



## **Karakteristik Struktur, Amilograf, dan Kecernaan Pati Alami Jelai (*Coix lacryma-jobi* L)**

### *Structure, Amylograph, and Digestibility Properties of Adlay (*Coix lacryma-jobi* L) Seed Starch*

**Siti Masithah Fiqtinovri<sup>1)</sup>, Didi Adriansyah<sup>1)</sup>, Risnafaty<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Kaltara, Jalan Sengkawit, Kecamatan Tanjung Selor, Kabupaten Bulungan, Kalimantan Utara, Indonesia 77121

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Kaltara, Jalan Sengkawit, Kecamatan Tanjung Selor, Kabupaten Bulungan, Kalimantan Utara, Indonesia 77121

email: [fiqtinovri@gmail.com](mailto:fiqtinovri@gmail.com)

Diserahkan [27 Juli 2022]; Diterima [08 Mei 2023]; Dipublikasi [7 Juni 2023]

#### **ABSTRACT**

*Jelai (*Coix lacryma jobi* L.) that is cultivated in Bulungan Regency has thin and soft skin, yellowish brown in color and slightly shiny surface. The high content of starch and other components in barley increases the potential of Jelai as a food that has functional properties. This study aims to examine the relationship between the structural characteristics, amylograph properties, and digestion of Jelai natural starch (PAJ) and compare it with commercial cassava starch (PS) and corn starch (PJ). The research is started with the isolation process of jelai starch and then structural observations were carried out by SEM test, amylograph properties through RVA test, and digestibility including rapidly digestible starch (RDS), slowly digestible starch (SDS), and resistant starch (RS). PAJ has a low amylose content and a polygonal morphology with a clearly visible central pore / channel. The crystallinity of PAJ is slightly high with A-type crystalline, the same as PJ and PS. The starch structure in PAJ contributed to a slightly lower gelatinization temperature compared to PJ and the lowest setback viscosity compared to PJ and PS which indicated that PAJ was more resistant to retrogradation, as well as the highest RS levels and the lowest RDS compared to PJ and PS.*

**Keywords:** *Jelai native starch, cassava starch, corn starch, starch structure, amylograph properties, starch digestibility*

#### **ABSTRAK**

Jelai (*Coix lacryma jobi* L.) yang dibudidayakan di Kabupaten Bulungan memiliki kulit tipis dan lunak, berwarna coklat kekuningan dan permukaannya sedikit mengkilap. Tingginya kandungan pati dan komponen lainnya pada jelai meningkatkan potensi jelai sebagai bahan pangan yang memiliki sifat fungsional. Penelitian ini bertujuan untuk memeriksa hubungan antara karakteristik struktur, sifat amilograf, dan kecernaan pati alami jelai (PAJ) serta membandingkannya dengan pati singkong (PS) dan pati jagung (PJ). Penelitian dimulai dari proses isolasi pati jelai dan dilanjutkan dengan pengamatan struktur melalui uji SEM, sifat amilograf melalui uji RVA, dan kecernaan meliputi pati yang cepat dicerna (RDS), pati yang lambat dicerna (SDS), dan pati resistan (RS). PAJ memiliki kadar amilosa rendah dan bentuk morfologi poligon dengan pori/ saluran tengah yang tampak jelas. Kristalinitas PAJ tergolong tinggi dengan tipe kristalin A, sama seperti PJ dan PS. Struktur pati pada PAJ berkontribusi pada suhu gelatinisasi yang sedikit rendah dibandingkan PJ, dan viskositas *setback* paling rendah dibanding PJ dan PS, yang menandakan PAJ lebih tahan terhadap retrogradasi. Selain itu, kadar RS PAJ paling tinggi dan RDS-nya paling rendah bila dibandingkan dengan PJ dan PS.

**Kata Kunci:** pati alami jelai, pati singkong, pati jagung, struktur pati, sifat amilograf pati, kecernaan pati

**Saran sitasi:** Fiqtinovri, S. M., Risnafaty & Adriansyah, D. 2023. Karakteristik Struktur, Amilograf, dan Kecernaan Pati Alami Jelai (*Coix lacryma-jobi* L). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 16(1), 29-40. <https://doi.org/10.20961/jthp.v16i1.64010>

## PENDAHULUAN

Jelai (*Coix lacryma jobi L.*) merupakan tanaman sereal yang banyak tumbuh di Indonesia, salah satunya Kabupaten Bulungan, Kalimantan Utara. Masyarakat setempat menanam jelai sebagai tanaman cadangan yang dikonsumsi ketika musim paceklik atau sebagai pakan ternak. Jelai yang dibudidayakan di Kabupaten Bulungan memiliki kulit tipis dan lunak, berwarna coklat kekuningan dan permukaannya sedikit mengkilap. Kandungan nutrisi jelai terdiri dari pati 61 – 67,2%, protein 14,2%, lemak 3,6%, total gula 10,84%, kalsium, vitamin B1 dan komponen bioaktif lainnya (antioksidan, antikanker, dan antihipertensi) (Liu, Wu, *et al.*, 2016; Syahputri & Wardani, 2015; Wang *et al.*, 2016; Zhu, 2017). Tingginya kandungan pati dan komponen lainnya pada jelai meningkatkan potensi jelai sebagai bahan pangan yang memiliki sifat fungsional.

Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa jelai dapat digunakan sebagai bahan pengganti terigu pada industri *baking*, dan pengaruhnya terhadap kualitas produk berbasis gandum, seperti mie, roti dan biskuit (C. Li *et al.*, 2019) serta bahan pembuatan sup, kaldu, minuman alkohol, dan beberapa produk pangan lainnya (Chen *et al.*, 2019; Zhu, 2017). Kualitas produk olahan yang dihasilkan dari jelai dipengaruhi oleh jenis patinya, karena sumber pati yang berbeda akan memiliki struktur, dan sifat pemastan yang berbeda pula.

