

Isolasi dan Karakterisasi Fisikokimia *Microcrystalline Cellulose* Tandan Pisang Mulu Bebe

Abulkhair Abdullah, Mutmainnah*

Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Khairun

Sitasi: Abdullah, A., & Mutmainnah. (2026). Isolasi dan Karakterisasi Fisikokimia *Microcrystalline Cellulose* Tandan Pisang Mulu Bebe. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 12(1), 23–29.
<https://doi.org/10.35311/jmpi.v12i1.997>

Submitted: 09 Oktober 2025

Accepted: 02 Mei 2026

Published: 30 Juni 2026

*Penulis Korespondensi:
Mutmainnah
Email: mutmainnah@unkhair.ac.id



Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ABSTRAK

Microcrystalline Cellulose (MCC) merupakan salah satu eksipien yang banyak dimanfaatkan di industri farmasi, khususnya pada produksi tablet dengan kempa langsung. MCC sering digunakan sebagai pengisi, pengikat, dan penghancur. Dengan demikian, ketersediaan MCC sangat diperlukan. Pisang menjadi salah satu sumber MCC yang menjanjikan dikarenakan mengandung 63–64% selulosa. Tandan buahnya sering kali tidak dimanfaatkan sehingga terbuang menjadi limbah. Pada penelitian ini digunakan tandan pisang mulu bebe. Pisang mulu bebe merupakan salah satu buah budidaya yang ada di Maluku Utara. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah tandan pisang mulu bebe menjadi sumber MCC. MCC dihasilkan dengan beberapa tahapan, yakni pengeringan, delignifikasi dengan larutan alkali, dan hidrolisis dengan asam mineral. Tandan pisang Mulu Bebe menghasilkan rendemen α -selulosa 29,23 % dan MCC-TPMB 22,81 %. Hasil karakterisasi menunjukkan MCC-TPMB berupa serbuk halus hampir putih dan tidak berbau. Nilai kadar air sebesar 3,3 % dan susut pengeringan 6,7 %. MCC-TPMB juga tidak larut dalam air maupun etanol. NIR spektra MCC-TPMB menunjukkan pita serapan khas selulosa pada $3444,87\text{ cm}^{-1}$ (*-OH stretching*), $2897,08\text{ cm}^{-1}$ (*-CH stretching*), dan $1060,85\text{ cm}^{-1}$ (*C-O-C stretching*).

Kata Kunci : *Microcrystalline Cellulose*, Pisang Mulu Bebe, Karakteristik Fisikokimia

ABSTRACT

Microcrystalline Cellulose (MCC) is one of the excipients widely used in the pharmaceutical industry, particularly in tablet production through direct compression. MCC is commonly used as a filler, binder, and disintegrant. Therefore, the availability of MCC is crucial. Bananas have become one of the promising sources of MCC because they contain 63–64% cellulose. The banana bunches are often underutilized, resulting in waste. This study uses mulu bebe banana bunches. mulu bebe bananas are a cultivated fruit found in North Maluku. This study aims to utilize the waste from mulu bebe banana bunches as a source of MCC. MCC is produced through several stages, including drying, delignification with an alkaline solution, and hydrolysis with mineral acid. Mulu bebe banana bunches produced 29.23% α -cellulose and 22.81% MCC. The characterization results show that MCC-TPMB is a fine, almost white powder with no odour. It has a moisture content of 3.3% and a drying shrinkage of 6.7%. MCC-TPMB is also insoluble in water and ethanol. Characterization using SEM showed that MCC-TPMB had a microscopic fibre morphology similar to that of Avicel Ph 102. The NIR spectra of MCC-TPMB show characteristic cellulose absorption bands at 3444.87 cm^{-1} (*-OH stretching*), 2897.08 cm^{-1} (*-CH stretching*), and 1060.85 cm^{-1} (*C-O-C stretching*).

