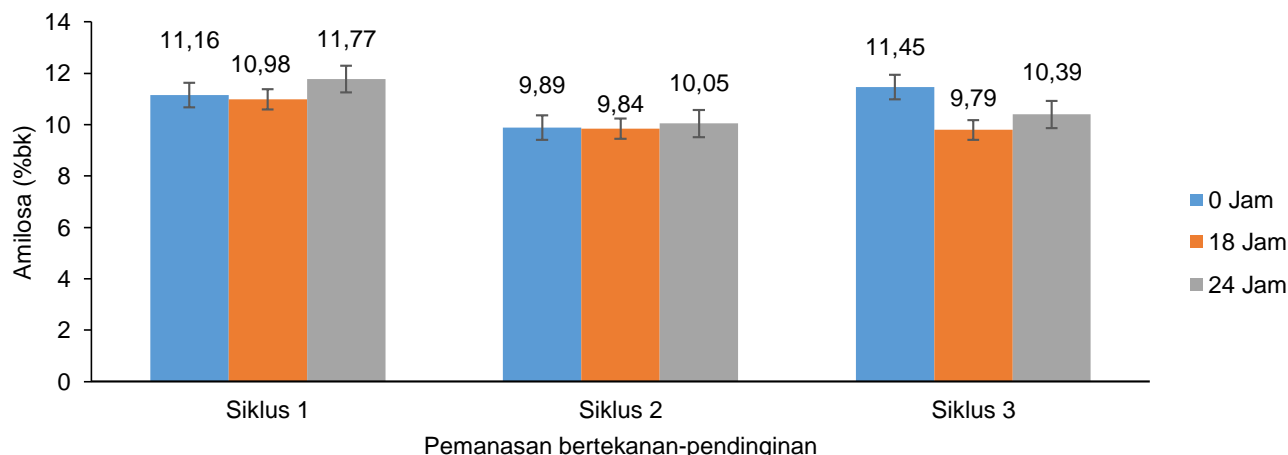
Perlakuan pemanasan bertekanan-pendinginan satu siklus berbeda nyata dengan siklus dua namun tidak berbeda nyata dengan siklus tiga. Kadar amilosa perlakuan pemanasan bertekanan-pendinginan berkisar 9,93%–11,30% (Gambar 8). Setiarto *et al.* (2018), siklus pemanasan bertekanan-pendinginan secara berulang memutus rantai amilosa membentuk amilosa terbentuk amilosa rantai pendek, oligosakarida, maltosa, maltotriosa, dan glukosa. Rantai amilosa yang terlalu pendek (DP <10) tidak bisa membentuk ikatan ganda berpilin yang kuat sehingga mudah di hidrolisis enzim maupun tergelatinisasi. Amilosa dan amilopektin memiliki derajat polimerisasi yang berbeda beda pada setiap strukturnya baik diwilayah amorf dan kristalin. Mutungi *et al.* (2009) menambahkan, pemanasan

dengan autoklaf menyebabkan terjadinya hidrolisa amilosa dan amilopektin pada bagian terluar klaster sehingga daerah amorf yang diisi oleh amilosa meningkat.

Interaksi perlakuan fermentasi (0, 18, dan 24 jam) dan siklus pemanasan bertekanan-pendinginan (1, 2, dan 3 siklus) tidak nyata memengaruhi kadar amilosa, yakni dalam kisaran 9,79%–11,77% (Gambar 9). Fermentasi menyediakan rantai amilosa pendek dari hasil pemotongan percabangan amilopektin. Pemanasan bertekanan-pendinginan menyebabkan amilosa mengalami gelatinisasi dan retrogradasi membentuk amilosa yang kompak dengan ikatan berpilin ganda yang dikuatkan oleh ikatan hidrogen. Ozturk *et al.* (2011) menjelaskan bahwa pemanasan bertekanan-pendinginan menyebabkan pemotongan rantai percabangan amilopektin menjadi amilodekstrin rantai lurus dengan rantai lebih pendek menjadi molekul lebih kecil yang berkontribusi pada distribusi kadar amilosa. Faridah (2011) menjelas-



Gambar 8 Perlakuan siklus pemanasan bertekanan-pendinginan terhadap amilosa. Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji banding ganda signifikansi $\alpha = 5\%$.



