



## ARTICLE

## Karakteristik Pati dari Limbah Biji Salak (*Salacca zalacca*)

Budiman Anwar<sup>1\*</sup>, Eva Nurjanah<sup>1</sup>, Rizka Putri Aprilia<sup>1</sup>, Soja Siti Fatimah<sup>1</sup>, Ahmad Mudzakir<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Chemistry Department, Universitas Pendidikan Indonesia, Dr. Setiabudi 229 Bandung, Indonesia

Correspondence: E-mail: [budimananwar@upi.edu](mailto:budimananwar@upi.edu)

### ABSTRAK

Pati merupakan biopolimer yang keberadaannya sangat melimpah di alam dan harganya relatif murah, sehingga pati dianggap sebagai kandidat yang menjanjikan untuk pengembangan material yang terbarukan, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Pati dapat diisolasi dari berbagai macam tumbuhan dengan berbagai macam metode, dan karakteristik pati sangat tergantung pada sumber dan metode isolasi yang digunakan. Pada penelitian ini telah dilakukan isolasi dan karakterisasi pati dari limbah biji salak. Pati diisolasi dari biji salak dengan menggunakan dua metode yang berbeda yaitu metode 1: blend - perlakuan basa - bleaching dan metode 2: "perlakuan basa-bleaching-alkohol". Pati yang diisolasi dengan menggunakan metode 1 dan metode 2 berturut-turut disebut PBS1 dan PBS2. Spektra infra merah PBS1 dan PBS2 menunjukkan puncak-puncak serapan khas untuk gugus fungsi yang terdapat dalam pati. Hasil analisis difraksi sinar-X menunjukkan bahwa polimorfi PBS1 dan PBS2 berturut-turut adalah pati jenis A dan C dengan indeks kristalinitas 20,19% dan 24,23%. Citra Scanning Electron Microscopy memperlihatkan bahwa PBS1 lebih menggumpal daripada PBS2 dengan diameter rata-rata berturut-turut 77  $\mu\text{m}$  dan 66  $\mu\text{m}$ . Pati biji salak mulai terdegradasi pada suhu 219 °C untuk PBS1 dan 236 °C untuk PBS2.

Received 21 Jul 2022  
Revised 30 Sept 2022  
Published 20 Oct 2022

**Kata Kunci:** pati, biji salak, karakteristik pati, metode isolasi pati.

### ABSTRAK

Starch is a biopolymer that is very abundant in nature and relatively inexpensive, so it is considered a promising candidate for the development of renewable, sustainable, and environmentally friendly materials. Starch can be isolated from various plants by several methods, and its characteristics are really dependent on the source and isolation method. In this work, the isolation and characterization of starch from zalacca seed waste was performed. Starch was isolated from zalacca seeds using two methods, namely blend-base treatment-bleaching and base treatment-bleaching-alkohol, resulted in PBS1 and PBS2, respectively. The infrared spectra of PBS1 and PBS2 show the typical absorption peaks for the functional groups in starch. The results of X-ray diffraction analysis showed that the polymorphy of PBS1 and PBS2 were A and C-types with a crystallinity index of 20.19% and 24.23%, respectively. Scanning Electron Microscopy images show that PBS1 was more agglomerated than PBS2 with an average diameter of 77  $\mu\text{m}$  and 66  $\mu\text{m}$ , respectively. zalacca seed starch began to degrade at a temperature of 219 °C for PBS1 and 236 °C for PBS2.

**Keywords:** starch, zalacca seed, starch characteristics, starch isolation method.

### PENDAHULUAN

Beberapa dekade terakhir, material polimer sintetik telah banyak digunakan pada hampir semua bidang aktivitas manusia. Akan tetapi, penggunaan polimer sintetik dihadapkan pada dua masalah besar, yaitu (1) bahan baku material polimer ini berasal dari minyak bumi yang merupakan sumber daya alam yang terbatas dan (2)

sifatnya yang tidak dapat terbiodegradasi sehingga menyebabkan masalah lingkungan yang serius [1]. Oleh karena itu, diperlukan material alternatif lain yang dapat diperbaharui, berkelanjutan, serta ramah lingkungan.

Granula pati terdiri dari dua biopolimer utama  $\alpha$ -D-glukosa, yaitu amilosa, homopolimer dari glukosa rantai lurus yang dihubungkan oleh ikatan  $\alpha$ -(1-4); dan amilopektin, homopolimer rantai glukosa  $\alpha$ -(1-4) dengan cabang pada  $\alpha$ -(1-6) [2]. Pati  $[(C_6H_{12}O_5)_n]$  yang dihasilkan dari reaksi karbon dioksida dan air melalui fotosintesis

tumbuhan, merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui, berkelanjutan, biodegradable, keberadaannya melimpah, serta harganya relatif murah, sehingga pati dianggap sebagai kandidat yang menjanjikan untuk dikembangkan sebagai material alternatif pengganti polimer sintetik [3,4,5]. Saat ini, pati telah digunakan dalam berbagai bidang industri, diantaranya adalah industri makanan, tekstil, kosmetik, plastik, perekat, kertas, dan farmasi [6].