Keywords: *Microcrystalline Cellulose*, Mulu Bebe Banana, Physicochemical Properties

PENDAHULUAN

Selulosa merupakan senyawa organik alami yang paling melimpah di bumi (Nsor-Atindana *et al.*, 2017). Selulosa adalah polimer karbohidrat rantai panjang yang terdiri dari unit-unit glukosa yang berulang (Sundarraj and Ranganathan, 2018). Senyawa ini dapat ditemukan pada sejumlah organisme hidup mulai dari tumbuhan tingkat rendah hingga tinggi, hewan laut, bakteri, serta

jamur (Trache *et al.*, 2016). Salah satu senyawa derivat selulosa yang banyak dimanfaatkan adalah *Microcrystalline cellulose* (MCC) (Abu-Thabit *et al.*, 2020). Di industri farmasi, MCC dimanfaatkan sebagai bahan tambahan (eksipien) dalam produksi tablet dan kapsul (Nawang Sari *et al.*, 2018). MCC paling banyak digunakan dalam pembuatan tablet dengan metode kempa langsung (Edison *et al.*, 2019). MCC dapat digunakan sebagai adsorben (*adsorbent*),

pensuspensi (*suspending agent*), pengisi (*diluent*), dan penghancur (*disintegrant*) (Sheskey et al., 2020).

Kayu dan kapas menjadi sumber serat selulosa yang banyak digunakan dalam produksi MCC (Thoorens et al., 2014). Akan tetapi, penggunaan kayu dinilai kurang efektif karena dapat mengurangi ketersediaan kayu dan menyebabkan deforestasi besar-besaran sehingga menyebabkan ketidakseimbangan ekologi (Kharismi et al., 2018). Tanaman non-kayu dengan kandungan lignin yang lebih rendah dianggap lebih ekonomis untuk produksi MCC (Baruah et al., 2020). Salah satu tanaman non-kayu yang dapat dimanfaatkan adalah tandan pisang mulu bebe (TPMB).

Pisang mulu bebe merupakan salah satu buah yang dibudidayakan di Maluku Utara (Poerba et al., 2018). Pisang ini sudah lama digemari oleh masyarakat Maluku Utara. Belum ditemukan informasi yang menunjukkan bahwa pisang mulu bebe ditemukan di daerah lain. Pisang khas Maluku Utara ini dapat dikonsumsi dalam berbagai bentuk olahan, baik yang masih mentah maupun yang sudah matang (Hidayat et al., 2021). Tingginya konsumsi pisang mulu bebe di masyarakat tentu akan berdampak pada banyaknya limbah tandan pisang setelah panen. Pada kenyataannya, tandan pisang hasil panen tidak banyak dimanfaatkan.

Pada penelitian ini, limbah TPMB dimanfaatkan menjadi salah satu bahan baku alternatif dalam pembuatan MCC. Selain ekonomis, isolasi MCC dari TPMB dapat mengurangi produksi limbah pertanian di Maluku Utara. MCC-TPMB yang dihasilkan akan dibandingkan dengan MCC komersial yang sudah sering digunakan di industri farmasi, yakni Avicel Ph 102.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian meliputi peralatan gelas, *analytical balance* (Fujitsu, Jepang), *magnetic stirrer* (Thermo Scientific, Amerika Serikat), *water bath* (Memmert, Jerman), dan oven (Memmert, Jerman).

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi akuades (*pharmaceutical grade*), asam nitrat (HNO_3) (*analytical grade*), natrium nitrit (NaNO_2) (*analytical grade*), natrium hidroksida (NaOH) (*pharmaceutical grade*), natrium sulfit (Na_2SO_3) (*pharmaceutical grade*), asam klorida (HCl) (*analytical grade*), hidrogen peroksida (H_2O_2) (*pharmaceutical grade*), Avicel Ph 102 (Sigachi, India), dan tandan pisang mulu bebe.