Meskipun penelitian terhadap potensi pengembangan jelai dan produk hasil olahan dari tepung jelai di Indonesia telah dilakukan sebelumnya, penelitian yang berfokus pada spesifikasi pati jelai belum banyak ditemukan, seperti bentuk morfologi dan ukuran granula pati, jenis dan derajat kristalinitas, sifat termal, sifat pemastan serta pencernaan pati jelai. Namun, ukuran, bentuk, dan stuktur pati dapat berbeda tergantung dari wilayah, tempat tumbuh, dan kondisi pada saat pemanenan (Chen *et al.*, 2019), sehingga perlu dilakukan pengamatan terhadap pati jelai yang tumbuh di wilayah Indonesia yang secara spesifik tumbuh di Kabupaten Bulungan, Kalimantan Utara. Hal ini dikarenakan struktur granula pati telah

dikonfirmasi sebagai penentu dari fungsi pati dalam pengolahan makanan dan efek kesehatan pada manusia (Chi *et al.*, 2017). Selain itu, memahami hubungan antara struktur, sifat amilograf serta sifat pencernaan pati jelai sangat penting, agar dapat mengoptimalkan aplikasinya di industri pangan dan industri lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk memeriksa karakteristik struktur, sifat amilograf, dan pencernaan pati alami jelai (PAJ). Hubungan antara struktur dan fungsi PAJ juga dibahas untuk menyatakan apakah PAJ dapat dinyatakan sebagai bahan makanan yang berdampak baik untuk tubuh terutama untuk pencernaan atau aplikasi industri spesifik lainnya. Hasil penelitian akan dibandingkan dengan pati singkong (PS) dan pati jagung (PJ) komersial, sehingga dapat menjadi dasar dalam memperluas penggunaan PAJ baik dalam industri pangan maupun industri lainnya.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan utama yang digunakan adalah biji jelai (*Coix lacryma-jobi L*) kupas yang diperoleh dari petani di Kecamatan Peso, Kabupaten Bulungan, Kalimantan Utara, pati singkong dan pati jagung komersial. Bahan kimia yang digunakan adalah kelas reagen analitik yang terdiri dari NaOH (0,05 g/L), aquades, petroleum eter, potasium hidroksida (KOH), enzim pankreatin dan amiloglukosidase (Sigma-Aldrich), Kit uji D-glukosa (GOPOD, K-GLUC).

### Alat

Alat yang digunakan antara lain *Centrifuge*, timbangan, loyang, *aluminium foil*, pengereng kabinet, blender, ayakan 80 mesh, *Scanning Electron Microscope* (Hitachi TM3000), *RVA Tecmaster 4500*, *X-Ray Diffractometer Bruker D2 Phaser*.

### Tahapan Penelitian

#### Isolasi Pati Jelai

Pati diisolasi dari biji jelai dengan memodifikasi metode yang telah dilakukan sebelumnya (Chen *et al.*, 2019). Biji direndam selama 4 jam pada suhu ruang 25°

C, kemudian digiling dengan kecepatan penuh selama 1 menit dan disaring menggunakan kain saring 200 mesh. NaOH (0,05 g / L) ditambahkan ke dalam filtrat, dan diaduk selama 10 menit, kemudian didiamkan selama 3 jam pada suhu ruang 25°C, setelah itu supernatan dan lapisan atas (lapisan protein kekuningan) dibuang. Sedimen dicuci beberapa kali dengan air demin (air deionisasi). Etanol dan dietil eter ditambahkan ke suspensi pati untuk menghilangkan polisakarida dan lipid non-pati. Kemudian suspensi pati disentrifugasi pada 5000 × g selama 10 menit. Setelah sentrifugasi, supernatan dibuang dan residu dicuci beberapa kali dengan air demin sampai supernatan jernih. Kemudian residu dikeringkan pada suhu 40°C, digiling, dan pati diayak dengan ukuran 80 mesh.

#### **Analisis Komposisi Kimia Pati**

Analisis komposisi kimia pati meliputi kadar pati, kadar air, protein, lemak, serat kasar, dan abu pati dengan menimbang masing-masing pati (PAJ, PS, PJ) sebanyak 2 g (AOAC, 1990). Kadar amilosa ditentukan dengan metode colorimeter yodium pada 620 nm menggunakan campuran standar tepung kentang (Yu *et al.*, 2012). Data ditampilkan berdasarkan berat kering. Semua percobaan dilakukan setidaknya dalam rangkap tiga dan hasilnya disajikan sebagai nilai rata-rata lalu dianalisis menggunakan *Statistic Software IBM SPSS 25.0*.

#### **Morfologi Pati**

Pemindaian mikrograf elektron dari PAJ, PJ, dan PS diperoleh menggunakan SEM (Hitachi TM3000, Jepang). Sampel pati dilapisi dengan palladium, kemudian ditempatkan di mikroskop dengan potensial percepatan 15 kV selama proses mikrografi (Ulfa *et al.*, 2020). Perbesaran 2000x dan 3000x digunakan untuk semua sampel.

#### **Kristalinitas Pati**

Kristalinitas pati dianalisis menggunakan *X-Ray Diffractometer* dengan memodifikasi metode (Kittipongpatana *et al.*, 2006). Difraktogram ditentukan di sudut  $2\theta =$

3 - 80° dengan kecepatan pindai 5° /menit.

#### **Amilograf Pati**

Karakteristik amilograf pati dianalisis menggunakan *Rapid Visco Analyzer* (RVA). Pati ditimbang untuk menghasilkan suspensi 8% (b/b, dasar kering) menggunakan aquades, sebanyak 28 g dalam tabung aluminium RVA. Suspensi distabilkan pada 50°C selama satu menit dan kemudian dipanaskan dari 50 menjadi 95°C pada laju 6°C/menit, terus dimasak dengan pengadukan pada 95°C selama 6 menit, dan kemudian didinginkan hingga 50°C pada laju 6°C/menit. Setelah satu menit pada 50°C, analisis disimpulkan (Piroski *et al.*, 2021).

