

# Isolasi mikroselulosa dari kulit kacang tanah (*Arachis hypogaea*) dan potensi aplikasinya

## Isolation of microcellulose from peanut shell (*Arachis hypogaea*) and its potential application

ELYNA WAHYU TRISNAWATI, EDI PRAMONO, VENTY SURYANTI\*

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126 Indonesia.  
Tel./fax.: +62-271-637457 Ext. 129, \*email: venty@mipa.uns.ac.id

Manuskrip diterima: 5 Maret 2023. Revisi disetujui: 23 June 2023.

**Abstrak.** Trisnawati EW, Pramono E, Suryanti V. 2023. Isolasi mikroselulosa dari kulit kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) dan potensi aplikasinya. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon* 9: 137-142. Biji kacang tanah banyak digunakan dalam industri makanan sebagai bahan untuk membuat selai kacang sedangkan kulit kacang tanah berpotensi menjadi limbah yang tidak memiliki nilai ekonomi. Kulit kacang tanah memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, sehingga pada penelitian ini dilakukan isolasi mikroselulosa dari kulit kacang tanah. Isolasi mikroselulosa dilakukan menggunakan metode alkalisasi dengan NaOH dan bleaching dengan NaOCl. Mikroselulosa kulit kacang tanah dikonfirmasi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*), FT-IR (*Fourier Transform-Infra Red*), TGA (*Thermogravimetric Analysis*), dan DSC (*Differential Scanning Calorimetry*). Analisis SEM menunjukkan morfologi serat mikroselulosa dengan bentuk pipih, berdekatan, memiliki permukaan yang kasar, dan ukuran 7,77  $\mu\text{m}$ . Analisis FT-IR menunjukkan keberhasilan isolasi mikroselulosa dengan hilangnya puncak hemiselulosa dan lignin. Analisis TGA dan DSC menunjukkan tiga tahapan degradasi dengan suhu degradasi mikroselulosa 195°C dan titik leleh mikroselulosa 120°C. Hasil tersebut menunjukkan bahwa mikroselulosa berhasil diisolasi dari kulit kacang tanah dan berpotensi sebagai material awal pengisi membran, matriks membran, komposit, adsorben, hidrogel, dan film untuk kemasan makanan.

**Kata kunci:** *Arachis hypogaea*, kacang tanah, mikroselulosa

**Abstract.** Trisnawati EW, Pramono E, Suryanti V. 2023. Isolation of microcellulose from peanut shell (*Arachis hypogaea* L.) and its potential application. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon* 9: 137-142. Peanut seeds are widely used in the food industry as an ingredient for making peanut butter, while peanut shells have the potential to become waste that has no economic value. Peanut skin has a high enough cellulose content, so this study isolated microcellulose from peanut shells. Microcellulose isolation was conducted using the alkalization method with NaOH and bleaching with NaOCl. Peanut shell microcellulose was confirmed using SEM (*Scanning Electron Microscope*), FT-IR (*Fourier Transform-Infra Red*), TGA (*Thermogravimetric Analysis*), and DSC (*Differential Scanning Calorimetry*). SEM analysis showed the morphology of microcellulose fibers with a flat shape, close together, rough surface, and measures 7.77  $\mu\text{m}$ . FT-IR analysis showed the successful isolation of microcellulose with the absence of hemicellulose and lignin peaks. TGA and DSC analysis showed three stages of degradation with a microcellulose degradation temperature at 195°C and a melting point at 120°C. These results indicate that microcellulose was successfully isolated from peanut shells and has the potential as a starting material for membrane fillers, membrane matrices, composites, adsorbents, hydrogels, and films for food packaging.

**Keywords:** *Arachis hypogaea*, microcellulose, peanut

## PENDAHULUAN

Tanaman kacang tanah merupakan tanaman berupa semak yang terdiri dari batang, daun, kulit dan biji. Biji kacang tanah banyak dimanfaatkan dalam bidang industri makanan sebagai bahan untuk membuat selai kacang, kue kacang, kacang telur, dan makanan olahan kacang yang lain, namun sebagian besar kulit kacang tanah hanya dibakar atau dikubur yang dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan (Kusmartono 2018). Limbah kulit kacang tanah sudah berhasil dimanfaatkan namun belum optimal seperti makanan ternak, pengisi pupuk, karbon aktif, produksi bio-etanol dan bahkan sebagai bio-filter (Duc et al. 2019). Limbah kulit kacang tanah memiliki kandungan selulosa sebesar 38,31%, hemiselulosa 27,62%, dan lignin 21,10%

(Bano dan Negi 2017), sehingga limbah kulit kacang tanah dapat digunakan sebagai sumber selulosa yang dapat diaplikasikan pada berbagai bidang yang lebih luas.