Gambar 9 Interaksi waktu fermentasi dan pemanasan bertekanan-pendinginan terhadap amilosa.

kan bahwa proses pemanasan bertekanan-pendinginan tiga dan lima siklus mengubah persen komponen DP yang memengaruhi kadar amilosa total.

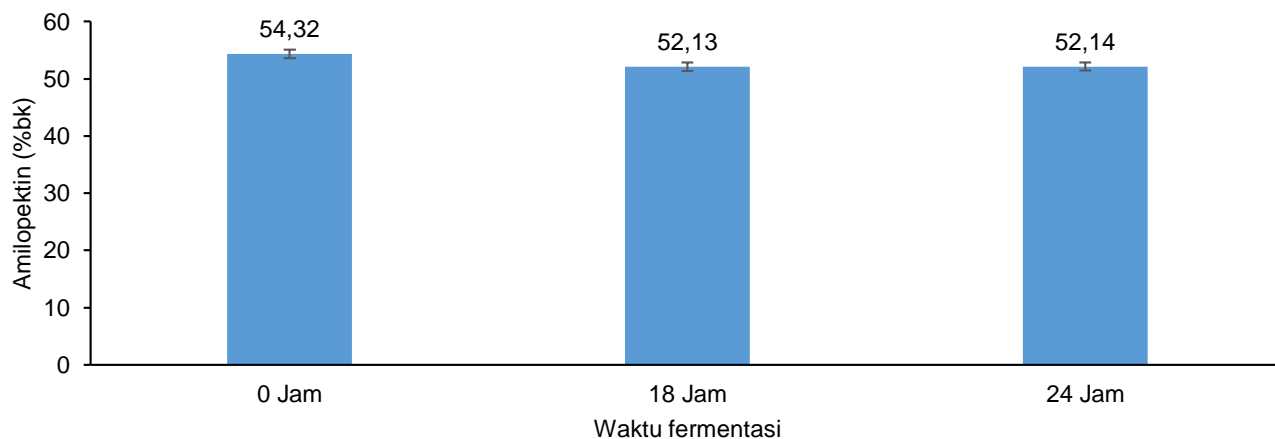
Kadar Amilopektin

Perlakuan fermentasi 0, 18, dan 24 jam tidak nyata memengaruhi kadar amilopektin, yang berkisar antara 54,32% dan 52,13% (Gambar 10), sebab hidrolisis banyak terjadi di bagian amorf sisi terluar komponen pati yang banyak mengandung amilosa dengan ikatan yang lebih kuat. Kekuatan ini adalah karena strukturnya yang linear sehingga dapat membentuk ikatan berpilin ganda kuat yang dibantu oleh ikatan hidrogen. Sebaliknya, amilopektin banyak tersebar di sisi terdalam granula pati, tepatnya di daerah kristalin dengan rantai berpilin membentuk percabangan (Liu 2005). Hal ini menyulitkan bakteri menghidrolisis ikatan amilopektin untuk membentuk amilopektin yang lebih sederhana atau membentuk amilosa baru dengan hasil yang signifikan.

