

Isolasi dan karakterisasi selulosa dari jantung pisang kepok kuning (*Musa balbisiana* Colla)

Isolation and characterization of cellulose from the yellow saba banana blossom (*Musa balbisiana* Colla)

SAFIRA ZIDNA SALAMA, MAULIDAN FIRDAUS, VENTY SURYANTI*

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret. Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126, Jawa Tengah, Indonesia. Tel./Fax. +62-271-663375, *email: venty@mipa.uns.ac.id

Manuskrip diterima: 5 Maret 2023. Revisi disetujui: 12 June 2023.

Abstrak. Salama SZ, Firdaus M, Suryanti V. 2023. Isolasi dan karakterisasi selulosa dari jantung pisang kepok kuning (*Musa balbisiana* Colla). *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon* 9: 80-85. Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi baik itu flora, fauna maupun mikroba. Keanekaragaman hayati flora di Indonesia sangat melimpah salah satunya tanaman pisang. Tanaman pisang memiliki nilai produksi yang tinggi dengan berbagai spesies. Pisang kepok kuning merupakan jenis pisang yang sering dijumpai dan disukai oleh masyarakat karena memiliki rasa yang manis dengan daging buah yang lembut. Jantung pisang yang berwarna ungu kemerahan memiliki kelopak sekitar 10-13 lapisan. Jantung pisang dari jenis pisang kepok dapat dikonsumsi oleh manusia, namun tidak banyak masyarakat yang memanfaatkannya. Sedangkan terdapat komponen kimia yang tinggi dalam jantung pisang yaitu selulosa. Selulosa merupakan polimer yang melimpah di alam dan menjadi komponen utama pembentuk dinding sel tanaman. Tujuan penelitian ini yaitu isolasi selulosa dari jantung pisang kepok kuning. Isolasi selulosa dilakukan melalui tahap alkalisasi dengan NaOH dan bleaching dengan NaOCl. Selulosa yang diperoleh berbentuk serbuk berwarna putih. Keberhasilan penelitian ini diketahui melalui Spektroskopi FTIR yang menunjukkan hilangnya serapan khas pada lignin dan hemiselulosa pada bilangan gelombang 1740 cm^{-1} (C=O), 1515 cm^{-1} (C=C) dan 1240 cm^{-1} (C-O). Karakterisasi SEM menunjukkan permukaan serat yang kasar dan independen. Karakterisasi lebih lanjut menggunakan TGA menunjukkan adanya tiga degradasi termal, yaitu pada suhu $\leq 214.3^\circ\text{C}$; $214-555^\circ\text{C}$; dan $>555^\circ\text{C}$.

Kata kunci: Jantung pisang, pisang kepok, selulosa

Abstract. Salama SZ, Firdaus M, Suryanti V. 2023. Isolation and characterization of cellulose from the yellow saba banana blossom (*Musa balbisiana* Colla). *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon* 9: 80-85. Indonesia has a high biodiversity of flora, fauna, and microbes. The diversity of flora in Indonesia, including the banana plant, is very abundant. Banana plants have high production value with various species. Yellow kepok banana is often found and preferred by the public because it has a sweet taste with soft fruit flesh. The reddish-purple banana heart has about 10-13 petals; humans can consume these flower layers, but not many people use them. Meanwhile, cellulose has a high chemical component in the heart of the banana, and this abundant polymer is the main component of plant cell walls. The aim of this study was to isolate cellulose from the heart of the yellow kepok banana. Cellulose isolation was carried out through alkalization with NaOH and bleaching with NaOCl. The cellulose obtained was in the form of a white powder. The success of this research was available through FTIR spectroscopy which showed the loss of specific absorption in lignin and hemicellulose at wave numbers 1740 cm^{-1} (C=O), 1515 cm^{-1} (C=C) and 1240 cm^{-1} (C-O). Moreover, the SEM characterization showed a rough and independent fiber surface. Further, TGA characterization showed three high thermal degradations at $\leq 214.3^\circ\text{C}$, $214-555^\circ\text{C}$, and $>555^\circ\text{C}$.

Keywords: Banana blossom, cellulose, saba banana

Singkatan: FTIR: *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy*, SEM: *Scanning Electron Microscopy*, TGA: *Thermal Gravimetry Analysis*

PENDAHULUAN

Indonesia yang terdiri dari 17.000 pulau dengan berbagai jenis flora dan fauna menjadi salah satu dari sepuluh negara ASEAN yang memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi (Trimanto dan Hapsari 2016; Rintelen et al. 2017). Wilayah persebaran flora di Indonesia dengan berbagai spesies tumbuhan antara lain Jawa, Sumatra, Bali, Kalimantan, Sunda Kecil, dan Sulawesi. Indonesia memiliki sekitar 42.500

tumbuhan yang terdiri dari berbagai spesies yaitu tumbuhan berbunga, tumbuhan berkayu, paku-pakuan, jenis rotan, tumbuhan obat, dan tumbuhan budidaya/pertanian (Henri et al. 2017). Salah satu tumbuhan budidaya/pertanian dengan keanekaragaman spesies yaitu tanaman pisang (*Musa* spp.).