Selulosa termasuk dalam senyawa mayor dinding sel tumbuhan yang melimpah, *renewable*, mudah dimodifikasi, non-toksik dan biokompatibel. Selulosa tersusun dari ikatan  $\beta$ -1-4-D-glukosa antara C1 dan C4 pada glukosa selanjutnya (Pennells et al. 2020). Selulosa pada dinding sel tumbuhan menyatu dengan lignin dan hemiselulosa (Rizwan et al. 2021). Hemiselulosa dan lignin berfungsi untuk menguatkan dinding sel tumbuhan karena mengandung semen (Pennells et al. 2020). Hemiselulosa terdiri dari monomer pentosa dan heksosa. Monomer pentosa terdiri dari arabinosa dan xilosa, sedangkan monomer heksosa terdiri dari glukosa, mannososa dan

galaktosa. Lignin merupakan makromolekul aromatis yang mengandung unit guaiasil dan siringil. Isolasi selulosa dapat dilakukan dengan menghilangkan hemiselulosa dan lignin. Proses penghilangan hemiselulosa dapat dilakukan dengan metode alkalisasi menggunakan basa dan penghilangan lignin dapat dilakukan dengan proses *bleaching* menggunakan senyawa yang bersifat oksidatif (Sheltami et al. 2012).

Selulosa terbagi menjadi dua ukuran yaitu mikroselulosa dan nanoselulosa. Mikroselulosa memiliki ukuran yang lebih besar daripada nanoselulosa dan lebih kecil daripada selulosa. Penelitian mengenai isolasi mikroselulosa banyak menjadi perhatian karena mikroselulosa memiliki karakteristik yang baik yaitu tidak berbau, non-toksik, biokompatibilitas tinggi, biodegradabilitas tinggi dan kekuatan mekanik yang tinggi. Ukuran mikroselulosa yang relatif kecil menyebabkan mikroselulosa memiliki luas permukaan yang lebih tinggi dan kompatibilitas yang lebih baik dengan material lain, sehingga mikroselulosa dapat diaplikasikan pada berbagai bidang penelitian seperti komposit dalam bidang industri makanan, kosmetik, serta farmasi (Rasheed et al. 2020). Aplikasi mikroselulosa yang sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya yaitu digunakan sebagai material awal pengisi membran (Bodkhe et al. 2014), matriks membran (Liang et al. 2023), komposit (Arteaga-Ballesteros et al. 2021), adsorben (Chuin Tan et al. 2020), hidrogel (Kundu dan Banerjee 2020), dan film untuk kemasan makanan (Debnath et al. 2022).

Isolasi selulosa dari kulit kacang tanah sudah pernah dilakukan pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan tiga tahapan metode yaitu, ekstraksi sokhlet menggunakan pelarut benzena: metanol, *bleaching* menggunakan  $\text{NaClO}_2$  pada pH 3-4 sebanyak 5-6 kali, dan alkalisasi menggunakan NaOH (Bano dan Negi 2017). Metode isolasi selulosa dengan tiga tahapan juga dilakukan pada penelitian Wang dan Li (2015), dengan proses alkalisasi menggunakan KOH. Penelitian Punnadiyil et al. (2016) melakukan isolasi selulosa dengan tiga tahap, yaitu alkalisasi dengan NaOH, refluks menggunakan asam nitrat: etanol, dan *bleaching* dengan NaOCl. Metode isolasi pada penelitian sebelumnya kurang efektif karena terlalu panjang dan menggunakan banyak energi. Berdasarkan karakteristik dan metode isolasi mikroselulosa yang sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk melakukan isolasi mikroselulosa dari kulit kacang tanah dengan metode yang lebih singkat menggunakan dua tahapan metode yaitu alkalisasi dengan NaOH dan *bleaching* dengan NaOCl pada pH 4,5. Mikroselulosa yang berhasil diisolasi dapat berpotensi sebagai material awal pengisi membran, matriks membran, komposit, adsorben, hidrogel, dan film untuk kemasan makanan seperti pada penelitian sebelumnya.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan penelitian