Karakteristik pati menentukan aplikasi dari pati tersebut dan karakteristik pati sangat tergantung dari sumber dan metode isolasi yang digunakan. Penelitian sebelumnya telah dilakukan isolasi pati dari berbagai sumber, diantaranya pisang dengan kandungan pati 92,5% [7]; sorgum dengan kandungan pati 68,7 - 70,6% [8]; gandum dengan kandungan pati 90,41 - 92,26% [9]; biji pinhao dengan kandungan pati 70% [10]; kacang hijau dengan kandungan pati 99,22 - 99,80% [11]; padi, jagung, jelai, oat, kacang, kentang dengan kandungan pati berturut-turut 75%, 60%, 43%, 40%, 14 - 18% [12].

Salak merupakan salah satu tanaman buah tropis asli Indonesia. Hal ini tercermin dari ragam varietas salak yang dapat dijumpai di hampir semua provinsi di wilayah nusantara [13]. Menurut Kementerian Pertanian Republik Indonesia (2017), produksi salak di Indonesia 5 tahun terakhir berturut-turut mencapai 1.035.406 ton (2012), 1.030.401 ton (2013), 1.118.953 ton (2014), 965.198 (2015), dan 702.345 (2016). Salah satu bagian salak yang kurang dimanfaatkan adalah bijinya. Diketahui bahwa kandungan terbanyak dalam biji salak adalah karbohidrat [14]. Biji salak merupakan limbah buah salak yang memiliki porsi sekitar 25-30% dari buah salak utuh. Biji salak sulit dihancurkan karena mempunyai tekstur yang keras. Keberadaan limbah biji salak yang cukup melimpah dan tidak termanfaatkan menarik untuk diteliti dalam rangka menggali potensinya. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode untuk mengisolasi karbohidrat yang terkandung dalam biji salak sebagai sumber material yang terbarukan, berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Berdasarkan penelusuran literatur, belum ada laporan tentang penggunaan limbah biji salak sebagai sumber pati. Telah diketahui bahwa karakteristik pati akan mempengaruhi kinerja dalam penerapannya. Sedangkan karakteristik pati tergantung pada sumber dan metode isolasinya. Dalam penelitian ini telah dilakukan isolasi pati dari biji salak dengan dua metode yang berbeda, yaitu "blend-perlakuan *basa-bleaching*" dan "perlakuan *basa-bleaching-alkohol*" serta karakterisasinya. Karakterisasi meliputi analisis gugus fungsi secara spektroskopi infra merah (FTIR), penentuan jenis polimorfi dan indeks kristalinitas dengan difraksi sinar-X (XRD), morfologi dan distribusi ukuran partikel secara Scanning Electron Microscopy (SEM), dan kestabilan termal dengan analisis termogravimetri (TGA).

## METODE

### 2.1 Preparasi biji salak

Biji salak yang telah dipisahkan dari dagingnya dikeringkan dengan cara dijemur sampai menciut untuk menghilangkan kadar air. Pengeringan kembali dilakukan pada biji salak dengan cara dipanaskan pada suhu  $\pm 180$  °C selama 10 menit. Biji salak kemudian dipotong-potong menjadi 3-4 bagian dan dihancurkan kasar dengan cara ditumbuk. Biji salak yang telah ditumbuk kemudian dihaluskan dengan ball milling.

### 2.2 Isolasi pati dari biji salak

Metode 1: Serbuk biji salak ditimbang  $\pm 10$  g kemudian ditambahkan aquades dan di-blend selama 10 menit. Hasil blend diperas lalu dibilas dengan aquades [15]. Ampas (residu) yang diperoleh dikeringkan dengan cara dipanaskan pada suhu 70 - 80 °C kemudian direfluks dengan menggunakan larutan NaOH 4% selama 3 jam [16]. Hasil refluks difiltrasi, dibilas, lalu dikeringkan residunya. Residu yang telah dikeringkan, di-bleaching dengan menggunakan larutan NaClO<sub>2</sub> 3% yang pH-nya diatur pada skala 4 dengan menggunakan larutan CH<sub>3</sub>COOH [17]. Proses bleaching dilakukan dengan pengadukan konstan selama 30 menit pada suhu 80 °C. Hasil bleaching difiltrasi, dibilas, lalu dikeringkan residunya.