Tanaman pisang memiliki nama latin *Musa paradisiaca* termasuk Kingdom *Plantae*, Famili *Musaceae*, Ordo *Zingiberales* dan Genus *Musa* (Iskandar et al. 2018). Berdasarkan Data Pusat Statistika tahun 2020, tumbuhan pisang

merupakan salah satu tumbuhan unggulan yang menunjukkan produksi terbesar di Indonesia yaitu sebesar 8,18 juta ton. Tanaman pisang (*Musa* spp.) merupakan tanaman hortikultura yang memiliki keragaman spesies cukup tinggi (Hapsari et al. 2017; Latifah et al. 2021). Kultivar pisang dengan berbagai jenis genom yaitu pisang mas, pisang ambon, pisang raja, pisang kapas dan pisang kepok. Keanekaragaman pisang dibedakan dari rasa, bentuk dan warna buah (Sumardi dan Wulandari 2010). Pisang kepok kuning memiliki bentuk agak gepeng dan bersegi, buahnya berwarna kuning dan memiliki rasa yang manis. Hal ini menjadikan pisang kepok kuning banyak digemari oleh masyarakat. Tanaman pisang memiliki beberapa bagian yaitu akar, batang, daun, buah, dan bunga (jantung pisang).

Jantung pisang berbentuk kuncup yang tersusun dari beberapa lapisan (kelopak berwarna ungu kemerahan, bunga, dan kelopak berwarna putih susu). Kelopak berwarna ungu kemerahan pada jantung pisang umumnya terdiri dari 10-13 lapisan yang memiliki ukuran $\pm 25-40$ cm (Novitasari et al. 2013). Semua tanaman pisang dapat menghasilkan jantung pisang, namun tidak semua bisa dikonsumsi seperti jantung pisang ambon karena terdapat kandungan tannin yang tinggi sehingga menghasilkan rasa yang pahit. Salah satu jantung pisang yang dapat dikonsumsi yaitu jenis pisang kepok (Ferdinan dan Prasetya 2018). Jantung pisang merupakan salah satu bagian dari tumbuhan pisang yang masih jarang dimanfaatkan karena kurangnya pengetahuan masyarakat untuk mengolah jantung pisang menjadi suatu produk (Astija dan Djaswintari 2020). Sedangkan jantung pisang memiliki beberapa komponen kimia seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, lilin, dan kelembapan (Prithivirajan et al. 2020). Dalam hal ini, komponen paling besar dalam jantung pisang yaitu selulosa.

Selulosa merupakan polisakarida makromolekul yang terdiri dari glukosa dan paling banyak ditemukan di berbagai sumber seperti tanaman, bakteri, dan alga (Acharya et al. 2017; Mu et al. 2019). Selulosa merupakan salah satu polimer alami yang paling melimpah di alam dan merupakan komponen utama pembentuk dinding sel tanaman (Buchanan et al. 2021; Du et al. 2019). Pada dinding sel tanaman terdapat tiga komponen kimia yaitu selulosa (35-45%), hemiselulosa (25-30%), dan lignin (15-30%) (Raj et al. 2022). Selulosa adalah polisakarida tak bercabang yang terdiri dari monomer D-glukopiranosida yang dihubungkan oleh ikatan β -(1 \rightarrow 4) glikosidik. Selulosa memiliki beberapa kelebihan yaitu bersifat biokompatibel, *biodegradable*, *renewable*, mempunyai biaya yang rendah, mempunyai stabilitas termal dan kimia yang baik serta bersifat ramah lingkungan (Long et al. 2018). Isolasi selulosa telah banyak dilakukan dari berbagai macam tumbuhan seperti kulit pisang (Phirom-on dan Apiraksakorn 2021; Tibolla et al. 2019), limbah jagung (Rahman et al. 2020), kulit buah markisa (Phan dan Ngo 2020), kulit padi (Kim et al. 2020), kayu aspen (Jonasson dan Bu 2019), daun serai (Putri et al. 2020), dan batang tebu (Candido dan Gonc 2016). Selulosa telah banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti farmasi (Rahman et al. 2020), pembuatan hidrogel (Liu et al. 2022), pembuatan kemasan makanan ramah lingkungan (Raj et al. 2022), adsorpsi (Isa et al. 2020; Putri et al. 2020), biomedis