Bahan penelitian yang digunakan yaitu kulit kacang tanah (*Arachis hypogaea*) yang diperoleh dari industri lokal

di Boyolali Jawa Tengah, natrium hipoklorit (NaOCl), natrium hidroksida (NaOH), dan asam klorida (HCl) dari Merck.

### Cara kerja

Preparasi awal kulit kacang tanah mengacu pada penelitian Sheltami et al. (2012) dan Suryanti et al. (2023) dengan modifikasi. Kulit kacang tanah dicuci dan dikeringkan dibawah sinar matahari. Kulit kacang tanah yang sudah kering dihaluskan dengan *blender* dan diayak. Isolasi mikroselulosa mengacu pada penelitian Bano dan Negi (2017) dengan modifikasi. Serbuk kulit kacang tanah dilakukan alkalisasi menggunakan NaOH 10% dengan perbandingan antara serbuk dan larutan 1: 20 b/v. Alkalisasi dilakukan selama 2 jam pada suhu 80°C, kemudian dilakukan netralisasi menggunakan akuades. Proses alkalisasi dilakukan dengan dua kali pengulangan. Campuran dari proses alkalisasi yang sudah netral dilakukan *bleaching* menggunakan NaOCl 12% dan diasamkan dengan HCl 15% sampai pH 4,5. Waktu dan suhu reaksi serta perbandingan serbuk dengan larutan mengikuti kondisi alkalisasi, kemudian dilakukan netralisasi menggunakan akuades. Proses *bleaching* dilakukan dengan tiga kali pengulangan. Campuran dari proses *bleaching* yang sudah netral dilakukan filtrasi, residu dikeringkan menggunakan oven, dan diperoleh mikroselulosa kulit kacang tanah. Persentase rendemen mikroselulosa dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$\% \text{ rendemen} = (\text{massa mikroselulosa} / \text{massa kulit kacang tanah}) \times 100\%$$

### Analisis data

Mikroselulosa kulit kacang tanah dilakukan analisis morfologi menggunakan SEM, analisis gugus fungsi menggunakan FT-IR, serta analisis termal menggunakan TGA dan DSC. Analisis FT-IR (IR Prestige-21 SHIMADZU) dilakukan pada panjang gelombang 650-4000  $\text{cm}^{-1}$  menggunakan plat KBr, analisis SEM (JEOL Benchtop JCM 7000) dilakukan pada perbesaran 500x, dan analisis TGA dan DSC dilakukan menggunakan alat STA (Linseis PT-1600) dengan kecepatan pemanasan 10°C per menit dengan atmosfer udara.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Isolasi mikroselulosa

Kulit kacang tanah dilakukan pencucian dan pengeringan pada tahap preparasi awal. Proses pencucian bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang menempel pada permukaan kulit kacang tanah. Sedangkan proses pengeringan bertujuan untuk menghilangkan kandungan air pada kulit kacang tanah. Kulit kacang tanah yang sudah kering diblender menjadi serbuk kulit kacang tanah (KT) dengan warna coklat gelap yang ditunjukkan pada Gambar 1a. Isolasi mikroselulosa dari KT dilakukan dengan proses alkalisasi yang bertujuan untuk menghilangkan hemiselulosa. Perubahan warna pada KT menjadi kekuningan pada Gambar 1.B menunjukkan bahwa