#### **Kecernaan Pati**

Kandungan total pati (TS) dianalisis menggunakan metode Goñi *et al.*, (1997). Sementara itu, pencernaan PAJ, PJ, dan PS dianalisis secara *in vitro* menggunakan larutan enzim porcine pancreatic  $\alpha$ -amylase dan amyloglucosidase (Englyst *et al.*, 1992; Englyst *et al.*, 2018) yang terdiri dari pati cepat cerna (RDS), pati lambat cerna (SDS), dan pati resisten (RS). Ketiga jenis pati (RDS, SDS, RS) ditentukan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} TS &= (TG) \times 0,9 \\ RDS &= (G20) \times 0,9 \\ SDS &= (G120 - G20) \times 0,9 \\ RS &= TS - SDS - SDS \text{ atau} \\ & (TG - G120) \times 0,9 \end{aligned}$$

Dimana TS adalah total pati, TG adalah total glukosa, G20 adalah kadar glukosa yang dilepaskan dari pati yang terkandung dalam sistem setelah 20 menit, dan G120 adalah kandungan glukosa yang dilepaskan dari pati yang terkandung dalam sistem setelah 120 menit. Faktor (0,9) adalah faktor konversi glukosa menjadi pati.

#### **Analisis Statistik**

Data yang diperoleh, dianalisis dengan metode *One-Way ANOVA* menggunakan *Statistic Software IBM SPSS 25.0*. Level signifikan yang ditetapkan sebesar  $\alpha = 0,05$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Komposisi Kimia Pati

Kadar proksimat PAJ terdapat pada Tabel 1, yang kemudian dibandingkan dengan PS dan PJ. Kadar air pati berkisar antara 3,91-10,76% (wb), dan PAJ memiliki kadar air paling rendah dibandingkan PJ dan PS. Kadar proksimat dianalisa dari PAJ yang telah diolasi dengan rendemen 36%. Hasil ini lebih rendah bila dibandingkan dengan rendemen pati jelai dari Negara Jepang, Thailand, Burma, dan Fijian China (Chen *et al.*, 2019; Wu, Charles, & Huang, 2007), tetapi mendekati rendemen pati jelai Provinsi Liaoning, China (Chen *et al.*, 2019). Rendemen pati jelai berbeda tergantung pada varietas yang tumbuh dan dibudidayakan di berbagai Negara tersebut. Perbedaan juga dapat dikaitkan dengan variasi iklim dan wilayah budidaya yang berbeda (Chen *et al.*, 2019). Berdasarkan Tabel 1, kadar protein PAJ masih tergolong tinggi meskipun telah dilakukan pengurangan kadar protein dalam proses isolasi pati. Hal ini dikarenakan pada proses tersebut, lapisan pati berwarna kuning, yang merupakan campuran pati dengan protein, tidak terbangun sempurna. Hasil ini memberikan perbedaan signifikan antara kadar protein PJ dan PS ( $p < 0,05$ ). Jelai memiliki rasio protein dan karbohidrat yang lebih tinggi dibandingkan sereal lain, yang sebagian besar proteinnya terdiri dari fraksi prolamin yang disebut coixin dan mewakili lebih dari 70% protein endosperma (Corke *et al.*, 2016). Kadar lemak pada PAJ lebih rendah dibandingkan dengan PJ dan PS, meskipun PAJ tidak berbeda signifikan

dengan PS ( $p > 0,05$ ). Namun, rendahnya kadar lemak PAJ dibandingkan dengan PJ yang berbeda signifikan ( $p < 0,05$ ), sejalan dengan temuan Corke *et al.* (2016) bahwa kadar lemak pati jagung lebih tinggi dibandingkan pati jelai.

Kadar amilosa pada PAJ (8,38%) lebih rendah dibandingkan PJ (38,43%) dan PS (42,44%) dan berbeda signifikan antar ketiganya ( $p < 0,05$ ). Hasil ini berbeda dengan teori yang telah disampaikan sebelumnya, bahwa kadar amilosa normal pada PAJ adalah 15,99%-25,8% dan PAJ pulut adalah 0,7%-1,1% (J. Li & Corke, 1999). Namun demikian, hasil ini mendekati kadar amilosa pati jelai dari Kabupaten Xingren, Provinsi Guizhou (5,04%) dan Kota Changzhi, Provinsi Jiangxi (3,41%) (Liu, Zhang, *et al.*, 2016). Hal ini menunjukkan bahwa asal tanaman, kondisi wilayah, dan lokasi budidaya berpengaruh terhadap karakteristik pati jelai meskipun berasal dari spesies yang sama (Chen *et al.*, 2019; Liu, Zhang, *et al.*, 2016).