(Oprea dan Voicu 2020), bahan tambahan pangan (Lin et al. 2020), membran filtrasi dan industri tekstil (Candido dan Gonçalves 2019). Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan isolasi dan karakterisasi selulosa dari jantung pisang kepok kuning (*Musa balbisiana* Colla). Tujuan penelitian ini yaitu untuk memperoleh selulosa dari sisa bahan pertanian berupa jantung pisang.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu jantung pisang kepok kuning (*Musa balbisiana* Colla) yang diperoleh dari sisa hasil pertanian di Kabupaten Klaten, Jawa Tengah (Gambar 1). NaOH untuk melarutkan komponen-komponen selain selulosa (lignin, hemiselulosa, dll) dan NaOCl untuk mengoksidasi struktur lignin sehingga larut dalam air.

Metode

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2021 sampai Desember 2021 di Laboratorium Kimia Organik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Preparasi jantung pisang

Metode preparasi sampel jantung pisang mengikuti penelitian dari Sheltami et al. (2012) dan Alabi et al. (2020). Sampel jantung pisang (*Musa balbisiana* Colla) dipotong berukuran 2-3 cm dan dikeringkan dibawah sinar matahari. Sampel kering kemudian direndam dalam akuades selama 3 x 24 jam dan diganti secara berkala setiap 24 jam. Selanjutnya dilakukan filtrasi dan diambil residu jantung pisang untuk dikeringkan dibawah sinar matahari. Sampel kering dihaluskan menggunakan blender hingga diperoleh serbuk kering jantung pisang.

Isolasi selulosa dari jantung pisang

Metode isolasi selulosa dari jantung pisang mengikuti penelitian Sheltami et al. (2012). Isolasi selulosa dari jantung pisang dilakukan dalam dua tahap yaitu alkalisasi dan *bleaching*. Tahap alkalisasi dilakukan dengan cara serbuk kering jantung pisang (100 g) dan ditambahkan NaOH 10% dengan perbandingan 1:20 (w/v) antara serbuk jantung pisang dengan larutan NaOH. Campuran tersebut diaduk pada suhu 80°C dengan kecepatan 750 rpm selama 2 jam.



Gambar 1. Jantung pisang

Campuran selanjutnya dinetralkan dengan akuades sampai pH 7, disaring dan residunya dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 3 jam sehingga diperoleh serbuk jantung pisang hasil alkalisasi. Tahap *bleaching* selanjutnya dilakukan dengan menambahkan NaOCl 4% dengan perbandingan 1:20 (w/v) antara serbuk jantung pisang hasil alkalisasi dengan larutan NaOCl. Campuran tersebut diaduk pada suhu 80°C dengan kecepatan pengadukan 750 rpm selama 20 menit. Hasil yang diperoleh dinetralkan sampai pH 7, disaring dan residunya dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 3 jam sehingga diperoleh selulosa dari jantung pisang. Selulosa yang diperoleh dihaluskan dan diayak 100 mesh.

Karakterisasi selulosa jantung pisang

Karakterisasi selulosa dilakukan menggunakan FTIR (IR Prestige-21 SHIMADZU) untuk mengetahui serapan gugus fungsi. Absorbansi inframerah diamati pada rentang panjang gelombang 4000-400 cm^{-1} . Karakterisasi selulosa dilakukan menggunakan SEM (JEOL Benchtop JCM 7000) untuk mengetahui morfologi permukaan selulosa dengan perbesaran 1000x dan 5000x. Karakterisasi selulosa menggunakan TGA (Linseis PT – 1600) dilakukan untuk mengetahui kestabilan dan degradasi termal pada selulosa. Pengukuran sampel (0.01 g) dipanaskan dari 10 sampai 900°C pada 10°C/menit dibawah atmosfer nitrogen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi sampel jantung pisang menghasilkan serbuk kering dengan rendemen sebesar 82% yang berwarna coklat (Gambar 2.A). Selulosa dari jantung pisang berhasil diisolasi melalui tahap alkalisasi dan *bleaching*. Pada proses alkalisasi terjadi degradasi lignin oleh basa kuat NaOH, ion hidroksida (OH^-) akan memutus ikatan dari struktur lignin, sedangkan ion natrium (Na^+) akan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat yang bersifat polar sehingga mudah larut dalam air (Rahmidar et al. 2018). Produk alkalisasi yang diperoleh berupa serbuk berwarna abu-abu kehitaman (Gambar 2.B) dengan rendemen 68,4%, hal tersebut menandakan bahwa masih ada hemiselulosa garam fenolat yang tersisa sehingga perlu dilakukan *bleaching* pada tahap selanjutnya (Lestari et al. 2018). Tahap *bleaching* bertujuan meningkatkan kecerahan dan kemurnian dari selulosa serta menghilangkan senyawa non selulosa sisa yang tidak larut pada saat alkalisasi. Agen pemutih NaOCl memiliki sifat oksidator, ion hipoklorit (ClO^-) yang bermuatan negatif merupakan nukleofil yang mudah mengalami reaksi adisi pada tempat-tempat yang bermuatan positif pada lignin (Wahyuningtyas et al. 2021). Pada tahap ini diperoleh selulosa berbentuk serbuk berwarna putih dan tidak berbau (Gambar 2.C). Isolasi selulosa dari jantung pisang sebelumnya telah dilakukan oleh Harini et al. (2018), namun tidak ada informasi jenis jantung pisang yang digunakan dan tidak menunjukkan hasil karakterisasi FTIR selulosa jantung pisang. Sehingga dalam penelitian ini, keberhasilan isolasi selulosa diketahui melalui karakterisasi menggunakan FTIR, SEM dan TGA.