penghilangan hemiselulosa berhasil dilakukan. Proses *bleaching* bertujuan untuk menghilangkan lignin dan memperoleh mikroselulosa. Perubahan warna KT menjadi putih kecoklatan pada Gambar 1.C menunjukkan penghilangan lignin berhasil dilakukan (Punnadiyil et al. 2016; Vallejo et al. 2021). Reaksi yang terjadi ketika proses alkalisasi yaitu adanya pemutusan ikatan lignoselulosa oleh anion hidroperoksida ( $\text{HOO}^-$ ) dari pelarutan NaOH dalam air. Anion hidroperoksida sangat reaktif terhadap pusat elektrofilik pada lignoselulosa. Proses *bleaching* menggunakan larutan NaOCl yang diasamkan dengan HCl terjadi reaksi degradasi lignin oleh hipoklorit radikal dan klorin radikal. Klorin radikal terbentuk dari hasil reaksi antara ion hipoklorit dan asam hipoklorus yang dihasilkan ketika senyawa natrium hipoklorit ( $\text{NaOCl}$ ) dilarutkan dalam air, sedangkan hipoklorit radikal dihasilkan dari reaksi ion hipoklorit aktif yang diperoleh ketika penambahan asam dalam larutan NaOCl (Janker-Obermeier et al. 2012; Mahanta et al. 2012). Rendemen mikroselulosa kulit kacang tanah (MKS) sebesar 11,80%. KT merupakan sumber selulosa yang termasuk dalam golongan bahan kayu, sehingga perlu dilakukan proses alkalisasi dan *bleaching* lebih dari satu kali. Pengulangan proses tersebut menyebabkan penghilangan komponen hemiselulosa dan lignin yang cukup banyak, sehingga menghasilkan rendemen yang rendah. Ukuran serbuk kulit kacang yang kecil dan halus setelah proses penghalusan menggunakan blender dapat menyebabkan serbuk dan selulosa hilang ketika proses alkalisasi, *bleaching*, dan netralisasi menggunakan akuades.

#### Analisis morfologi, gugus fungsi dan termal mikroselulosa

Analisis morfologi MKS dilakukan menggunakan SEM dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil SEM menunjukkan bahwa MKS memiliki serat berbentuk pipih, saling berdekatan, dan memiliki permukaan yang kasar. MKS memiliki ukuran rata-rata 7,77  $\mu\text{m}$ . Serat mikroselulosa terlihat saling berdekatan dengan serat yang lain. Hal tersebut disebabkan karena gugus hidroksil yang melimpah dapat membentuk ikatan hidrogen intermolekul (Bano dan Negi 2017; Rasheed et al. 2020). Ikatan hidrogen intermolekul tersebut menyebabkan MKS mudah mengalami aglomerasi. Selulosa tipe I merupakan selulosa yang banyak ditemukan pada tumbuhan tingkat tinggi, namun dapat ditemukan juga pada bakteri dan alga. Selulosa tipe I terbagi menjadi dua jenis yaitu selulosa Ia dan selulosa Ib. Selulosa Ia dominan ditemukan pada bakteri dan alga, sedangkan selulosa Ib dominan ditemukan pada tumbuhan tingkat tinggi seperti kapas, kayu, dan rami. Selulosa dari kulit kacang tanah dimungkinkan merupakan selulosa tipe Ib, karena selulosa Ib terdapat ikatan hidrogen C-H---O antar rantai selulosa (Poma et al. 2016). Sehingga serat selulosa yang berdekatan dapat disebabkan karena ikatan hidrogen intermolekul dan ikatan hidrogen antar rantai selulosa tipe Ib. Permukaan serat MKS terlihat kasar disebabkan karena penghilangan lignin dan hemiselulosa dari proses alkalisasi dan *bleaching* (Debnath et al. 2022).

Analisis MKS selanjutnya dilakukan menggunakan FT-IR untuk mengetahui perubahan gugus fungsi dari KT menjadi MKS. Spektra FT-IR KT dan MKS ditunjukkan pada Gambar 3. Keberhasilan isolasi mikroselulosa ditandai dengan hilangnya puncak hemiselulosa dan lignin dari spektra KT, yaitu puncak pada 2854  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan serapan C-H hemiselulosa, puncak 1515  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan serapan C=C lignin, dan puncak 1263  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan serapan C-O lignin (Bano dan Negi 2017; Pacheco et al. 2022; Rizwan et al. 2021). MKS yang berhasil diisolasi memiliki puncak yang mirip dengan penelitian sebelumnya. Perbandingan puncak MKS dengan nanoselulosa dan mikroselulosa dari kulit kacang tanah ditunjukkan pada Tabel 1.