Pembuatan Serbuk TPMB

Tandan pisang mulu bebe (TPMB) diperoleh dari salah satu pasar tradisional di Kota Ternate, Provinsi Maluku Utara, Indonesia. TPMB dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil untuk mempercepat proses pengeringan. Setelah perajangan, TPMB dicuci menggunakan air untuk menghilangkan debu, tanah, dan mikroorganisme yang mungkin menempel pada tandan pisang. TPMB yang telah bersih kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60 °C selama 24 jam. Suhu ini dipilih karena cukup untuk menguapkan air tanpa merusak struktur selulosanya. TPMB yang telah kering dihaluskan menggunakan blender.

Isolasi α -Selulosa dan MCC-TPMB

Isolasi α -selulosa dan MCC dari TPMB dilakukan dengan memodifikasi metode yang dilakukan oleh Sumaiyah (2014) dan Agustin dan Abdassah (2021). Serbuk TPMB sebanyak 100 g dimasukkan ke dalam beker gelas lalu ditambahkan 1 L HNO_3 3,5 % dan 10 mg NaNO_2 . Beker gelas dicelupkan dalam penangas air pada suhu 90 °C selama 120 menit. Setelah itu, residu TPMB disaring dan ampas dicuci dengan akuades. Residu TPMB didigesti dalam campuran 375 mL NaOH 2 % dan 375 mL Na_2SO_3 2 % pada suhu 50 °C selama 60 menit. Ampas disaring dan dicuci dengan akuades. Residu TPMB diputihkan dengan 250 mL H_2O_2 10 % pada suhu 60 °C selama 15 menit. Ampas disaring dan dicuci dengan akuades. α -Selulosa dimurnikan dengan cara direndam dalam larutan NaOH 17,5 % pada suhu 50 °C selama 30 menit. Residu dipisahkan dari filtratnya dengan cara disaring dan dicuci dengan akuades hingga filtrat bening sampai diperoleh *pulp*. Selanjutnya, *pulp* diputihkan kembali dengan larutan H_2O_2 10 % pada suhu 60 °C selama 15 menit. *Pulp* disaring dan dicuci dengan akuades lalu dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60 °C selama 1 jam. Rendemen α -selulosa dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{Bobot } \alpha\text{-selulosa (gram)}}{\text{Bobot serbuk TPMB (gram)}} \times 100 \%$$

Serbuk α -selulosa dimasukkan ke dalam beker gelas lalu ditambahkan dengan 1 L HCl 2,5 N dengan perbandingan 1:20. Hidrolisis α -selulosa dengan cara dipanaskan pada suhu 105 °C selama 15 menit. Residu MCC dicuci dengan akuades lalu dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60 °C selama 1 jam. Rendemen MCC dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{Bobot MCC (gram)}}{\text{Bobot serbuk TPMB (gram)}} \times 100 \%$$

Karakterisasi Sifat Fisikokimia

1. Organoleptik

MCC-TPMB diamati bentuk, bau, rasa, dan warnanya.

2. Kadar air

MCC-TPMB dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105 °C sampai diperoleh bobot yang konstan. Kadar air MCC dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{B1 - B2}{B1} \times 100\%$$

Keterangan:

B1 : bobot MCC sebelum pemanasan (gram)

B2 : bobot MCC setelah pemanasan (gram)

3. Susut pengeringan

Susut pengeringan diukur menggunakan *moisture analyzer*. Sebanyak 5 g MCC dimasukkan ke wadah sampel dan atur suhu pada 115 °C.

4. Kelarutan

Sebanyak 10 mg MCC-TPMB ditambahkan 100 mL pelarut (akuades, HCl, dan NaOH) lalu diaduk. Saring residu dengan kertas saring lalu keringkan menggunakan oven pada suhu 105 °C selama 15 menit. Hitung kelarutan dari MCC pada tiap pelarut.

5. Analisis morfologi permukaan dengan SEM

Morfologi MCC-TPMB diamati menggunakan SEM (Tescan, VEGA LMU, Ceko) pada tegangan akselerasi 5 keV dengan perbesaran 500x-1.500x.