Karakterisasi FTIR

Serbuk kering jantung pisang dan selulosa jantung pisang dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform-Infra Red Spectra* (FTIR) untuk mengetahui serapan gugus fungsi. Berdasarkan hasil spektra FTIR (Gambar 3), diketahui bahwa isolasi selulosa jantung pisang berhasil diperoleh. Hal tersebut ditandai dengan hilangnya gugus fungsi lignin dan hemiselulosa pada bilangan gelombang 1740 cm^{-1} (gugus C=O), 1515 cm^{-1} (gugus C=C) dan 1240 cm^{-1} (gugus C-O). Selain itu, terdapat serapan khas dari selulosa pada bilangan gelombang 3417 cm^{-1} (OH stretching), 2918 cm^{-1} (gugus CH stretching), 1623 cm^{-1} (OH bending), 1376 cm^{-1} (CH_2 bending), 1058 cm^{-1} (C-O stretching), dan 894 cm^{-1} (ikatan β -1 \rightarrow 4 glikosidik). Analisis FTIR selulosa jantung pisang kepek pada penelitian ini sesuai dengan selulosa yang diisolasi dari kulit timun (Prasanna dan Mitra 2020), kulit kacang tanah Bano dan Negi 2017) dan limbah rumput laut (Liu et al. 2017) (Tabel 1).

Analisis FTIR selulosa dari ampas tebu pada penelitian Candido dan Gonçalves (2019), menunjukkan karakteristik FTIR yang mirip dengan penelitian ini. Pita serapan pada 3429 cm^{-1} merupakan peregangan ikatan OH dari cincin glukosa, pada 2914 cm^{-1} merupakan peregangan ikatan CH pada selulosa. Pita serapan pada 1031 cm^{-1} terkait dengan kerangka cincin piranosa ikatan C-O-C, serta sekitar 900 cm^{-1} merupakan ikatan β -1 \rightarrow 4 glikosidik antar monomer glukosa.