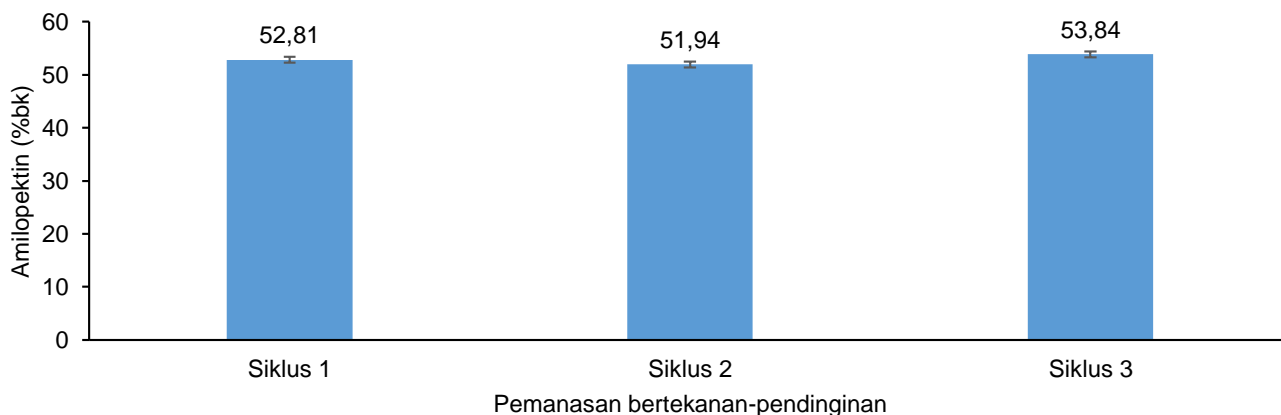
Perlakuan pemanasan bertekanan-pendinginan

dengan 1, 2, dan 3 siklus tidak nyata memengaruhi kadar amilopektin. Kadar amilopektin perlakuan pemanasan bertekanan-pendinginan berkisar antara 51,94% dan 53,84% (Gambar 11). Perlakuan pemanasan bertekanan-pendinginan dan siklus yang tidak berbeda nyata pada kadar amilopektin adalah karena komponen amilopektin telah tergelatinisasi dan teretrogradasi secara sempurna membentuk rantai berpilin ganda dengan struktur ikatan yang lebih kompak. Dengan demikian, perlakuan pemanasan bertekanan-pendingin selanjutnya dapat menghambat gelatinisasi (Faridah 2011). Menurut Fetriyuna *et al.* (2016), pemanasan lebih lanjut pada pati meningkatkan proses retrogradasi yang lebih cepat; amilosa cenderung berikatan kembali dengan percabangan amilopektin pada sisi terluar granula pati di bagian kristalin. Hal ini memungkinkan terjadinya peningkatan kadar amilopektin.

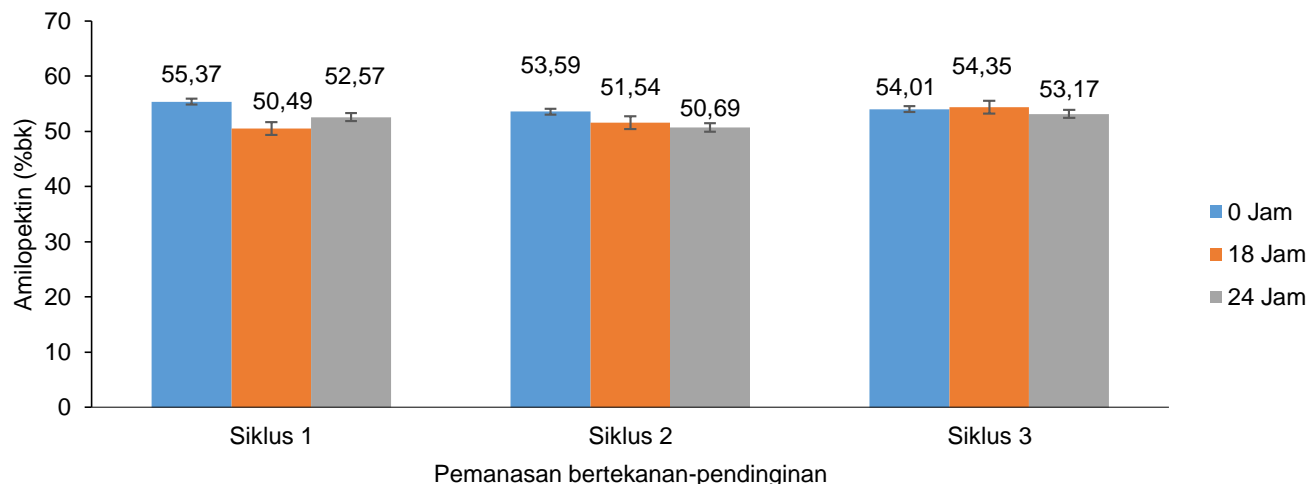
Interaksi perlakuan waktu fermentasi (0, 18, dan 24 jam) dan pemanasan bertekanan-pendinginan (1, 2, dan 3 siklus) tidak nyata memengaruhi kadar amilopektin,



Gambar 10 Perlakuan waktu fermentasi terhadap amilopektin.