### Kristalinitas Pati

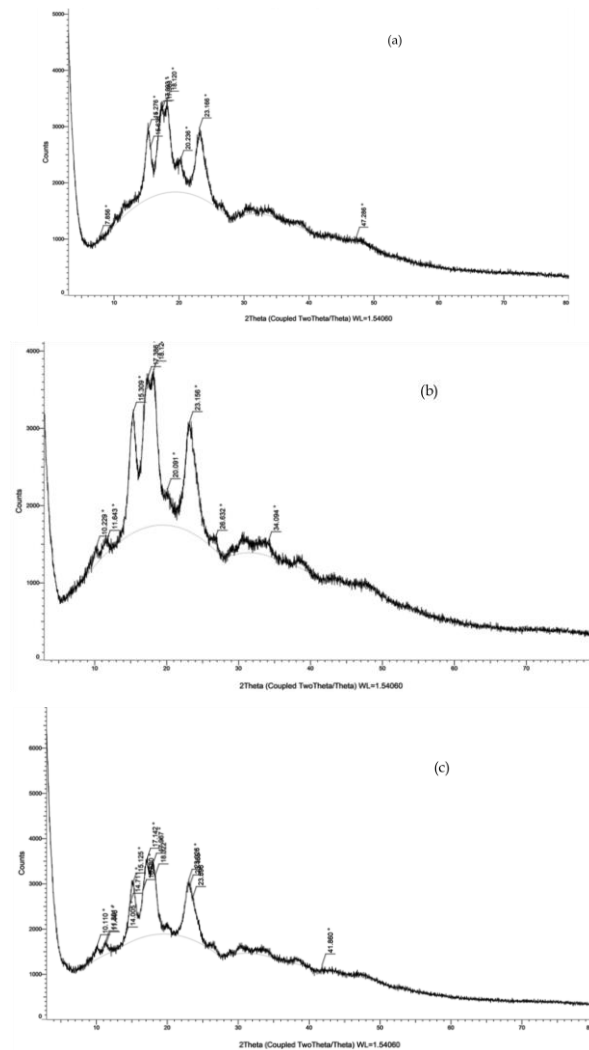
Hasil uji XRD (Gambar 1), PAJ menunjukkan peak difraksi yang kuat pada  $17^\circ$  dan  $18^\circ$  (2 $\theta$ ), dan peak yang sedikit lebih rendah pada  $15^\circ$  dan  $23^\circ$ , serta peak yang lemah pada  $7,8^\circ$ . Peak difraksi pada  $17^\circ$  dan  $18^\circ$  merupakan peak difraksi untuk pati tipe A dan pada peak difraksi  $7,8^\circ$  merupakan peak difraksi pati tipe B, sehingga PAJ termasuk dalam pati tipe C. Hal ini sesuai pula dengan hasil pembacaan peak difraksi oleh Bai *et al.* (2013) bahwa peak difraksi  $7,7^\circ$  (2 $\theta$ ) termasuk dalam jenis granula pati tipe C. Hasil ini juga sejalan dengan hasil

**Tabel 1.** Komposisi Kimia Pati

Karakteristik	PAJ	PJ	PS
Kadar Air (% wb)	3,91 $\pm$ 0,208 <sup>b</sup>	7,71 $\pm$ 0,100 <sup>a</sup>	10,76 $\pm$ 0,100 <sup>c</sup>
Kadar Abu (%)	0,057 $\pm$ 0,006 <sup>a</sup>	0,053 $\pm$ 0,0321 <sup>a</sup>	0,12 $\pm$ 0,0100 <sup>b</sup>
Lemak (%)	0,45 $\pm$ 0,055 <sup>a</sup>	0,91 $\pm$ 0,100 <sup>b</sup>	0,55 $\pm$ 0,104 <sup>a</sup>
Protein (%)	4,99 $\pm$ 0,089 <sup>b</sup>	0,49 $\pm$ 0,049 <sup>c</sup>	0,21 $\pm$ 0,00 <sup>a</sup>
Karbohidrat ( <i>by diff.</i> )	90,58 $\pm$ 0,010 <sup>b</sup>	90,83 $\pm$ 0,125 <sup>c</sup>	88,36 $\pm$ 0,104 <sup>a</sup>
Amilosa (%)	8,03 $\pm$ 0,095 <sup>c</sup>	39,45 $\pm$ 0,248 <sup>a</sup>	35,52 $\pm$ 0,199 <sup>b</sup>

Huruf yang sama pada baris yang sama menandakan tidak berbeda nyata ( $p > 0,05$ )

PAJ : Pati Alami Jelai; PJ : Pati Jagung; PS : Pati Singkong



**Gambar 1.** X-ray diffractograms (a) pati alami jelai (PAJ); (b) pati jagung (PJ); (c) pati singkong (PS)

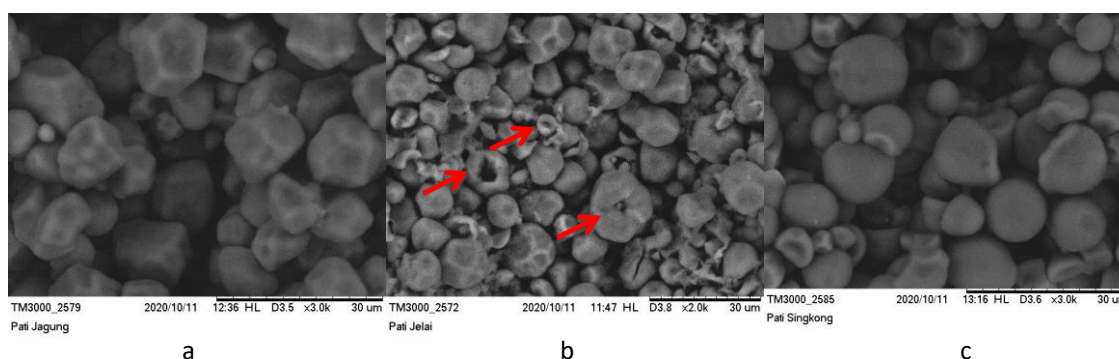
yang diperoleh sebelumnya pada PAJ dari Negara Korea (Kim *et al.*, 2008) dan Fujian, China (Chen *et al.*, 2019), yang mendapati bahwa PAJ masuk dalam tipe kristalinitas C.

Berdasarkan proporsi poliforf tipe A dan B, terdapat tipe kristalinitas  $C_A$  dan  $C_B$ , yang memiliki perbedaan dari tipe C yang khas. Kristalinitas tipe  $C_A$  memiliki puncak tertinggi pada kisaran  $18^\circ$ ,  $15^\circ$ , dan  $23^\circ$  ( $2\theta$ ) yang menunjukkan pola tipe C namun mendekati tipe A, sementara untuk tipe  $C_B$  menunjukkan peak bahu pada  $22^\circ$  dan  $24^\circ$  ( $2\theta$ ) serta peak yang lemah pada  $15^\circ$  yang merupakan pola tipe B (Man *et al.*, 2012). Hal ini menandakan bahwa PAJ memiliki tipe kristalinitas  $C_A$ , yaitu tipe C yang mendekati tipe A.