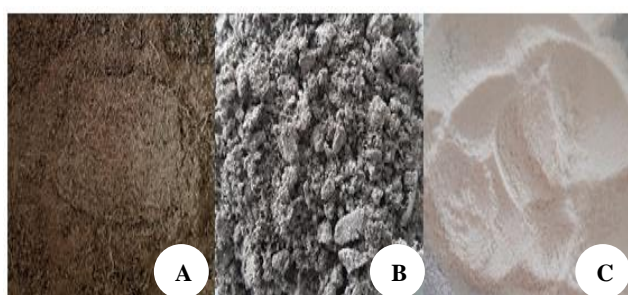
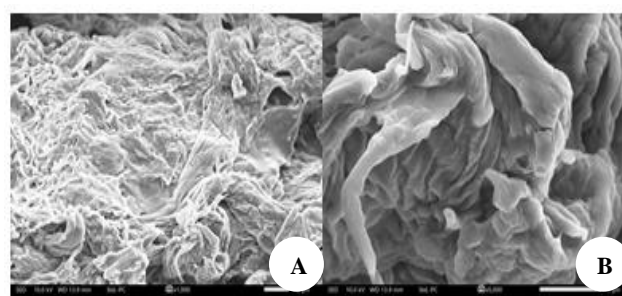
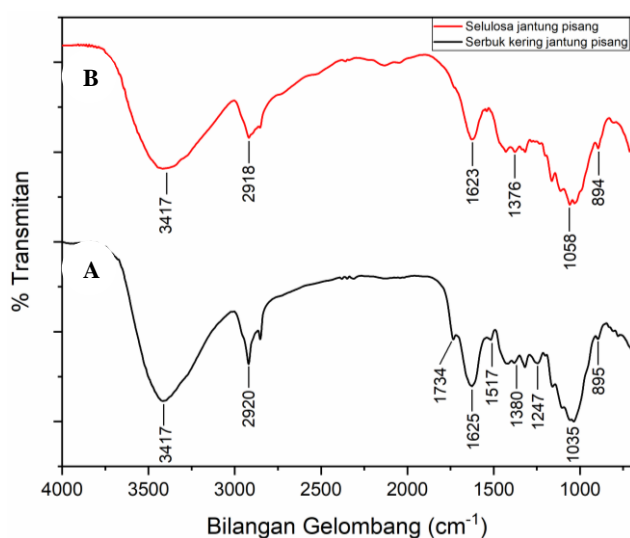
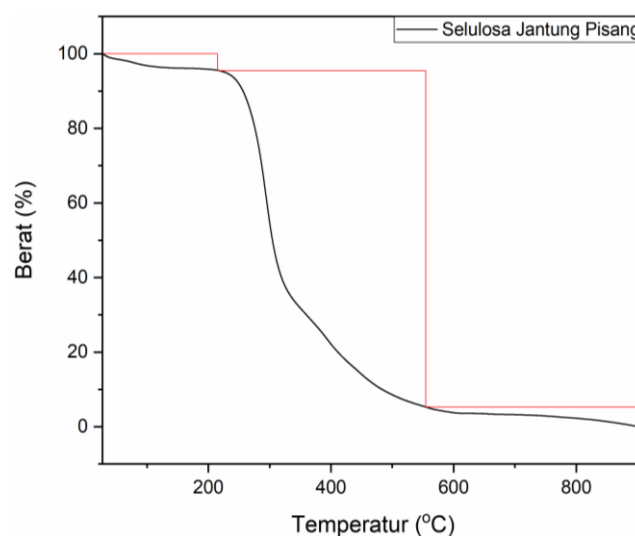
Karakterisasi SEM

Keberhasilan isolasi selulosa dari jantung pisang juga ditentukan dari analisis menggunakan SEM untuk mengetahui morfologi permukaan selulosa yang diperoleh. Analisis SEM selulosa jantung pisang (Gambar 4) menunjukkan morfologi permukaan serat yang kasar dan independen. Hal ini menunjukkan bahwa komponen non selulosa (hemiselulosa dan lignin) sudah larut pada proses alkalisasi dan *bleaching* (Khawas dan Deka 2016). Selulosa mikrofibril memiliki diameter 2 – 5 nm pada daerah kristalin dan amorf (Ayouch et al. 2021). Berdasarkan pengukuran menggunakan *imageJ*, diperoleh diameter selulosa jantung pisang 2 – 3 nm. Sedangkan analisis SEM dari serbuk kering jantung pisang berdasarkan penelitian Prithivirajan et al. (2020), menunjukkan serat yang berwarna gelap dan memiliki permukaan fisik yang teratur, halus dan bersih. Selain itu, masih terdapat sejumlah kecil endapan berupa komponen non selulosa seperti hemiselulosa, lignin dan zat organik non selulosa lainnya.

Morfologi permukaan selulosa dari serat tanaman Alfa pada penelitian Ayouch et al. (2021) menunjukkan karakteristik yang mirip dengan penelitian ini. Serat mikrofibril mengalami keretakan dan menghasilkan serat yang kasar, hal ini menunjukkan hilangnya hemiselulosa dan lignin selama perlakuan alkalisasi dan *bleaching*. Selain itu, selulosa dari limbah jagung pada penelitian Rahman et al. (2020) juga mengalami kerusakan serat yang disebabkan karena perlakuan alkalisasi dan *bleaching*, serta menunjukkan diameter selulosa pada kisaran 1–3,5 nm yang sesuai dengan penelitian ini.

Tabel 1. Perbandingan analisis FTIR selulosa jantung pisang dan literatur

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)					Gugus Fungsi
Selulosa dari kulit timun (Prasanna dan Mitra 2020)	Selulosa dari kulit kacang tanah (Bano dan Negi 2017)	Selulosa dari limbah rumput laut (Liu et al. 2017)	Selulosa dari jantung pisang (Penelitian ini)		
3350	3410	3400	3417		OH <i>stretching</i>
2899	2900	2920	2918		CH <i>stretching</i>
1640	1640	1645	1623		OH <i>bending</i>
1431	1432	1425	1376		CH ₂ <i>bending</i>
1060	1060	1163	1058		C-O <i>stretching</i>
897	897	896	894		C-H <i>stretching</i>