Metode 2: Serbuk biji salak ditimbang  $\pm 10$  g kemudian direfluks dengan menggunakan larutan NaOH 4% [16] selama 3 jam. Hasil refluks difiltrasi, dibilas, lalu dikeringkan residunya. Residu yang telah dikeringkan, di-bleaching dengan menggunakan larutan NaClO<sub>2</sub> 3% yang telah diatur pH-nya pada skala 4 dengan menggunakan larutan CH<sub>3</sub>COOH [17]. Proses bleaching dilakukan dengan pengadukan konstan selama 30 menit pada suhu 80 °C. Hasil bleaching difiltrasi, dibilas, lalu dikeringkan residunya. Residu yang telah dikeringkan, ditambahkan larutan alkohol dengan pengadukan konstan selama 15 menit kemudian difiltrasi, dibilas, dan dikeringkan.

### 2.3 Karakterisasi

Spektra serbuk pati biji salak direkam menggunakan alat *Prestige 21 Shimadzu FTIR spectrometer* pada suhu kamar. Sampel dibuat pelet KBr dan dianalisis pada daerah bilangan 4500 - 420 cm<sup>-1</sup> dengan resolusi pemindaian 2 cm<sup>-1</sup>.

Difraktogram serbuk pati biji salak diperoleh pada suhu kamar dengan alat *PANalytical X'Pert PRO seri PW3040/X0 difractometer* menggunakan radiasi CuK $\alpha$  ( $\lambda = 1,54$  Å). Beda potensial dan arus yang digunakan berturut-turut adalah 40 kV dan 30 mA. Pemindaian dilakukan pada rentang 2 $\theta$  dari 5° sampai 40° dengan dengan step interval 0,0170° dan laju pemindaian 2,905°/detik.

Morfologi dan ukuran pati biji salak dipelajari dengan menggunakan SEM. Sampel kering dilapisi emas/paladium menggunakan ion sputter coater kemudian diamati dengan *JEOL JSM-6360LA Scanning Electron Microscope*

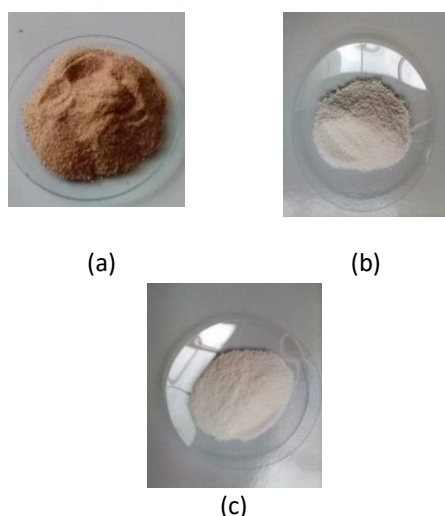
dengan akselerasi tegangan operasi pada 10 kV dan perbesaran 100X dan 1.000X.

Analisis termogravimetri dilakukan dengan menggunakan alat *STA PT1600* untuk menentukan kestabilan termal pati biji salak. Sejumlah massa tertentu dari tiap sampel dipanaskan dari 40 hingga 600 °C dengan laju pemanasan 10 °C per menit dalam atmosfer nitrogen. Kurva *Derivative Thermogravimetry* (DTG) diturunkan dari kurva TGA untuk mengetahui suhu pada saat laju kehilangan paling banyak terjadi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Isolasi pati dari biji salak

Metode 1 dan 2 berhasil mengisolasi pati dari limbah biji salak dengan rendemen berturut-turut 53,33% dan 59,10%. Pati yang diisolasi dengan menggunakan metode 1 selanjutnya disebut PBS1, sedangkan untuk metode 2 disebut PBS2. Gambar 1 memperlihatkan fotograf serbuk biji salak, PBS1 dan PBS2. Iktisar hasil isolasi pati dari limbah biji salak diberikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Foto (a) serbuk biji salak, (b) PBS1, dan (c) PBS2

Tabel 1. Ikhtisar hasil isolasi pati dari limbah biji salak

Metode	Massa serbuk biji salak (g)	Massa pati (g)	Rendemen (%)	Warna	Bentuk Granula
I	10,0006	5,3338	53,33%	Putih keabuan	Lebih kasar
II	10,0000	5,9096	59,10%	Relatif lebih putih	Lebih halus

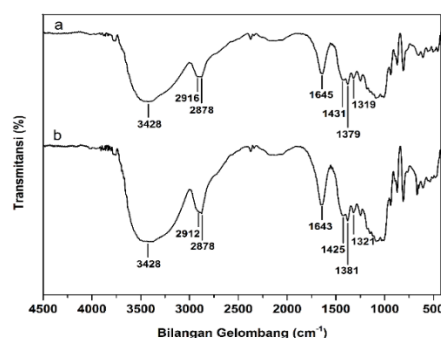
### 3.2. Analisis FTIR

Analisis FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang terdapat dalam struktur kimia pati [18]. Gambar 1 dan 2 memperlihatkan bahwa spektra PBS1 dan