PS, dan PJ sama-sama masuk dalam tipe kristalinitas A, dengan munculnya peak pada  $15^\circ$ ,  $17^\circ$ ,  $18^\circ$ , dan  $23^\circ$ . Struktur pati tipe A umumnya terdapat pada sereal, yang memiliki panjang rantai amilopektin sekitar 23–29 unit glukosa. Sementara itu, PAJ terdiri dari sejumlah besar rantai pendek bercabang, yang dapat bergabung menjadi heliks ganda dan membentuk kristal pati.

### Morfologi Granula Pati

Morfologi granula masing-masing pati terdapat pada Gambar 2. Berdasarkan gambar tersebut, dapat dilihat bahwa PS memiliki bentuk bulat dengan permukaan yang rata/ halus, sementara pada PJ dan PAJ berbentuk poligonal tidak beraturan dengan ukuran partikel pada PAJ sedikit lebih kecil dibandingkan PJ.



**Gambar 2.** Morfologi granula pati (a) PJ; (b) PAJ; (c) PJ

Gambar 2 menunjukkan adanya perbedaan antara granula PAJ dengan granula PS dan PJ, yang terletak pada adanya saluran atau lubang kecil pada permukaan granula PAJ sementara hal tersebut tidak tampak pada PJ dan PS. Lubang tersebut merupakan akses untuk reagen masuk ke dalam granula pati sehingga memungkinkan untuk meningkatkan aksesibilitas enzim ke dalam pati (Chen *et al.*, 2019).

#### Sifat Amilograf Pati

Jenis pati yang berbeda memiliki sifat pemastan yang berbeda pula. Sifat pemastan ini penting untuk mengetahui kualitas dari produk akhir yang dihasilkan. Berdasarkan hasil uji RVA, sifat pemastan ketiga pati menunjukkan adanya perbedaan pada nilai *breakdown*, *fiskositas puncak*, *setback*, *trough viscosity* dan suhu pemastan (Tabel 2). PS memiliki suhu gelatinisasi (*pasting temperature*) paling rendah (67,80oC), sementara PAJ (71,75oC) berada di urutan kedua setelah PJ (74,65oC). Suhu gelatinisasi menggambarkan suhu awal yang

dicapai ketika pati mulai mengembang. Berdasarkan nilai suhu gelatinisasi, PAJ akan mengalami pengikatan air yang menyebabkan pati tergelatinisasi pada suhu yang cukup rendah.

Sementara itu, viskositas puncak PAJ berada diantara PJ dan PS (3790 cP). Hasil ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang mendapatkan bahwa PAJ memiliki viskositas puncak paling tinggi dibandingkan dengan pati kentang dan pati jagung (Chen *et al.*, 2019). Viskositas puncak merupakan viskositas maksimum yang dicapai selama proses pemanasan, dan hal ini berhubungan dengan mengembangnya granula pati (Fiqtinovri, 2020).

Nilai *Trough viscosity/ hold viscosity* (TV) pada PAJ (1437 cP) lebih rendah dibandingkan dengan PJ dan PS, sesuai dengan kadar amilosanya yang rendah. *Trough viscosity/ hold viscosity* (TV) mengukur viskositas ketika granula pati yang membengkak pecah saat pati dipanaskan. Tinggi rendahnya nilai TV mencerminkan

**Tabel 2.** Sifat Amilograf Pati

Sampel	Viskositas (cP)					Suhu gelatinisasi (°C)
	PV	TV	BV	FV	SV	
PAJ	3790	1437	2353	2006	569	71,75
PJ	3278	2169	1109	3796	1627	74,65
PS	6524	1881	4643	3209	1328	67,8

Keterangan: PV=*peak viscosity*; TV=*trough viscosity*; BV=*breakdown viscosity*; FV=*final viscosity*; SV=*setback viscosity*.

perbedaan kerentanan kerusakan pati selama gaya geser dan pemanasan. Granula pati menjadi semakin rentan terhadap gaya geser ketika membengkak, terutama pada pati yang memiliki kadar amilosa lebih rendah (Shafie *et al.*, 2016).

Viskositas *breakdown* menggambarkan nilai penurunan viskositas selama proses pemanasan dan berhubungan dengan kestabilan pasta sepanjang proses pemanasan tersebut (Fiqtinovri *et al.*, 2020). Viskositas *breakdown* PAJ berada diantara PJ dan PS yaitu 2353 cP. Jika diurutkan, PJ yang memiliki nilai viskositas *breakdown* paling rendah (1109 cP) menandakan bahwa kestabilan pasta PJ terhadap panas lebih tinggi bila dibandingkan dengan PAJ. Hal ini berbeda dengan hasil yang diperoleh sebelumnya bahwa nilai viskositas *breakdown* PAJ lebih rendah dari PJ, yang artinya pasta PAJ lebih stabil dibandingkan PJ (Chen *et al.*, 2019). Namun demikian, PAJ pada penelitian ini memiliki kestabilan pasta yang lebih baik dibandingkan dengan PS. Kadar amilosa yang semakin tinggi akan memberikan nilai viskositas *breakdown* yang tinggi pula (Bamforth, 2005), namun kadar amilosa PAJ yang paling rendah, tidak memberikan hasil viskositas *breakdown* yang lebih rendah pula dibandingkan PJ dan PS.

Retrogradasi pati pada dasarnya relatif mengontrol peningkatkan viskositas pasta pati, sedangkan gaya geser dan pecahnya granula pati yang membengkak diatur oleh viskositas *breakdown* (Kesarwani *et al.*, 2016). *Setback* menggambarkan derajat retrogradasi. Nilai *setback* PAJ (569 cP) paling rendah dibandingkan dengan PJ (1627 cP) dan PS (1328 cP), yang berarti bahwa PAJ lebih tahan terhadap retrogradasi. Hasil ini sama dengan yang diperoleh pada

penelitian sebelumnya (Chen *et al.*, 2019), sehingga PAJ cocok disimpan untuk waktu lama karena kemampuan retrogradasinya yang rendah.