**Gambar 2.** A. Serbuk kering jantung pisang, B. alkalisasi jantung pisang, C. selulosa jantung pisang**Gambar 4.** Analisis SEM selulosa jantung pisang. A. perbesaran 1000x, scale bar 1 µm; B. perbesaran 5000x, scale bar 5 µm**Gambar 3.** Spektra FTIR. A. serbuk kering jantung pisang, B. selulosa jantung pisang**Gambar 5.** Analisis TGA selulosa dari jantung pisang

Karakterisasi TGA

Analisis TGA dari selulosa jantung pisang yang diperoleh (Gambar 5) dilakukan pada laju pemanasan 10°C/menit dibawah atmosfer nitrogen. Hasil analisis menunjukkan tiga tahap degradasi termal. Tahap pertama dimulai pada suhu kurang dari 214,3°C, yaitu terjadi kehilangan berat sebesar 4,40% yang disebabkan oleh penguapan kadar air yang terdapat pada jantung pisang (Khawas dan Deka 2016; Rahman et al. 2020). Degradasi kedua dengan kehilangan berat terbesar yaitu 70,32% terjadi dari suhu 214-555°C disebabkan oleh dekomposisi

rantai biomakromolekuler (lignin, hemiselulosa, dan selulosa), yang terdiri dari tahap depolimerisasi, dehidrasi dan dekomposisi ikatan $\beta \rightarrow 1,4$ -glikosidik (Bano dan Negi 2017; Begum dan Deka 2019).

Kesimpulannya, selulosa dari jantung pisang kekuningan berhasil diisolasi melalui dua tahap yaitu melalui tahap alkalisasi dan *bleaching*. Produk selulosa yang diperoleh berupa serbuk berwarna putih dan tidak berbau. Keberhasilan isolasi selulosa dibuktikan dari karakterisasi FTIR dengan hilangnya lignin dan hemiselulosa pada bilangan gelombang 1740 cm⁻¹ (gugus C=O), 1515 cm⁻¹

(gugus C=C) dan 1240 cm⁻¹ (gugus C-O). Karakterisasi selulosa menggunakan SEM menunjukkan permukaan serat yang kasar dan independen yang berarti komponen-komponen non selulosa sudah hilang pada saat tahap alkalisasi dan *bleaching*, serta menunjukkan diameter sebesar 2-3 nm. Analisis TGA pada selulosa jantung pisang menunjukkan degradasi termal komponen biomakromolekul (selulosa, hemiselulosa dan lignin) pada suhu 214.8°C-555.1°C dengan berat penurunan sebesar 70.32%.