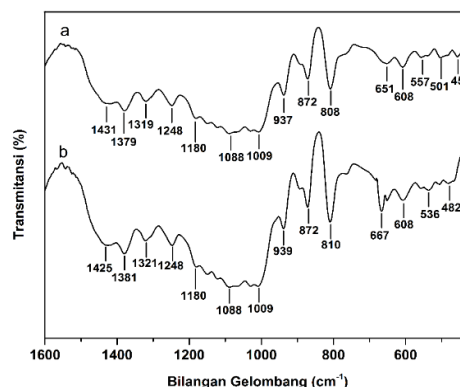
PBS2 tidak jauh berbeda. Akan tetapi, terdapat puncak-puncak yang mengalami sedikit pergeseran pada beberapa bilangan gelombang. Hal ini disebabkan karena keberadaan ikatan  $\alpha$ -1,6 dari amilopektin yang mengakibatkan puncak bergeser ke bilangan gelombang yang lebih tinggi [19]. Puncak 3428  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya regangan gugus O-H. Kedua sampel pati memunculkan puncak yang sama pada daerah tersebut. Regangan C-H, muncul puncak pada 2916  $\text{cm}^{-1}$  untuk PBS1 dan 2912  $\text{cm}^{-1}$  untuk PBS2 dengan perbedaan intensitas. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh variasi jumlah amilosa dan amilopektin yang terkandung dalam pati [19].

Puncak serapan 1645  $\text{cm}^{-1}$  pada PBS1 dan 1643  $\text{cm}^{-1}$  pada PBS2, menunjukkan adanya molekul air yang teradsorpsi pada daerah amorf. Pergeseran puncak pada daerah tersebut berkaitan dengan kristalinitas. Semakin kecil bilangan gelombangnya, maka kristalinitasnya semakin tinggi [20]. Perbedaan kristalinitas dalam pati dapat berpengaruh pada puncak serapan tersebut. Selain itu, pergeseran puncak serapan tersebut dapat pula disebabkan oleh adanya perbedaan polimorfi kristal pati [19].

Puncak serapan di sekitar 930  $\text{cm}^{-1}$  merupakan puncak serapan serapan ikatan  $\alpha$ -1,4 yang khas untuk pati, dan puncak serapan ini membedakannya dengan selulosa [21]. Puncak serapan tersebut muncul pada 937  $\text{cm}^{-1}$  untuk PBS1 dan 939  $\text{cm}^{-1}$  untuk PBS2, (Sekkal, dkk. 1995). Puncak serapan pada daerah tersebut bergeser ke bilangan gelombang yang lebih rendah seiring dengan menurunnya kandungan air [22].



Gambar 2. Spektra FTIR untuk (a) PBS1 dan (b) PBS2

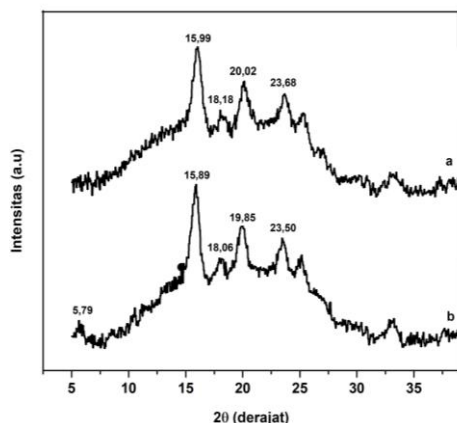


Gambar 3. Spektra FTIR pada daerah bilangan gelombang 1600 – 450  $\text{cm}^{-1}$  untuk (a) PBS1 dan (b) PBS2

Di bawah daerah  $800\text{ cm}^{-1}$  muncul puncak-puncak yang mengindikasikan adanya cincin piranosa [19], yaitu  $457\text{ cm}^{-1}$ ,  $501\text{ cm}^{-1}$ ,  $557\text{ cm}^{-1}$ ,  $607\text{ cm}^{-1}$ ,  $651\text{ cm}^{-1}$  untuk PBS1 dan  $482\text{ cm}^{-1}$ ,  $536\text{ cm}^{-1}$ ,  $607\text{ cm}^{-1}$ ,  $667\text{ cm}^{-1}$  PBS2.

### 3.3. Analisis XRD

Analisis XRD bertujuan untuk mengetahui informasi mengenai polimorfi dan indeks kristalinitas dari pati biji salak. Gambar 4 memperlihatkan pola difraktogram dari pati biji salak untuk PBS1 dan PBS2. Pati biji salak untuk sampel 1 dan sampel 2 mempunyai pola spektrum difraksi sinar X yang hampir serupa. Puncak-puncak difraksi PBS1 dan PBS2 beserta intensitasnya diberikan pada Tabel 2.