Analisis termal dilakukan terhadap MKS untuk mengetahui stabilitas termal menggunakan TGA dan titik leleh menggunakan DSC. Termogram TGA dan DSC dari MKS ditunjukkan pada Gambar 4. Termogram TGA MKS menunjukkan tiga puncak dekomposisi. Tahap pertama dimulai pada suhu 30-120°C yang merupakan dekomposisi dari air yang terikat dalam mikroselulosa. Tahap kedua dimulai pada suhu 195-280°C yang merupakan dekomposisi dari rantai mikroselulosa. Tahap ketiga dimulai pada suhu 320-480°C yang merupakan dekomposisi rantai karbon mikroselulosa (Bano dan Negi 2017; Meda et al. 2022). Termogram TGA mikroselulosa sesuai dengan penelitian Bano dan Negi (2017) yang memiliki tiga tahapan dekomposisi. Tahap pertama dimulai pada suhu yang sama yaitu 30-49°C, tahap kedua dimulai pada suhu 211-262°C, dan tahap ketiga dimulai pada suhu 337-435°C.

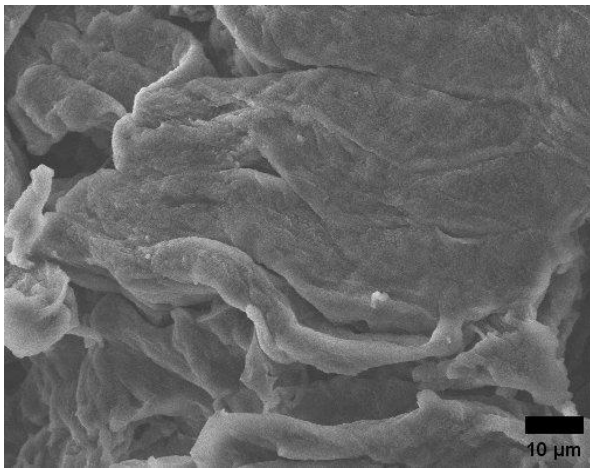
Termogram DSC menunjukkan dua puncak endotermis pada mikroselulosa kulit kacang tanah. Tahap pertama yang terjadi pada suhu kurang dari 50°C merupakan penguapan air yang terikat oleh mikroselulosa. Tahap kedua merupakan titik leleh dari mikroselulosa yang diperoleh pada suhu 120°C. Titik leleh mikroselulosa pada penelitian sebelumnya diperoleh pada suhu sekitar 250°C (Bano dan Negi 2017). Pergeseran titik leleh menuju suhu yang lebih rendah menunjukkan bahwa mikroselulosa memiliki jumlah fase amorf yang lebih tinggi (Manzato et al. 2017).

Tabel 1. Spektra FT-IR MKS

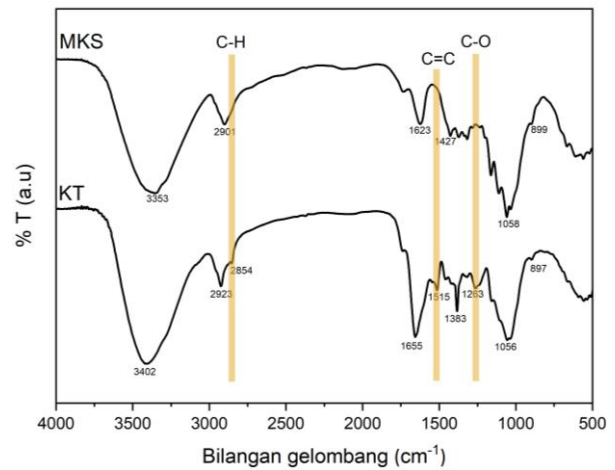
MKS	Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )		Gugus fungsi
	Nanoselulosa (Bano dan Negi 2017)	Mikroselulosa a (Punnadiyil et al. 2016)	
3353	3410	3400	OH
2901	2900	2900	CH
1623	1640	1627	OH yang mengikat air
1427	1432	~1430	CH <sub>2</sub> cincin piranosa
1058	1060	~1060	C-O cincin piranosa
899	897	~897	C-O-C ikatan $\beta$ -glukosida