Gambar 11 Perlakuan siklus pemanasan bertekanan-pendinginan terhadap amilopektin.



Gambar 12 Interaksi waktu fermentasi dan pemanasan bertekanan-pendinginan terhadap amilopektin.

yakni dalam kisaran 51,94%–53,84% (Gambar 12). Interaksi tidak berbeda nyata dapat karena fermentasi dan pemanasan bertekanan-pendinginan satu siklus telah mampu memfasilitasi pembentukan amilopektin dengan struktur ikatan ganda rapat dan kompak. Hal ini menyebabkan fermentasi dan siklus tambahan pemanasan bertekanan-pendinginan tidak nyata memengaruhi kadar amilopektin. Sajilata *et al.* (2006) berpendapat bahwa proses pemanasan bertekanan-pendinginan memfasilitasi pembentukan ikatan baru antara amilosa–amilosa dan amilosa–amilopektin dengan struktur heliks ganda yang lebih kuat. Amilosa yang berikatan dengan amilopektin membentuk percabangan rantai pada bagian kristalin, membentuk percabangan baru yang lebih rapat dan banyak.

KESIMPULAN

Kombinasi bakteri asam laktat *L. casei* dan *S. thermophilus* dengan waktu fermentasi 18 jam dan pemanasan bertekanan-pendinginan satu siklus dapat dipilih untuk memproduksi kadar pati resisten tepung talas beneng.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Pascasarjana Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman yang telah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Apriyanto A, Fardiaz D, Puspitasari NL, Budiyanto S.

1989. *Analisis Pangan*. Bogor: IPB Press.

Bojarczuk A, Skapska S, Khaneghah MA, Marszałek K. 2022. Health benefits of resistant starch: A review of the literature. *Journal of Functional Foods*. 93(January). <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105094>

BPTP. 2020. *Potensi dan Peluang Pasar Talas Varietas Beneng Pandeglang Banten* (Isu Acara Temu Teknologi V).

Englyst HN, Kingman SM, Cummings JH. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*. 46(2): 33–50.

Faridah DN. 2011. Perubahan Karakteristik Kristalin Pati Garut (*Maranta arundinaceae* L.) dalam Pengembangan Pati Resisten Tipe III. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

Fetriyuna, Mardawati E, Dwiyantri R. 2017. Pengaruh suhu modifikasi steam prepressure treatment terhadap sifat fungsional dan amilografi pati talas banten (*Xanthosoma undipes* K. Koch). *Jurnal Penelitian Pangan*. 2(1): 25–31. <https://doi.org/10.24198/jp2.2016.vol1.1.08>.

Fetriyuna, Marsetio, Pratiwi RL. 2016. Pengaruh lama modifikasi heat-moisture treatment (HMT) terhadap sifat fungsional dan sifat amilografi pati talas banten (*Xanthosoma undipes* K. Koch). *Penelitian Pangan*. 1(1): 44–50. <https://doi.org/10.24198/jp2.2016.vol1.1.08>.

Herawati E, 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. *International Conference on Food, Agriculture and*