DAFTAR PUSTAKA

- Acharya S, Hu Y, Moussa H, Abidi N. 2017. Preparation and characterization of transparent cellulose films using an improved cellulose dissolution process. *J Appl Polym Sci* 134 (21): 44871. DOI: 10.1002/app.44871.
- Alabi FM, Lajide L, Ajayi OO, Adebayo AO, Emmanuel S, Fadeyi AE. 2020. Synthesis and characterization of carboxymethyl cellulose from *Musa paradisiaca* and *Tithonia diversifolia*. *Afr J Pure Appl Chem* 14 (1): 9-23. DOI: 10.5897/ajpac2019.0821.
- Astija A, Djaswintari D. 2020. Analisis kandungan lemak pada abon yang dibuat dari jantung pisang (*Musa paradisiaca*) dan ikan sidat (*Anguilla marmorata*). *J Nutr Coll* 9 (4): 241-246. DOI: 10.14710/jnc.v9i4.27789. [Indonesian]
- Ayouch I, Barrak I, Kassem I, Kassab Z, Draoui K, El Achaby M. 2021. Ultrasonic-mediated production of carboxylated cellulose nanospheres. *J Environ Chem Eng* 9 (5): 106302. DOI: 10.1016/j.jece.2021.106302.
- Bano S, Negi YS. 2017. Studies on cellulose nanocrystals isolated from groundnut shells. *Carbohydr Polym* 157:1041-1049. DOI: 10.1016/j.carbpol.2016.10.069.
- Begum YA, Deka SC. 2019. Effect of processing on structural, thermal, and physicochemical properties of dietary fiber of culinary banana bracts. *J Food Proc Preserv* 43 (12): 1-12. DOI: 10.1111/jfpp.14256.
- Buchanan C, Guzman-morales E, Wang B. 2021. Regioselectively substituted cellulose borzoate propionates for compensation film in optical displays. *Carbohydr Polym* 252: 117146. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.117146.
- Candido RG, Gonçalves AR. 2016. Synthesis of cellulose acetate and carboxymethylcellulose from sugarcane straw. *Carbohydr Polym* 152: 679-686. DOI: 10.1016/j.carbpol.2016.07.071.
- Candido RG, Gonçalves AR. 2019. Evaluation of two different applications for cellulose isolated from sugarcane bagasse in a biorefinery concept. *Ind Crops Prod* 142. DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.111616.
- Du H, Liu W, Zhang M, Si C, Zhang X, Li B. 2019. Cellulose nanocrystals and cellulose nano fibrils based hydrogels for biomedical applications. *Carbohydr Polym* 209: 130-144. DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.01.020.
- Elanthikkal S, Gopalakrishnanapanicker U, Varghese S, Guthrie JT. 2010. Cellulose microfibrils produced from banana plant wastes: Isolation and characterization. *Carbohydr Polym* 80 (3): 852-859. DOI: 10.1016/j.carbpol.2009.12.043.
- Ferdinan A, Prasetya AB. 2018. Uji aktivitas antioksidan dari ekstrak jantung pisang kepok (*Musa Paradisiaca* L.) Pontianak. *J Ilm Ibnu Sina* 3 (1): 88-96. DOI: 10.36387/jiis.v3i1.139. [Indonesian]
- Hapsari L, Kennedy J, Lestari DA, Masrum A, Lestari W. 2017. Ethnobotanical survey of bananas (Musaceae) in six districts of East Java, Indonesia. *Biodiversitas* 18 (1): 160-174. DOI: 10.13057/biodiv/d180123.
- Harini K, Ramya K, Sukumar M. 2018. Extraction of nano cellulose fibers from the banana peel and bract for production of acetyl and lauroyl cellulose. *Carbohydr Polym* 201: 329-339. DOI: 10.1016/j.carbpol.2018.08.081.
- Henri, Hakim L, Batoro J. 2017. The potential of flora and fauna as tourist attractions in biodiversity park of Pelawan Forest, Central Bangka. *Biosaintifika: J Bio and Bio Edu* 9 (2): 240-247. DOI: 10.15294/biosaintifika.v9i2.8716.
- Isa I, Setiawati E, Mohammad E, Kunusa W. 2020. Utilization of corn cob cellulose isolate (*Zea mays*) as adsorbent of heavy metal copper and cadmium. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci* 589: 012035. DOI:10.1088/1755-1315/589/1/012035.
- Iskandar J, Kusmoro J, Mubarakah M, Partasasmita R. 2018. Ethnobotany of banana plants (*Musa x paradisiaca*) of Palintang Hamlet, Cipanjalu Village, Bandung, West Java, Indonesia. *Biodiversitas* 19 (6): 2059-2072. DOI: 10.13057/biodiv/d190611.
- Jonasson S, Bu A. 2019. Isolation and characterization of cellulose nanofibers from aspen wood using derivatizing and non-derivatizing pretreatments. *Cellulose* 27: 185-203. DOI: 10.1007/s10570-019-02754-w.
- Khawas P, Deka SC. 2016. Isolation and characterization of cellulose nanofibers from culinary banana peel using high-intensity ultrasonication combined with chemical treatment. *Carbohydr Polym* 137: 608-616. DOI: 10.1016/j.carbpol.2016.06.011.
- Kim HG, Kim Y, Kwac LK, Shin HK. 2020. Characterization of activated carbon paper electrodes prepared by rice husk-isolated cellulose fibers for supercapacitor applications. *Molecules* 25 (17): 3951. DOI: 10.3390/molecules25173951.
- Latifah, Hidayat SH, Mutaqin KH, Widodo, Sutanto A. 2021. Survey of Banana bunchy top virus on non-cultivated bananas in West Java. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci* 694: 012044. DOI: 10.1088/1755-1315/694/1/012044.
- Lestari MD, Sudarmin, Harjono. 2018. Ekstraksi selulosa dari limbah pengolahan agar menggunakan larutan NaOH sebagai prekursor bioetanol. *Indones J Chem Sci* 7 (3): 236-241. DOI: 10.15294/ujsej.v10i2.43727. [Indonesian]
- Lin D, Liu Z, Shen R, Chen S, Yang X. 2020. Bacterial cellulose in food industry: Current research and future prospects. *Intl J Biol Macromol* 158: 1007-1019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.04.230.
- Liu Y, Li S, Wang Z, Wang L. 2022. Ultrasound in cellulose-based hydrogel for biomedical use: From extraction to preparation. *Colloids Surf B* 212: 112368. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2022.112368.
- Liu Z, Li X, Xie W, Deng H. 2017. Extraction, isolation, and characterization of nanocrystalline cellulose from industrial kelp (*Laminaria japonica*) waste. *Carbohydr Polym* 173: 353-359. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.05.079.
- Long LY, Weng YX, Wang YZ. 2018. Cellulose aerogels: Synthesis, applications, and prospects. *Polymers* 10 (6): 623. DOI: 10.3390/polym10060623.
- Mu R, Hong X, Ni Y, Li Y, Pang J, Wang Q, Xiao J, Zheng Y. 2019. Recent trends and applications of cellulose nanocrystals in food industry. *Trends Food Sci Technol* 93: 136-144. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.09.013.
- Novitasari A, Ambarwati AMS, Lusia AW, Purnamasari D, Hapsari E, Ardiyani ND. 2013. Inovasi dari jantung pisang (*Musa spp.*). *Jurnal KesMaDaSka* 4 (2): 96-99. [Indonesian]
- Oprea M, Voicu SI. 2020. Recent advances in composites based on cellulose derivatives for biomedical applications. *Carbohydr Polym* 247: 116683. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116683.
- Phan TTM, Ngo TS. 2020. Pectin and cellulose extraction from passion fruit peel waste. *Vietnam J Sci Technol Eng* 62 (1): 32-37. DOI: 10.31276/vjste.62(1).32-37.
- Phrom-on K, Apiraksakorn J. 2021. Development of cellulose-based prebiotic fiber from banana peel by enzymatic hydrolysis. *Food Biosci* 41: 101083. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.101083.
- Prasanna NS, Mitra J. 2020. Isolation and characterization of cellulose nanocrystals from *Cucumis sativus* peels. *Carbohydr Polym* 247: 116706. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116706.
- Prithivirajan R, Narayanasamy P, Al-Dhabi NA, Balasundar P, Kumar SR, Ponnuragan K, Ramkumar T, Senthil S. 2020. Characterization of *Musa paradisiaca* L. cellulosic natural fibers from agro-discarded blossom petal waste. *J Nat Fibers* 17 (11): 1640-1653. DOI: 10.1080/15440478.2019.1588826.
- Putri KNA, Keereerak A, Chimpa W. 2020. Novel cellulose-based biosorbent from lemongrass leaf combined with cellulose acetate for adsorption of crystal violet. *Int J Biol Macromol* 156: 762-772. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.04.100.
- Rahman MS, Mondal MH, Yeasmin MS, Abu Sayeed M, Hossain MA, Ahmed MB. 2020. Conversion of lignocellulosic corn agro-waste into cellulose derivative and its potential application as pharmaceutical excipient. *Processes* 8 (6): 1-16. DOI: 10.3390/PR8060711.
- Rahmidar L, Wahidiniawati S, Sudiarti T. 2018. Pembuatan dan karakterisasi metil selulosa dari bonggol dan kulit nanas (*Ananas comosus*). *ALOTROP J Pendidik dan Ilmu Kim* 2 (1): 88-96. DOI: 10.33369/atp.v2i1.4807. [Indonesian]