Gambar 4. Difraktogram untuk (a) PBS1 dan (b) PBS2

Polimorf pati tipe A mempunyai puncak difraksi khas dengan intensitas kuat pada  $2\theta$  sekitar  $15^\circ$  dan  $23^\circ$  serta puncak dengan intensitas lemah sekitar  $18^\circ$ . Sedangkan polimorf pati tipe B mempunyai puncak difraksi terkuat sekitar  $17^\circ$  dan puncak khas pada  $5,6^\circ$ ; disamping beberapa puncak lemah lainnya di sekitar  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $22^\circ$ , dan  $24^\circ$  [11]. Polimorf pati tipe C merupakan campuran pati tipe A dan tipe B [23], yang ditandai dengan puncak difraksi kuat pada  $17^\circ$  dan  $23^\circ$  serta beberapa puncak kecil sekitar  $5,6^\circ$  dan  $15^\circ$ . Berdasarkan pola difraksi sinar-X pada Gambar 4, dapat ditentukan bahwa PBS1 merupakan pati dengan polimorf tipe A, sedangkan PBS2 merupakan pati dengan polimorf tipe C. Seperti telah diketahui, pati tipe A memiliki struktur kristal monoklinik, pati tipe B memiliki struktur kristal heksagonal, dan pati tipe C merupakan gabungan struktur kristal dari tipe A dan tipe B [23].

Perbedaan polimorfi antara PBS1 dan PBS2 diakibatkan oleh perbedaan perlakuan saat proses isolasi [24]. Selain itu, polimorfi kristal pati dipengaruhi pula oleh beberapa faktor, diantaranya suhu pertumbuhan kristal, keberadaan alkohol, dan asam lemak. Polimorfisme pati ditentukan pula oleh panjang rantai (chain length, CL) amilopektin [25]. Perbedaan tipe polimorf pati menyebabkan sifat fisik yang berbeda dan pada gilirannya akan mempunyai aplikasi yang berbeda. Pati tipe A diaplikasikan pada industri pembuatan film plastik biodegradable dan kertas tanpa karbon [9]. Pati tipe C bisa digunakan secara komprehensif dalam industri kertas, tekstil, dan makanan disebabkan stabilitas dan kejernihan yang tinggi, viskositas yang

rendah pada konsentrasi tinggi, dan kapasitas pembentukan film yang mudah terlihat [24].

Indeks kristalinitas PBS1 dan PBS2 berturut-turut adalah 20,19% dan 24,23%. Indeks kristalinitas keduanya tidak jauh berbeda secara signifikan. Indeks kristalinitas berhubungan dengan kekuatan ikatan internal dalam molekul dan derajat kekuatan ikatan antar-rantai molekul dalam pati [26].

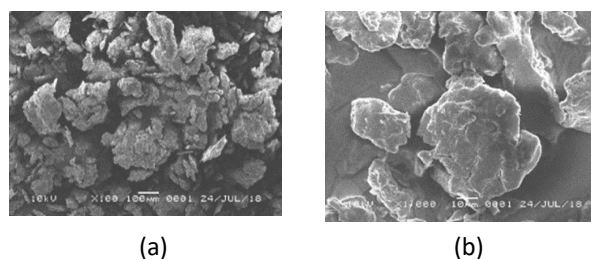
Tabel 2. Puncak difraksi untuk PBS1 dan PBS2

No.	PBS1		PBS2	
	$2\theta$ ( $^\circ$ )	Intensitas (cts)	$2\theta$ ( $^\circ$ )	Intensitas (cts)
1	15,99	134	5,79	16
2	18,18	16	15,89	161
3	20,02	69	18,06	24
4	23,68	58	19,85	76
5	25,35	42	23,50	62

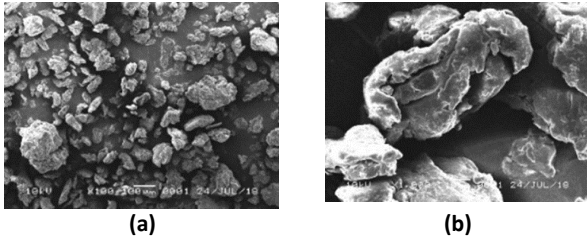
### 3.4. Analisis SEM

Analisis SEM dilakukan untuk mengetahui informasi mengenai morfologi dan distribusi ukuran partikel PBS1 dan PBS2. Gambar 4 dan 5 memperlihatkan morfologi PBS1 dan PBS2. Granula PBS1 dan PBS2 memiliki bentuk yang relatif sama dan keduanya terlihat membentuk suatu agregat. Hal ini menunjukkan bahwa kedua sampel masih mengandung air. PBS2 terlihat lebih kecil dan lebih terpisah daripada PBS1. Hal ini diduga karena saat tahap isolasi PBS2 ditambahkan alkohol sehingga partikel-partikelnya lebih terpisah. PBS1 mengandung air lebih banyak dari PBS2 sehingga lebih menggumpal, hal ini akan dikonfirmasi dengan analisis termogravimetri pada diskusi selanjutnya.