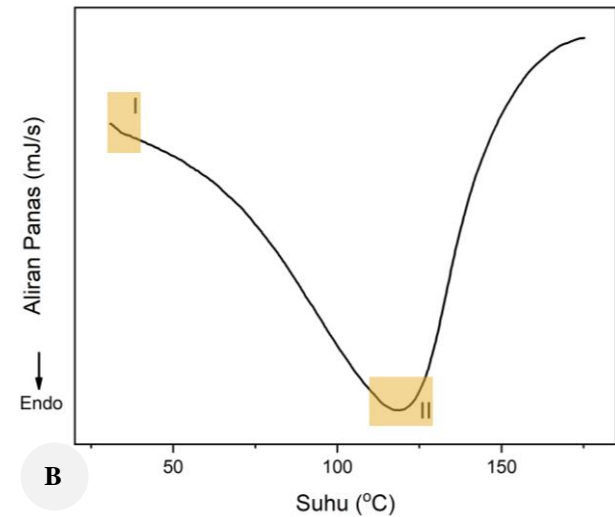
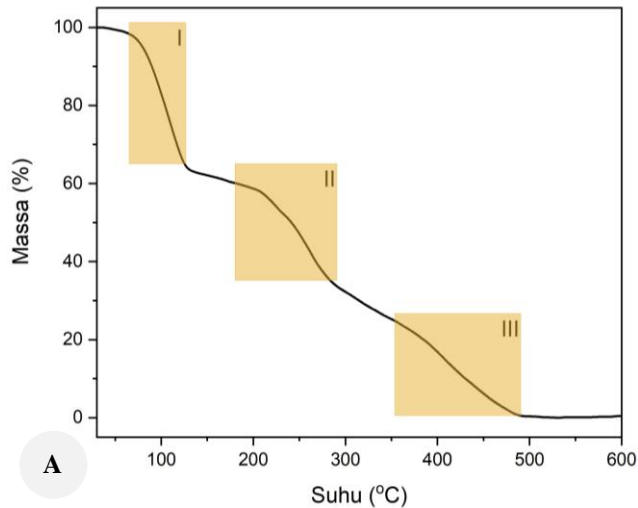
Gambar 1. A. Serbuk kulit kacang tanah (KT), B. Hasil alkalisasi, C. Mikroselulosa (MKS)



Gambar 2. SEM mikroselulosa kulit kacang tanah



Gambar 3. Spektra FT-IR KT dan MKS



Gambar 4. Termogram. A. TGA, B. DSC MKS

**Potensi aplikasi mikroselulosa**

Analisis mikroselulosa yang berhasil diisolasi, memiliki potensi sebagai material awal pengisi membran, matriks membran, komposit, adsorben, hidrogel, dan film untuk kemasan makanan sesuai dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Penelitian Bodkhe et al. (2014)

menambahkan pengisi mikroselulosa kedalam matriks membran PVDF (*polyvinylidene fluoride*) yang bertujuan untuk meningkatkan nilai fase  $\beta$  membran PVDF. Membran dibuat menggunakan teknik *casting*. Nilai fase  $\beta$  membran PVDF meningkat dua kali lipat dengan penambahan 1% mikroselulosa, yang dipengaruhi oleh luas

permukaan, ukuran serat dan melimpahnya gugus hidroksil dari mikroselulosa. Peningkatan nilai fase  $\beta$  menunjukkan bahwa mikroselulosa mampu mengorientasikan struktur polimer PVDF menjadi lebih polar yaitu fase  $\beta$ . Membran PVDF yang semakin polar dapat meningkatkan kinerja membran PVDF ketika filtrasi.

Penelitian Liang et al. (2023) melakukan isolasi mikroselulosa dari rami yang diaplikasikan sebagai matriks membran. Membran mikroselulosa dibuat dengan teknik *casting*. Membran mikroselulosa dari rami memiliki kinerja yang baik untuk filtrasi BSA (*Bovine Serum Albumin*) dengan nilai rejeksi sebesar 91,43% dan fluks air 33,95 L/m<sup>2</sup>h. Penelitian Arteaga-Ballesteros et al. (2021) membuat komposit dari mikroselulosa yang diisolasi dari kombucha dengan PLA (*polylactic acid*). Komposit PLA dengan mikroselulosa memiliki kristalinitas yang lebih tinggi dan kekuatan mekanik yang lebih tinggi yaitu memiliki kekuatan tekanan sampai 40 MPa.