- Natural Resources*. 194(1): 169–172. <https://doi.org/10.2991/aer.k.200325.034>.
- Herawati H. 2011. Potensi pengembangan produk pati tahan cerna sebagai pangan fungsional. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 30(1): 31–39.
- Hormdok R, Noomhorm A. 2007. Effects of annealing and removal of the water-soluble fraction of dry milled rice flour on the texture of cooked rice noodles. *Food Science and Technology*. 61(1): 1–9.
- Kiran P, Mukherjee S. 2018. *Resistant Starch Market Size By Source, By Product, By Application, Industry Analysis Report, Application Development Potential, Price Trends, Competitive Market Share & Forecast, 2019–2025*. Report. Global Market Insights.
- Laksmi JSB, Praja PR, Kusnandar F. 2012. Fermentasi kultur campuran bakteri asam laktat dan pemanasan otoklaf dalam meningkatkan kadar pati resisten dan sifat fungsional tepung pisang tanduk (*Musa paradisiaca*). *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 9(1): 18–26.
- Lehmann U, Robin F. 2007. Slowly digestible starch—its structure and health implications: a review. *Trends in Food Science and Technology*. 18(7): 346–355. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.02.009>.
- Li X, Fei T, Wang Y, Zhao Y, Pan Y, Li D. 2018. Wheat starch with low retrogradation properties produced by modification of the GtfB enzyme 4,6- α -glucanotransferase from *Streptococcus thermophilus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 66(15): 3891–3898. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b00550>.
- Liu Q. 2005. *Understanding Starches and their Role in Foods*. (Edisi I, hlm. 48). Boca Raton (FL): RC Taylor & Francis.
- Mutungi C, Rost F, Onyango C, Jaros D, Rohm H. 2009. Crystallinity, thermal and morphological characteristics of resistant starch type iii produced by hydrothermal treatment of debranched cassava starch. *Starch/Staerke*. 61(11): 634–645. <https://doi.org/10.1002/star.200900167>.
- Narita J, Okano K, Kitao T, Ishida S, Sewaki T, Sung M-H, Fukuda H, Kondo A. (2006). Display of alfa amylase on the surface of *Lactobacillus casei* cells by use of the PgsA anchor protein, and production of lactic acid from starch. *Applied and Environmental Microbiology*. 72(1): 269–275. <https://doi.org/10.1128/AEM.72.1.269-275.2006>.
- Nurhayati N, Giyarto, Putri DA. 2014. Karakterisasi tepung beras terfermentasi secara spontan dan terkendali oleh *Lactobacillus casei*. *Agroteknologi*. 8(2): 101–111.
- Ozturk S, Koksel H, Ng PK W. 2011. Production of resistant starch from acid-modified amylotype starches with enhanced functional properties. *Journal of Food Engineering*. 103(2): 156–164. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.10.011>.
- Rosida, Harijono, Estiasih, Sriwahyuni E. 2015. Physicochemical properties and starch digestibility of autoclaved-cooled water yam (*Dioscorea alata* L.) flour. *International Journal of Food Properties*. 19(8): 1659–1670. <https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1105818>.
- Sajilata MG, Singhal RS, Kulkarni PR. 2006. Resistant starch: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 5(1): 1–17. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2006.tb00076.x>.
- Sani W, Iswadi, Samingan. 2014. Kandungan Pati Pada Bonggol Pisang. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 2(1): 187–192.
- Setiarto BHR. 2015. *Peningkatan Pati Resisten Tepung Talas Melalui Fermentasi Dan Pemanasan Bertekanan-Pendinginan Serta Evaluasi Sifat Prebiotiknya*. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Setiarto RHB, Widhyastuti N, Sumariyadi A. 2018. Peningkatan kadar pati resisten Tipe III tepung singkong termodifikasi melalui fermentasi dan pemanasan bertekanan-pendinginan. *Biopropal Industri*. 9(1): 9–23.
- Shin SI, Byun J, Park KH, Moon TW. 2004. Effect of partial acid hydrolysis and heat-moisture treatment on formation of resistant tuber starch. *Cereal Chemistry*. 81(2): 194–198. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2004.81.2.194>.
- Tegar T. 2010. Optimasi Formulasi Breakfast Meal Flakes (Pangan Sarapan) Berbasis Tepung Komposit Talas, Kacang Hijau, dan Pisang. [*Skripsi*]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Zhang H, Jin Z. 2011. Preparation of products rich in resistant starch from maize starch by an enzymatic method. *Carbohydrate Polymers*. 86(4): 1610–1614. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.06.070>.
- Zheng Y, Wei Z, Zhang R, Deng Y, Tang X, Zhang Y, Liu G, Liu L, Wang J, Liao N, Zhang M. 2020. Optimization of the autoclave preparation process for improving resistant starch content in rice grains. *Food Science Nutrition*. 8(5): 2383–2394. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1528>