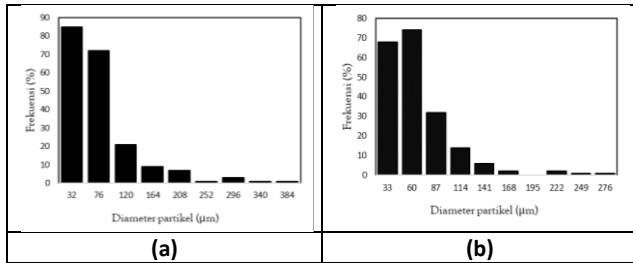
Distribusi ukuran partikel PBS1 dan PBS2 diperoleh dari citra SEM dengan mengukur 200 partikel menggunakan aplikasi perangkat lunak ImageJ. Distribusi ukuran partikel PBS1 dan PBS2 diperlihatkan Gambar 7. Ukuran partikel rata-rata PBS1 dan PBS2 yang diperoleh tidak jauh berbeda secara signifikan, yaitu berturut-turut  $77\ \mu\text{m}$  dan  $66\ \mu\text{m}$ .



Gambar 5. Citra SEM PBS1 dengan pembesaran (a) 100x dan (b) 1.000x



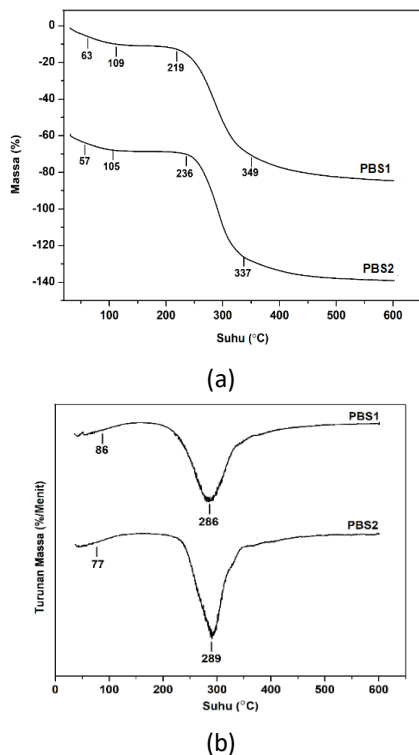
Gambar 6. Citra SEM PBS2 dengan pembesaran (a) 100x dan (b) 1.000x



Gambar 7. Distribusi ukuran partikel berdasarkan citra SEM (a) PBS1 dan (b) PBS2

### 3.5. Analisis Termogravimetri

Analisis termogravimetri dilakukan untuk mengetahui perubahan sifat fisik dan kimia suatu material terhadap suhu. Pada TGA, perubahan berat sampel sebagai fungsi dari suhu maupun waktu direkam secara otomatis [27]. Gambar 8 memperlihatkan dua tahapan kehilangan massa pada PBS1 dan PBS2.



Gambar 8. Kurva (a) TGA dan (b) DTG untuk PBS1 dan PBS2

Seiring pemanasan, pada rentang suhu sekitar 55 °C hingga 110 °C, terjadi penurunan massa sebanyak 9,54% untuk PBS1 dan 9,11% untuk PBS2. Tahap pertama merupakan pengurangan massa akibat terjadinya penguapan air dan senyawa lainnya yang mudah menguap [28]. Pada tahap ini, pengurangan massa PBS1 sedikit lebih besar daripada PBS2. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan air pada PBS1 lebih besar daripada PBS2. Hal inilah yang menyebabkan bentuk partikel PBS1 lebih menggumpal daripada PBS2.

Tahapan kedua merupakan proses dehidrasi kimia dan dekomposisi termal, proses ini mulai terjadi pada suhu sekitar 300 °C melalui kondensasi termal antara gugus hidroksil dari rantai pati membentuk segmen eter dan membebaskan molekul air serta spesi molekul kecil lainnya [29]. Pada tahap ini gugus-gugus hidroksil terlepas dari cincin glukosa membentuk air, selain itu terjadi pembentukan senyawa karbonil (aldehid), yaitu CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, dan C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O [30]. Daerah amorf pada pati akan terdekomposisi lebih cepat pada suhu yang lebih rendah daripada daerah kristalin. Hal ini disebabkan ikatan pada daerah amorf lebih lemah daripada pada daerah kristalin, sehingga energi yang dibutuhkan untuk memutuskan ikatan pada daerah amorf lebih rendah daripada daerah kristalin. Dari kurva TGA diketahui bahwa PBS1 mulai terdekomposisi pada suhu 219 °C, sedangkan PBS2 mulai terdekomposisi pada suhu 236 °C. Hal ini dapat difahami karena PBS2 lebih kristalin daripada PBS1. Laju dekomposisi mencapai puncak maksimum berturut-turut untuk PBS1 dan PBS2 terjadi pada suhu 286 °C dan 289 °C. Tahap terakhir adalah reaksi karbonisasi, pada tahap ini terjadi reaksi oksidasi residu karbon padat [31]. Tahap ini terjadi pada rentang suhu 350 - 500 °C. Pada tahap ini, intensitas relatif resonansi karbon aromatik meningkat sedangkan intensitas karbon alifatik menurun. Struktur aromatik terkonjugasi yang terbentuk relatif lebih besar pada suhu 600 °C dan pemanasan lebih lanjut akan menghasilkan karbon dengan struktur amorf [29]. Kehilangan massa PBS2 (69,10%) yang lebih kecil daripada PBS1 (71,45%), menunjukkan bahwa pati PBS2 lebih stabil secara termal daripada PBS1. Kestabilan termal PBS2 ditunjukkan pula oleh laju dekomposisi maksimum PBS2 pada kurva DTG yang lebih tinggi daripada PBS1. Beberapa faktor yang mempengaruhi stabilitas termal pati, diantaranya adalah kandungan amilosa, ukuran partikel, dan kristalinitas pati [30].