Penelitian Chuin Tan et al. (2020) melakukan isolasi mikroselulosa dari daun kelapa sawit yang digunakan sebagai adsorben zat warna metilen biru. Adsorben mikroselulosa memiliki kapasitas adsorpsi terhadap metilen biru sebesar 11,42 mg/g dan dapat digunakan sebanyak empat kali pengulangan adsorpsi. Penelitian Kundu dan Banerjee (2020) membuat hidrogel dari mikroselulosa yang diuji secara *in vitro* menggunakan tiga jenis simulator cairan tubuh untuk menghantarkan *cephalexin*. Hidrogel mikroselulosa memiliki hasil yang baik dengan persentase penghantaran *cephalexin* yang tinggi sebesar 98%. Penelitian Debnath et al. (2022) menggunakan mikroselulosa untuk meningkatkan sifat film dari tepung jagung yang dimanfaatkan sebagai bahan kemasan makanan. Penambahan mikroselulosa meningkatkan stabilitas termal, sudut kontak, dan kekuatan mekanik dari film tepung jagung, masing-masing sebesar 321°C, 98,83°, dan 22,33 MPa.

Kesimpulannya, isolasi mikroselulosa dari kulit kacang tanah telah berhasil dilakukan menggunakan metode yang lebih singkat menggunakan alkalisasi dan *bleaching*, dengan hasil analisis yang sesuai dengan penelitian sebelumnya. Mikroselulosa memiliki bentuk serat pipih, berdekatan, permukaan kasar, serta memiliki ukuran rata-rata 7,77  $\mu$ m dengan warna putih kecoklatan dan rendemen 11,80%, memiliki suhu degradasi termal 195°C, dan titik leleh pada suhu 120°C. Mikroselulosa yang dihasilkan pada penelitian ini berpotensi sebagai material awal pengisi membran, matriks membran, komposit, adsorben, hidrogel, dan film untuk kemasan makanan seperti pada penelitian sebelumnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sebelas Maret yang telah memberikan hibah penelitian dengan nomor kontrak 260/UN27.22/HK.07.00/2021; 254/27.22/PT.01.03/2022, dan 469.1/UN27.22/PT.01.03/2022.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arteaga-Ballesteros BE, Guevara-Morales A, Martín-Martínez ES, Figueroa-López U, Vieyra H. 2021. Composite of polylactic acid and microcellulose from kombucha membranes. *e-Polymers* 21 (1): 15-26. DOI: 10.1515/epoly-2021-0001.
- 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.
- Bodkhe S, Rajesh PSM, Kamle S, Verma V. 2014. Beta-phase enhancement in polyvinylidene fluoride through filler addition: comparing cellulose with carbon nanotubes and clay. *J Polym Res* 21 (5): 434. DOI: 10.1007/s10965-014-0434-3.
- Chuin Tan CH, Sabar S, Haafiz MKM, Garba ZN, Hussin MH. 2020. The improved adsorbent properties of microcrystalline cellulose from oil palm fronds through immobilization technique. *Surf Interfaces* 20: 100614. DOI: 10.1016/j.surfin.2020.100614.
- Debnath B, Duarah P, Haldar D, Purkait MK. 2022. Improving the properties of corn starch films for application as packaging material via reinforcement with microcrystalline cellulose synthesized from elephant grass. *Food Packag Shelf Life* 34: 100937. DOI: 10.1016/j.fpsl.2022.100937.
- Duc PA, Dharanipriya P, Velmurugan BK, Shanmugavadivu M. 2019. Groundnut shell -a beneficial bio-waste. *Biocatal Agric Biotechnol* 20: 101206. DOI: 10.1016/j.bcab.2019.101206.
- Janker-Obermeier I, Sieber V, Faulstich M, Schieder D. 2012. Solubilization of hemicellulose and lignin from wheat straw through microwave-assisted alkali treatment. *Ind Crops Prod* 39: 198-203. DOI: 10.1016/j.indcrop.2012.02.022.
- Kundu D, Banerjee T. 2020. Development of microcrystalline cellulose based hydrogels for the *in vitro* delivery of Cephalexin. *Heliyon* 6 (1): e03027. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e03027.