Viskositas akhir (*Final Viscosity*) mengukur kemampuan pati untuk membentuk viskos (pasta kental) setelah dimasak dan didinginkan. Viskositas akhir PAJ memiliki nilai terendah dibandingkan dengan PJ dan PS, yang menandakan bahwa PAJ tidak cocok digunakan sebagai bahan pengental dalam industri pangan. Tingginya kadar amilopektin pada PAJ berkontribusi terhadap sifat fisik dan kimianya seperti viskositas puncak dan suhu gelatinisasi yang cukup rendah.

Secara keseluruhan, kadar amilosa PAJ berkorelasi negatif terhadap viskositas puncak, viskositas *breakdown*, suhu gelatinisasi, namun berkorelasi positif terhadap *setback*, *Trough viscosity/ hold viscosity*, dan viskositas akhir (*final viscosity*).

### Kecernaan Pati

Kecernaan pati berkaitan erat dengan kesehatan manusia. Berdasarkan tingkat laju hidrolisisnya, fraksi pati diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 3. Nilai kecernaan tertinggi terdapat pada PJ, sementara PAJ memiliki kecernaan terendah dengan nilai RS yang cukup tinggi meskipun tidak berbeda nyata secara statistik dengan PS, yang menandakan bahwa PAJ dan PS sama-sama memiliki respon glikemik yang rendah setelah dicerna.

RDS adalah fraksi granula pati yang menyebabkan peningkatan konsentrasi glukosa darah dengan cepat setelah karbohidrat tertelan.

**Tabel 3.** Kecernaan Pati

Sampel	RDS (%)	SDS (%)	RS (%)
PAJ	18,39 ±0,36 <sup>a</sup>	2,38 ±1,44 <sup>a</sup>	79,23 ±1,08 <sup>b</sup>
PJ	20,3 ±0,65 <sup>b</sup>	5,77 ±1,38 <sup>b</sup>	73,93 ±0,78 <sup>a</sup>
PS	19,64 ±1,16 <sup>ab</sup>	2,77 ±0,37 <sup>a</sup>	77,59 ±1,27 <sup>b</sup>

Keterangan: Huruf yang sama pada baris yang sama menandakan tidak berbeda nyata (p>0,05)

Fraksi pati pada RDS *in vitro* didefinisikan sebagai jumlah pati yang dicerna atau terhidrolisis oleh enzim pencernaan dalam 20 menit pertama dari campuran standar reaksi pencernaan. Tahap akhir RDS dianggap melibatkan perubahan substrat yang kemudian menyebabkan transisi laju produksi oligosakarida atau glukosa, dan pada akhirnya meningkatkan glukosa darah lebih cepat (Dona *et al.*, 2010). Laju hidrolisis dipengaruhi oleh rasio amilosa/ amilopektin dan kompleks amilosa dengan lipid. Umumnya tingkat pencernaan pati akan menurun ketika kadar amilosa meningkat, meskipun kadar amilosa bukan satu-satunya indikator pencernaan (Gidley *et al.*, 2010; Htoon *et al.*, 2009; Vesterinen *et al.*, 2002). Pernyataan ini mendukung hasil penelitian, yang mana nilai RDS terendah terdapat pada PAJ (18,39%) sementara kadar amilosa PAJ juga lebih rendah dari PJ dan PS (Tabel 1). Oleh karena itu amilosa bukan satu-satunya penentu nilai pencernaan. Namun hasil ini dapat dijelaskan melalui hubungannya dengan protein. Protein pada PAJ tergolong tinggi (5,224%). Interaksi pati dengan protein mungkin mengurangi kerentanan PAJ terhadap hidrolisis enzim karena granula pati dapat sepenuhnya tertanam dalam matriks protein di endosperma *corneous* (Siller, 2006).

SDS adalah fraksi pati yang dicerna secara perlahan namun keseluruhannya terjadi di usus halus. SDS pada uji *in vitro* diartikan sebagai pati yang dicerna tepat setelah RDS pada menit ke 120 dalam kondisi konsentrasi substrat dan enzim standar. Fraksi pati molekul SDS tidak terurai di rongga mulut oleh  $\alpha$ -amilase, di lapisan lambung oleh asam lambung, ataupun melalui aksi penggilingan kuat akibat motilitas lambung. Sebagian besar pencernaan SDS terjadi di duodenum, dan dihidrolisis oleh enzim yang disekresikan dari pankreas. Produk hasil degradasi amilolitik SDS, sebagian besar terdiri dari disakarida (maltosa) (Miao *et al.*, 2015). SDS

tertinggi terdapat pada sampel PJ (2,025%) dan terendah pada sampel PS (0,54%). Sementara itu untuk nilai SDS PAJ berada diantara PS dan PJ.

Nilai RS PAJ (11,34%) lebih tinggi dibandingkan PJ (8,73%) dan PS (10,98%) dengan kadar amilosa paling rendah (8,03%). Topping & Clifton, (2001) menyatakan bahwa resistensi pati terhadap pencernaan dimungkinkan terjadi karena sifat instriksinya, sejauh mana makanan dikunyah, hasil perubahan selama pemrosesan, retrogradasi, modifikasi kimiawi, atau karena interaksinya dengan molekul lain, terutama lipid. Kompleks amilosa-lipid telah dikonfirmasi terjadi pada granula pati alami sereal, tetapi karena pati sereal mengandung sekitar 1% lipid, hanya 15-15% fraksi amilosa yang terkomplekskan dengan lipid (Copeland *et al.*, 2009).