6. Analisis gugus fungsi dengan FTIR

Spektrum inframerah MCC-TPMB direkam menggunakan spektrofotometer inframerah (Shimadzu, IRPrestige-21, Japan) dengan metode difusi reflektansi KBr. Spektrum serapan direkam pada bilangan gelombang 4000-300 cm⁻¹.

HASIL DAN PEMBAHASAN

MCC dari TPMB berhasil diisolasi melalui proses delignifikasi dan hidrolisis asam ([Gambar 1](#)). Hasil pengujian organoleptik menunjukkan bahwa MCC-TPMB memiliki bentuk serbuk halus, warna hampir putih, tidak berbau, dan tidak berasa ([Tabel 1](#)).

Kadar air MCC-TPMB yang tercatat sebesar 3,3% berada di bawah batas maksimal yang ditetapkan ($\leq 5,0\%$) ([Tabel 1](#)). Rendahnya kadar air ini memiliki dampak signifikan, antara lain meningkatkan daya simpan karena kandungan air yang rendah dapat mengurangi risiko pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri atau jamur.

Selain itu, kadar air yang rendah juga berkontribusi pada peningkatan stabilitas produk, di mana produk cenderung memiliki stabilitas fisik dan kimia yang lebih baik, terutama jika digunakan dalam formulasi yang sensitif terhadap kelembapan. Tidak kalah penting, kadar air rendah pada MCC

juga meningkatkan kualitas proses, karena bahan ini lebih mudah dicampur dalam formulasi kering atau digunakan dalam proses granulasi kering.

Susut pengeringan sebesar 6,7% berada di bawah batas maksimum yang ditetapkan ($\leq 7,0\%$), menunjukkan efisiensi dalam proses pengeringan ([Tabel 1](#)). Nilai ini mencerminkan penghilangan air bebas dan terikat yang cukup optimal, sehingga mengurangi risiko kerusakan produk akibat residu air selama penyimpanan. Selain itu, susut pengeringan yang rendah juga meminimalkan kehilangan bahan aktif atau bahan berharga selama pengeringan, yang sangat penting untuk memastikan efisiensi produksi. Lebih lanjut, hal ini mendukung kestabilan bahan karena risiko degradasi termal atau kimia selama proses pengeringan menjadi lebih kecil.

Tidak larutnya MCC-TPMB dalam air maupun etanol sesuai dengan karakteristik MCC secara umum, yang mengindikasikan memiliki struktur kristalin tinggi dan ikatan hidrogen antarrantai selulosa yang kuat, sehingga tidak mudah terdispersi atau terlarut ([Tabel 1](#)). Proses hidrolisis asam secara selektif menghidrolisis daerah amorf, menghasilkan mikrokristal selulosa. Struktur ini memberikan MCC sifat-sifat khasnya seperti kompresibilitas tinggi dan ketidaklarutan dalam air (Janvalkar et al., 2025). Kepadatan *bulk* yang rendah menjadikan MCC banyak digunakan sebagai bahan pengisi untuk meningkatkan volume dan keseragaman tablet. Selain itu, keberadaan gugus hidroksil bebas pada permukaan MCC memberikan kemampuan pengikatan yang sangat baik, sehingga meningkatkan adhesi antarpartikel serta kekuatan dan kekompakan tablet. Sebagai penghancur, MCC memiliki sifat lubrikasi yang rendah dan koefisien gesek yang kecil, yang mendukung proses disintegrasi tablet secara efektif tanpa menghambat pelepasan zat aktif (Silalahi and Husni, 2018).

Hasil isolasi α -selulosa diperoleh sebanyak 29,23 % sedangkan MCC yang diperoleh sebanyak 22,81 %. Isolat MCC dikonfirmasi menggunakan SEM dan FTIR. MCC-TPMB maupun Avicel Ph 102 menunjukkan adanya struktur serat mikroskopis yang khas ([Gambar 2](#)). Secara umum, spektrum IR keduanya memiliki profil serapan yang sangat mirip, menunjukkan bahwa MCC-TPMB memiliki struktur kimia yang mirip dengan MCC komersial ([Gambar 3](#)).