- Kusmartono B. 2018. Pemanfaatan kulit kacang tanah (*Arachis Hypogaea* L.) sebagai bahan baku pembuatan nitroselulosa. *J Teknologi* 11 (2): 143-149. DOI: 10.3415/jurtek.v11i2.1840. [Indonesian]
- Liang Z, Li X, Li M, Hong Y. 2023. Study on the preparation and properties of jute microcrystalline cellulose membrane. *Molecules* 28 (4): 1783. DOI: 10.3390/molecules28041783.
- Mahanta N, Leong WY, Valiyaveetil S. 2012. Isolation and characterization of cellulose-based nanofibers for nanoparticle extraction from an aqueous environment. *J Mater Chem* 22 (5): 1985-1993. DOI: 10.1039/C1JM15018A.
- Manzato L, Rabelo LCA, de Souza SM, da Silva CG, Sanches EA, Rabelo D, Mariuba LAM, Simonsen J. 2017. New approach for extraction of cellulose from tucumã's endocarp and its structural characterization. *J Mol Struct* 1143: 229-234. DOI: 10.1016/j.molstruc.2017.04.088.
- Meda RS, Jain S, Singh S, Verma C, Nandi U, Maji PK. 2022. Novel Lagerania siceraria peel waste based cellulose nanocrystals: Isolation and rationalizing H-bonding interactions. *Ind Crops Prod* 186: 115197. DOI: 10.1016/j.indcrop.2022.115197.
- Pacheco IS, Alves AGT, Santana LC, Ribeiro EAM, Canobre SC, Amaral FA. 2022. Performance of cationic hemicelluloses arising from peanut shell residue from agroindustry in application as primary coagulant in physical-chemical treatment of dairy wastewater. *J Water Process Eng* 47: 102661. DOI: 10.1016/j.jwpe.2022.102661.
- Pennells J, Godwin ID, Amiralian N, Martin DJ. 2020. Trends in the production of cellulose nanofibers from non-wood sources. *Cellulose* 27: 575-593. DOI: 10.1007/s10570-019-02828-9.
- Poma AB, Chwastyk M, Cieplak M. 2016. Coarse-grained model of the native cellulose I $\alpha$  and the transformation pathways to the I $\beta$  allomorph. *Cellulose* 23 (3): 1573-1591. DOI: 10.1007/s10570-016-0903-4.
- Punnadiyil RK, Sreejith MP, Purushothaman E. 2016. Isolation of microcrystalline and nano cellulose from peanut shells. *J Chem Pharm Sci* 1: 12-16.
- Rasheed M, Jawaid M, Karim Z, Abdullah LC. 2020. Morphological, physicochemical and thermal properties of Microcrystalline Cellulose (MCC) extracted from bamboo fiber. *Molecules* 25 (12): 2824. DOI: 10.3390/molecules25122824.
- Rizwan M, Gilani SR, Durrani AI, Naseem S. 2021. Cellulose extraction of *Alstonia scholaris*: A comparative study on efficiency of different bleaching reagents for its isolation and characterization. *Intl J Biol Macromol* 191: 964-972. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.09.155.
- 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.
- Suryanti V, Kusumaningsih T, Safriyani D, Cahyani IS. 2023. Synthesis and characterization of cellulose ethers from screw pine (*Pandanus tectorius*) leaves cellulose as food additives. Intl J Technol 14 (3): 291-319. DOI: 10.14716/ijtech.v14i3.5288.
- Vallejo M, Cordeiro R, Dias PAN, Moura C, Henriques M, Seabra IJ, Malça CM, Morouço P. 2021. Recovery and evaluation of cellulose from agroindustrial residues of corn, grape, pomegranate, strawberry-tree fruit and fava. Bioresour Bioprocess 8 (1): 25. DOI: 10.1186/s40643-021-00377-3.
- Wang B, Li D. 2015. Strong and optically transparent biocomposites reinforced with cellulose nanofibers isolated from peanut shell. Compos Part A Appl Sci Manuf 79: 1-7. DOI: 10.1016/j.compositesa.2015.08.029.