### KESIMPULAN

Pati dapat diisolasi biji salak dengan menggunakan metode “blend - perlakuan basa – bleaching” maupun metode “perlakuan basa – bleaching – alkohol” dengan rendemen berturut-turut 53,33% dan 59,10%. Metode isolasi yang berbeda menyebabkan perbedaan dalam jenis polimorfi, kristalinitas, ukuran granula, dan kestabilan termal. PBS1 dan PBS2 berturut-turut mempunyai polimorf tipe A dan C. Kristalinitas PBS1 (20,19%) lebih kecil



daripada PBS2 (24,23%). Bentuk partikel PBS1 lebih menggumpal daripada PBS2 dengan ukuran partikel rata-rata berturut-turut 77 µm dan 66 µm. PBS2 memiliki kestabilan termal yang lebih baik daripada PBS1. PBS1 mulai terdegradasi pada suhu 219 °C, sedangkan PBS2 mulai pada suhu 236 °C. Pati yang diperoleh dari sumber yang murah dan ramah lingkungan dapat digunakan untuk berbagai keperluan.

## REFERENSI

- [1] D.R. Lu, C.M. Xiao, S.J. Xu, "Starch-Based Completely Biodegradable Polymer Materials", *Express polymer letters*, 3(6), pp. 366-375, 2009.
- [2] S. Srichuwong, N. Isono, T. Mishima, M. Hisamatsu, "Structure of Lintnerized Starch is Related to X-Ray Diffraction Pattern and Susceptibility to Acid and Enzyme Hydrolysis of Starch Granules", *International Journal of Biological Macromolecules*, 37, pp. 115-121, 2005.
- [3] N. Teramoto, T. Motoyama, R. Yosomiya, M. Shibata, "Synthesis, Thermal Properties, and Biodegradability of Propyl-Etherified Starch", *European Polymer Journal*, 39(2) pp. 255-261, 2003.
- [4] M.A. Araújo, A.M. Cunha, M. Mota, "Enzymatic Degradation of Starch-Based Thermoplastic Compounds Used in Protheses: Identification of The Degradation Products in Solution", *Biomaterials*, 25(13), pp. 2687-2693, 2004.
- [5] D. Le Corre, H. Angellier-Coussy, "Preparation and Application of Starch Nanoparticles for Nanocomposites: A Review", *Reactive and Functional Polymers*, 85, pp. 97-120, 2014.
- [6] R.V. Manek, P.F. Builders, W.M. Kolling, M. Emeje, O.O. Kunle, "Physicochemical and Binder Properties of Starch Obtained from *Cyperus Esculentus*", *Aaps Pharmscitech*, 13(2), pp. 379-388, 2012.
- [7] R.A. González-Soto, R. Mora-Escobedo, H. Hernández-Sánchez, M. Sánchez-Rivera, L.A. Bello-Pérez, "Extrusion of Banana Starch: Characterization of The Extrudates", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(2), pp. 348-356, 2007.
- [8] Y. Ai, J. Medic, H. Jiang, D. Wang, J.L. Jane, "Starch Characterization and Ethanol Production of Sorghum", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(13), pp. 7385-7392, 2011.
- [9] M. Peng, M. Gao, E.S. Abdel-Aal, P. Hucl, R.N. Chibbar, "Separation and characterization of A-and B-type starch granules in wheat endosperm", *Cereal Chemistry*, 76(3), pp. 375-379, 1999.
- [10] L.A. Bello-Pérez, F.J. García-Suárez, G. Méndez-Montealvo, J.R. Oliveira do Nascimento, F.M. Lajolo, B.R. Cordenunsi, "Isolation and Characterization of Starch from Seeds of *Araucaria Brasiliensis*: A Novel Starch for Application in Food Industry", *Starch-Stärke*, 58(6), pp. 283-291, 2006.
- [11] P. Triwitono, Y. Marsono, A. Murdiati, D.W. Marseno, "Isolasi dan Karakterisasi Sifat Pati Kacang Hijau (*Vigna Radiata* L.) Beberapa Varietas Lokal Indonesia", *Agritech*, 37(2), pp. 192-198, 2017.
- [12] N. Widmann, M. Goian, I. Ianculov, D. Dumbravă, C. Moldovan, "Method to starch content determination from plants by specific weight", *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 41(1), pp. 814-818, 2008.
- [13] R. Rukmana, SALAK: Prospek Agribisnis dan Teknik Usaha Tani, edisi pertama, Kanisius Yogyakarta, 1999.