Pati resistan (RS) yang merupakan pati yang tidak terdegradasi dengan cepat oleh enzim pencernaan manusia di usus halus, dikaitkan erat dengan manfaatnya terhadap kesehatan karena pelepasan glukosa yang lebih lambat ke aliran darah dan mengakibatkan berkurangnya respon glikemik postprandial dan insulin (Copeland *et al.*, 2009). RS pada pencernaan *in vitro*, mengalami hidrolisis oleh enzim secara terbatas. Menurut Dona *et al.*, (2010) RS selain memberikan dampak positif juga memberikan dampak negatif pada kesehatan, seperti ketika polisakarida yang tidak tercerna di usus halus dan langsung sampai di kolon kemudian difermentasi oleh bakteri akan membentuk asam lemak rantai pendek. Asam lemak jenuh ini umumnya dikaitkan dengan penyakit kardiovaskular, termasuk gagal jantung, serangan jantung, dan juga stroke. Namun seperti yang telah diketahui, sifat fungsional RS hampir sama dengan serat pangan. Serat pangan sebagian besarnya terdiri dari polisakarida nonpati (NSP) seperti arabiloxylan dan b-glukan, dan keduanya (RS dan NSP) telah terbukti sebagai kontributor penting dalam pencegahan



penyakit obesitas, diabetes, dan kanker kolon dan rektal (Topping *et al.*, 2008).

## KESIMPULAN

PAJ memiliki kadar amilosa rendah dan bentuk morfologi poligonal dengan pori/saluran tengah yang tampak jelas. Berdasarkan hal ini, kristalinitas PAJ tergolong tinggi dengan tipe kristalin A, sama seperti PJ dan PS. Struktur pati pada PAJ berkontribusi pada suhu gelatinisasi yang sedikit rendah dibandingkan PJ, viskositas *setback* paling rendah dibanding PJ dan PS yang menandakan PAJ lebih tahan terhadap retrogradasi, kadar RS yang paling tinggi dan RDS yang paling rendah dibandingkan dengan PJ dan PS. Oleh karena itu, PAJ dapat digunakan sebagai bahan tambahan pangan (BTP) untuk olahan pangan yang membutuhkan stabilitas tinggi selama proses penyimpanan dan juga dapat meningkatkan kesehatan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kemenristekdikti yang telah memberikan dana penelitian dosen pemula (PDP) melalui kontrak No.087/SP2H/AMD/LT/DRPM/2020.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bai, X., Dong, Z., Wu, X., Tong, J., & Zhou, J. (2013). Changes in crystalline structure of microspheres of corn starch and amylose under isothermal and temperature cycling treatments. *Industrial Crops and Products*, *51*, 220–223. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.09.007>
- Bamforth, C. W. (2005). *Food Fermentation and Micro-organisms*. USA: Blackwell Publishing Company.
- Chen, J., Chen, Y., Ge, H., Wu, C., Pang, J., & Miao, S. (2019). Multi-scale structure , pasting and digestibility of adlay (*Coixlachryma-jobi L .*) seed starch. *Food Hydrocolloids*, *89*(November 2018), 885–891. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.11.050>
- Chi, C., Li, X., Zhang, Y., Chen, L., Li, L., & Wang, Z. (2017). Food & Function. *Food & Function*, (January). <https://doi.org/10.1039/c6fo01468b>
- Copeland, L., Blazek, J., Salman, H., & Tang, M. C. (2009). Food Hydrocolloids Form and functionality of starch. *Food Hydrocolloids*, *23*(6), 1527–1534. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.09.016>
- Corke, H., Kong, H., & Kong, H. (2016). Coix : Overview, 1–6. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.00008-1>
- Dona, A. C., Pages, G., Gilbert, R. G., & Kuchel, P. W. (2010). Digestion of starch: In vivo and in vitro kinetic models used to characterise oligosaccharide or glucose release. *Carbohydrate Polymers*, *80*(3), 599–617. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.01.002>
- Englyst, H. N., Kingman, S. M., & Cummings, J. H. (1992). Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. In *European Journal of Clinical Nutrition*.
- Englyst, K., Goux, A., Meynier, A., Quigley, M., Englyst, H., Brack, O., & Vinoy, S. (2018). Inter-laboratory validation of the starch digestibility method for determination of rapidly digestible and slowly digestible starch. *Food Chemistry*, *245*(August 2017), 1183–1189. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.037>

- Fiqtinovri, S. M. (2020). Karakteristik Kimia dan Amilografi Mocaf (Modified Cassava Flour) Singkong Gajah (Manihot Utilissima), 6(April), 49–56.
- Fiqtinovri, S. M., Benita, A. M., Marseno, D. W., & Pranoto, Y. (2020). Sifat Fisik, Amilograf, dan Morfologi Pati Biji Lai (Durio kutejensis) Asetilasi Menggunakan Asetat Anhidrat. *AgriTECH*, 40(1), 74. <https://doi.org/10.22146/agritech.33809>
- Gidley, M. J., Hanashiro, I., Hani, N. M., Hill, S. E., Huber, A., Jane, J. L., Liu Q., Morris G.A., Rolland-Sabate A., Striegel A. M., Gilbert, R. G. (2010). Reliable measurements of the size distributions of starch molecules in solution: Current dilemmas and recommendations. *Carbohydrate Polymers*, 79(2), 255–261. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.07.056>
- Goñi, I., Garcia-Alonso, A., & Saura-Calixto, F. (1997). A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutrition Research*. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(97\)00010-9](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(97)00010-9)
- Htoon, A., Shrestha, A. K., Flanagan, B. M., Lopez-Rubio, A., Bird, A. R., Gilbert, E. P., & Gidley, M. J. (2009). Effects of processing high amylose maize starches under controlled conditions on structural organisation and amylase digestibility. *Carbohydrate Polymers*, 75(2), 236–245. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.06.016>
- Kesarwani, A., Chiang, P. Y., & Chen, S. S. (2016). Rapid Visco Analyzer Measurements of japonica Rice Cultivars to Study Interrelationship between Pasting Properties and Farming System. *International Journal of Agronomy*, 2016(February). <https://doi.org/10.1155/2016/3595326>
- Kim, M. J., Choi, S. J., Shin, S. I., Sohn, M. R., Lee, C. J., Kim, Y., Cho W. I., Moon, T. W. (2008). Resistant glutarate starch from adlay: Preparation and properties. *Carbohydrate Polymers*, 74(4), 787–796. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.04.043>
- Kittipongpatana, O. S., Sirithunyalug, J., & Laenger, R. (2006). Preparation and physicochemical properties of sodium carboxymethyl mungbean starches. *Carbohydrate Polymers*, 63(1), 105–112. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.08.024>
- Li, C., Chen, G., Ran, C., Liu, L., Wang, S., & Xu, Y. (2019). Adlay starch-gluten composite gel: Effects of adlay starch on rheological and structural properties of gluten gel to molecular and physicochemical characteristics. *Food Chemistry*, 289(September 2018), 121–129. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.030>
- Li, J., & Corke, H. (1999). Physicochemical properties of normal and waxy job's tears (Coix lachryma-jobi L.) starch. *Cereal Chemistry*, 76(3), 413–416. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.1999.76.3.413>
- Liu, X., Wu, J., Xu, J., Mao, D., Yang, Y., & Wang, Z. (2016). The impact of heat-moisture treatment on the molecular structure and physicochemical properties of Coix seed starches, 1–13. <https://doi.org/10.1002/star.201500290>
- Liu, X., Zhang, B., Xu, J., Mao, D., Yang, Y., & Wang, Z. (2016). Rapid determination of the crude starch content of Coix seed and comparing the pasting and textural properties of the starches, 1–8. <https://doi.org/10.1002/star.201600115>
- Man, J., Cai, J., Cai, C., Xu, B., Huai, H., &