Setelah perendaman dengan HNO_3 3,5 % + 10 mg NaNO_2 pada suhu 90 °C selama 2 jam



Setelah perendaman dengan NaOH 2 % + Na_2SO_3 2 % pada suhu 50 °C selama 1 jam



Setelah perendaman dengan H_2O_2 10 % pada suhu 60 °C selama 15 menit (*bleaching* 1)



Setelah perendaman dengan NaOH 17,5 % pada suhu 50 °C selama 30 menit (*delignifikasi*)



Setelah perendaman dengan H_2O_2 10 % pada suhu 60 °C selama 15 menit (*bleaching* 2)



α -selulosa setelah dikeringkan dengan % rendemen sebesar 29,23 %



Setelah perendaman dengan HCl 2,5 N pada suhu 105 °C selama 15 menit (*hidrolisis*)



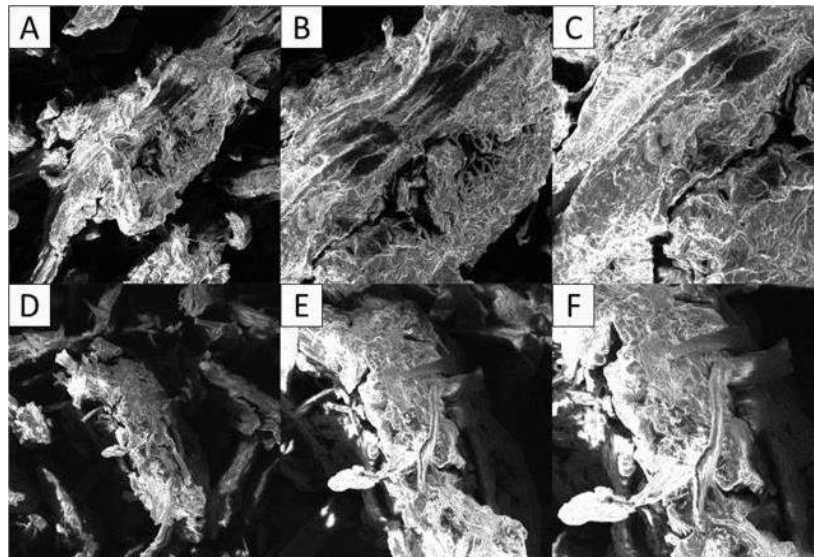
MCC setelah dikeringkan dengan % rendemen sebesar 22,81 %

Gambar 1. Proses isolasi α -selulosa dan MCC-TPMB

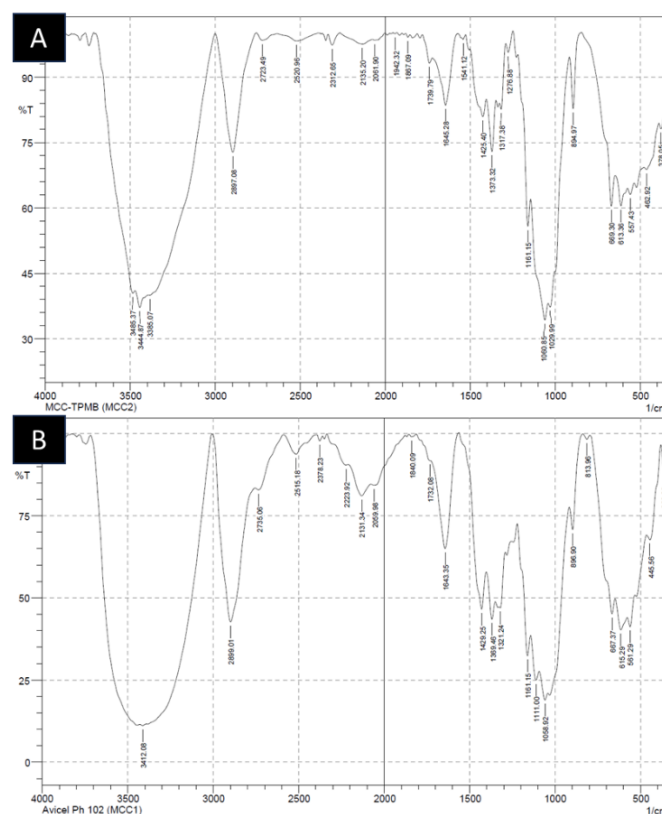
Tabel 1. Karakteristik Fisikokimia MCC-TPMB