- [14] M.R. Indriati, "Pengaruh Lama Penyangraian dan Penambahan Gula Kelapa pada Pembuatan Bubuk Biji Salak dengan Derajat Penyangraian Berat terhadap Karakteristik dan Aktivitas Antioksidan", Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, 2015.
- [15] F.K. Sari, Nurhayati, Djumarti, "Ekstraksi Pati Resisten dari Tiga Varietas Kentang Lokal yang Berpotensi sebagai Kandidat Prebiotik", *Berkala Ilmiah Pertanian*, 1(2), pp. 38-42, 2013.
- [16] A.S.N. Musa, I.M. Umar, M. Ismail, "Physicochemical properties of germinated brown rice (*Oryza sativa* L.) starch", *African Journal of Biotechnology*, 10(33), pp. 6281-6291, 2011.
- [17] A. Mandal, D. Chakrabarty, "Isolation of nanocellulose from Waste Sugarcane Bagasse (SCB) and its Characterization", *Carbohydrate Polymers*, 86(3), pp. 1291-1299, 2011.
- [18] A. Dufresne, J. Castaño, "Polysaccharide Nanomaterial Reinforced Starch Nanocomposites: A Review", *Starch-Stärke*, 69(1-2), pp. 1500307, 2017.
- [19] R. Kizil, J. Irudayaraj, K. Seetharaman, "Characterization of Irradiated Starches by Using FT-Raman and FTIR Spectroscopy". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(14), pp. 3912-3918, 2002.
- [20] N. Santha, K.G. Sudha, K.P. Vijayakumari, V.U. Nayar, S.N. Moorthy, "Raman and Infrared Spectra of Starch Samples of Sweet Potato and Cassava", *Journal of Chemical Sciences*, 102(5), pp. 705-712, 1990.
- [21] M. Sekkal, V. Dincq, P. Legrand, J.P. Huvenne, "Investigation of The Glycosidic Linkages in Several Oligosaccharides Using FT-IR and FT Raman Spectroscopies", *Journal of Molecular Structure*, 349, pp. 349-352, 1995.
- [22] I. Capron, P. Robert, P. Colonna, M. Brogly, V. Planchot, "Starch in Rubbery and Glassy States by FTIR Spectroscopy", *Carbohydrate polymers*, 68(2), pp. 249-259, 2007.
- [23] J.L. Jane, "Current Understanding on Starch Granule Structures", *Journal of Applied Glycoscience*, 53(3), pp. 205-213, 2006.

- [24] Z. Guo, X. Jia, B. Zhao, S. Zeng, J. Xiao, B. Zheng, "C-Type Starches and Their Derivatives: Structure and Function", *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1398(1), pp. 47-61, 2017.
- [25] S. Pérez, E. Bertoft, "The Molecular Structures of Starch Components and Their Contribution to The Architecture of Starch Granules: A Comprehensive Review", *Starch-Stärke*, 62(8), pp. 389-420, 2010.
- [26] P.M. Gonçalves, C.P.Z. Noreña, N.P. da Silveira, A. Brandelli, "Characterization of starch nanoparticles obtained from *Araucaria angustifolia* seeds by acid hydrolysis and ultrasound", *LWT-Food Science and Technology*, 58(1), pp. 21-27, 2014.
- [27] A. Setiabudi, R. Hardian, A. Mudzakir, "Karakterisasi Material: Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia", UPI Pressm, Bandung, 2012.
- [28] A.A. Soliman, N.A. El-Shinnawy, F. Mobarak, "Thermal Behaviour of Starch and Oxidized Starch", *Thermochimica Acta*, 296(1-2), pp. 149-153, 1997.
- [29] X. Liu, Y. Wang, L. Yu, Z. Tong, L. Chen, H. Liu, X. Li, "Thermal Degradation and Stability of Starch Under Different Processing Conditions *Starch-Stärke*, 65(1-2), pp. 48-60, 2013.
- [30] P.V.F. Lemos, L.S. Barbosa, I.G. Ramos, R.E. Coelho, J.I. Druzian, "The Important Role of Crystallinity and Amylose Ratio in Thermal Stability of Starches", *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 131(3), pp. 2555-2567, 2018.
- [31] E. Rudnik, G. Matuschek, N. Milanov, A. Kettrup, "Thermal Stability and Degradation of Starch Derivatives", *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 85(2), pp. 267-270, 2006.