- Wei, C. (2012). Comparison of physicochemical properties of starches from seed and rhizome of lotus. *Carbohydrate Polymers*, 88(2), 676–683.  
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.01.016>
- Miao, M., Jiang, B., Cui, S. W., Zhang, T., & Jin, Z. (2015). Slowly Digestible Starch—A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(12), 1642–1657.  
<https://doi.org/10.1080/10408398.2012.704434>
- Piroski, C. S., Bedin, A. C., Lacerda, L. G., Nogueira, A., & Demiate, I. M. (2021). In Vitro Digestibility of Starch from Ready-to-Eat Cassava and Corn Flours. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 64, 1–14.  
<https://doi.org/10.1590/1678-4324-75years-2021200693>
- Shafie, B., Cheng, S. C., Lee, H. H., & Yiu, P. H. (2016). Characterization and classification of whole-grain rice based on rapid visco analyzer (RVA) pasting profile. *International Food Research Journal*, 23(5), 2138–2143.
- SILLER, A. D. C. P. (2006). *IN VITRO STARCH DIGESTIBILITY AND ESTIMATED GLYCEMIC INDEX OF SORGHUM PRODUCTS*. Texas A&M University. Retrieved from [http://www.ramr.org/articulos/volumen\\_8\\_numero\\_2/casuistica/casuisticas\\_ema\\_ngioendotelioma\\_epitelioides\\_de\\_pleura.pdf](http://www.ramr.org/articulos/volumen_8_numero_2/casuistica/casuisticas_ema_ngioendotelioma_epitelioides_de_pleura.pdf)  
<https://www.hindawi.com/journals/crira/2017/5972940/>  
<http://www.echeat.com/free-essay/Understanding-the-Basics-of-American-Football-31>
- Syahputri, D. A., & Wardani, A. K. (2015). PENGARUH FERMENTASI JALI ( *Coix lacryma jobi-L* ) PADA PROSES PEMBUATAN TEPUNG TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK DAN KIMIA COOKIES DAN ROTI TAWAR Effects of Jali ( *Coix lacryma jobi-L* ) Fermentation in Flour Production on Physical and Chemical Characteristics o, 3(3), 984–995.
- Topping, D. L., Bajka, B. H., Bird, A. R., Clarke, J. M., Cobiac, L., Conlon, M. A., Morell M. K., Toden, S. (2008). Resistant starches as a vehicle for delivering health benefits to the human large bowel. *Microbial Ecology in Health and Disease*, 20(2), 103–108.  
<https://doi.org/10.1080/08910600802106541>
- Topping, D. L., & Clifton, P. M. (2001). Short-chain fatty acids and human colonic function: Roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiological Reviews*, 81(3), 1031–1064.  
<https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.3.1031>
- Ulfa, G. M., Putri, W. D. R., Fibrianto, K., Prihatiningtyas, R., & Widjanarko, S. B. (2020). The influence of temperature in swelling power, solubility, and water binding capacity of pregelatinised sweet potato starch. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 475(1).  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/475/1/012036>
- Vesterinen, E., Myllärinen, P., Forssell, P., Söderling, E., & Autio, K. (2002). Structural properties in relation to oral enzymatic digestibility of starch gels based on pure starch components and high amylose content. *Food Hydrocolloids*, 16(2), 161–167.  
[https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(01\)00073-X](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00073-X)
- Wang, L., Chen, C., Su, A., Zhang, Y., Yuan, J., & Ju, X. (2016). Structural characterization of phenolic compounds and antioxidant activity of the phenolic-rich fraction from defatted adlay ( *Coix lachryma-jobi L. var. ma-yuen Stapf* ) seed meal. *FOOD CHEMISTRY*, 196,

- 509–517.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.083>
- Wu, T. T., Charles, A. L., & Huang, T. C. (2007). Determination of the contents of the main biochemical compounds of Adlay (*Coxi lachrymal-jobi*). *Food Chemistry*, *104*(4), 1509–1515. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.02.027>
- Yu, S., Ma, Y., Menager, L., & Sun, D. W. (2012). Physicochemical Properties of Starch and Flour from Different Rice Cultivars. *Food and Bioprocess Technology*, *5*(2), 626–637. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0330-8>
- Zhu, F. (2017). Coix: chemical composition and health effects. *Trends in Food Science & Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.12.03>