No.	Parameter	Hasil Pengamatan	Referensi*
1	Organoleptik	Serbuk halus, hampir putih, tidak berbau	Serbuk halus, putih, tidak berbau
2	Kadar air (%)	3,3	$\leq 5,0$
3	Susut pengeringan (%)	6,7	$\leq 7,0$
4	Kelarutan dalam air	Tidak larut	Tidak larut
5	Kelarutan dalam etanol	Tidak larut	Tidak larut

Keterangan: *Tidak dilakukan karakterisasi fisikokimia pada Avicel Ph 102, data referensi diambil dari *Handbook of Pharmaceutical Excipients Ninth Edition*



Gambar 2. Morfologi permukaan MCC-TPMB (A-C) dan Avicel Ph 102 (D-F) dengan perbesaran 500x; 1.000x; dan 1.500x.



Gambar 3. NIR spektra MCC-TPMB (A), Avicel Ph 102 (B)

Pita serapan pada bilangan gelombang $3444,87 \text{ cm}^{-1}$ dan $3412,08 \text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya gugus -OH stretching yang khas pada selulosa. Serapan pada daerah $2897,08 \text{ cm}^{-1}$ dan $2899,01 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan peregangan C-H stretching . Puncak pita kuat pada $1060,85 \text{ cm}^{-1}$ dan $1058,92 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan peregangan C-O-C yang khas struktur anhidroglukosa (Tabel 2). Adanya

perbedaan serapan pada MCC-TPMB dan Avicel Ph 102 mengindikasikan kemungkinan perbedaan pola ikatan hidrogen atau tingkat kristalinitas keduanya. Hal ini menunjukkan potensi MCC-TPMB untuk digunakan sebagai alternatif MCC komersial, tergantung pada aplikasi dan sifat fisik lainnya yang mungkin diuji lebih lanjut.

Tabel 2. Serapan *infrared* MCC kulit pisang Mulu Bebe dan Avicel Ph 102

No.	Panjang Gelombang (cm ⁻¹)		Interpretasi
	MCC-TPMB	Avicel Ph 102	
1	3444,87	3412,08	-OH <i>stretching</i>
2	2897,08	2899,01	-CH <i>stretching</i>
3	1060,85	1058,92	C-O-C <i>stretching</i>

KESIMPULAN

MCC berhasil diisolasi dari tandan pisang mulu bebe melalui proses delignifikasi dan hidrolisis asam. Analisis SEM menunjukkan mikrokristal yang ditandai dengan morfologi yang tidak beraturan dan teraglomerasi. Analisis FTIR menunjukkan kemiripan gugus fungsi dengan Avicel Ph 102. MCC-TPMB yang diperoleh berpotensi untuk diaplikasikan sebagai eksipien farmasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian mendapatkan hibah melalui skim Penelitian Kompetitif Unggulan Perguruan Tinggi (PKUPT) tingkat fakultas di Universitas Khairun dengan nomor hibah: 0858/PEN-PKUPT/UN44.C9/2024. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan (FKIK) dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian (LPPM) Universitas Khairun yang telah memfasilitasi dan memberikan dukungan dana sehingga penelitian dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Abu-Thabit, N.Y., Judeh, A.A., Hakeem, A.S., Ul-Hamid, A., Umar, Y., Ahmad, A., 2020. Isolation and Characterization of Microcrystalline Cellulose from Date Seeds (*Phoenix dactylifera* L.). *Int. J. Biol. Macromol.* 155, 730–739. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.255>

Agustin, N., Abdassah, M., 2021. Isolasi dan Karakterisasi Selulosa Mikrokristal dari Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr). *Pharm. J. Farm. Indones.* 18, 111–121.