- Raj T, Chandrasekhar K, Kumar NA, Kim SH. 2022. Lignocellulosic biomass as renewable feedstock for biodegradable and recyclable plastics production: A sustainable approach. *Renew Sustain Energy Rev* 158: 112130. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112130.
- Rintelen K, Arida E, Häuser C. 2017. A review of biodiversity-related issues and challenges in megadiverse Indonesia and other Southeast Asian countries. *Res Ideas Outcomes* 3. DOI: 10.3897/rio.3.e20860.
- Sheltami RM, Abdullah I, Ahmad I, Dufresne A, Kargarzadeh H. 2012. Extraction of cellulose nanocrystals from mengkuang leaves (*Pandanus tectorius*). *Carbohydr Polym* 88 (2): 772-779. DOI: 10.1016/j.carbpol.2012.01.062.
- Sumardi I, Wulandari M. 2010. Anatomy and morphology character of five Indonesian banana cultivars (*Musa* spp.) of different ploidy level. *Biodiversitas J Biol Divers* 11 (4): 167-175. DOI: 10.13057/biodiv/d110401.
- Tibolla H, Pelissari FM, Martins JT, Lanzoni EM, Vicente AA, Menegalli FC, Cunha RL. 2019. Banana starch nanocomposite with cellulose nanofibers isolated from banana peel by enzymatic treatment: In vitro cytotoxicity assessment. *Carbohydr Polym* 207: 169-179. DOI: 10.1016/j.carbpol.2018.11.079.
- Trimanto, Hapsari L. 2016. Botanical survey in thirteen montane forests of bawean island nature reserve, East Java Indonesia: Flora diversity, conservation status, and bioprospecting. *Biodiversitas* 17 (2): 832-846. DOI: 10.13057/biodiv/d170261.
- Wahyuningtyas A, Setyoko A, Anggrahini S, Marseno DW. 2021. Optimasi Sintesis Methyl Cellulose (MC) dari Biji Salak (*Salacca edulis* Reinw) Pondoh Super. *J Sci Appl Technol* 5 (1): 78. DOI: 10.35472/jsat.v5i1.389.