Baruah, J., Deka, R.C., Kalita, E., 2020. Greener Production of Microcrystalline Cellulose (MCC) from *Saccharum spontaneum* (Kans Grass); Statistical Optimization. *Int. J. Biol. Macromol.* 154, 672–682. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.158>

Edison, Diharmi, A., Sari, E.D., 2019. Karakteristik Selulosa Mikrokristalin dari Rumpun Laut Merah *Eucheuma cottonii*. *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.* 22, 483–489.

Hidayat, Y., Cahyaningrum, H., Ramdhani, M., Brimadyasti, S.P., Nafiah, A., Hudayana, M.H., 2021. Mulu Bebe: Pisang Unggulan Maluku

Utara. BBP2TP, Bogor.

Janvalkar, M., Kaloji, P., Shettigar, R., 2025. Microcrystalline Cellulose in Pharmaceutical Formulations: A Comprehensive Review on Applications, Concentrations, and Functional Attributes. *Int. J. Pharm. Sci.* 3, 3098–3112. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15283152>

Kharismi, R.R.A.Y., Sutriyo, Suryadi, H., 2018. Preparation and Characterization of Microcrystalline Cellulose Produced from Betung Bamboo (*Dendrocalamus asper*) Through Acid Hydrolysis. *J. Young Pharm.* 10, S79–S83.

Nawangasari, D., Yohana Chaerunisaa, A., Abdassah, M., Sriwidodo, S., Rusdiana, T., Apriyanti, L., 2018. Isolation and Physicochemical Characterization of Microcrystalline Cellulose from Ramie (*Boehmeria nivea* L. Gaud) Based on Pharmaceutical Grade Quality. *Indones. J. Pharm. Sci. Technol.* 5, 55–61. <https://doi.org/10.24198/ijpst.v5i3.15040>

Nsor-Atindana, J., Chen, M., Goff, H.D., Zhong, F., Sharif, H.R., Li, Y., 2017. Functionality and Nutritional Aspects of Microcrystalline Cellulose in Food. *Carbohydr. Polym.* 172, 159–174. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.04.021>

Poerba, Y.S., Martanti, D., Ahmad, F., Herlina, Handayani, T., Witjaksono, 2018. Deskripsi Pisang: Koleksi Pusat Penelitian Biologi LIPI. LIPI Press, Jakarta.

Rowe, R.C., Sheskey, P.J., Quinn, M.E., 2009. Handbook of Pharmaceutical Excipient 6th Edition. Pharmaceutical Press, United Kingdom.

Sheskey, P.J., Hancock, B.C., Moss, G.P., Goldfarb, D.J., 2020. Handbook of Pharmaceutical Excipients Ninth Edition.

Silalahi, K., Husni, P., 2018. Review: Aplikasi Mikrokristalin Selulosa dalam Farmasetik. *Farmaka* 16, 380–388.

Sumaiyah, 2014. Pembuatan dan Karakterisasi Selulosa Mikrokristal dan Nanokristal Tandan Aren (*Arenga pinnata* (Wurmb) Merr.) dan Penggunaannya sebagai Eksipien dalam Tablet Natrium Diklofenak. *Univ. Sumatera*

Utara. Universitas Sumatera Utara.

Sundarraaj, A.A., Ranganathan, T.V., 2018. Comprehensive Review on Cellulose and Microcrystalline Cellulose from Agro-Industrial Wastes. *Drug Invent. Today* 10, 2783–2788.

Thoorens, G., Krier, F., Leclercq, B., Carlin, B., Evrard, B., 2014. Microcrystalline Cellulose, A Direct Compression Binder in A Quality By Design Environment - A Review. *Int. J. Pharm.* 473, 64–72.

<https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2014.06.055>

Trache, D., Hussin, M.H., Hui Chuin, C.T., Sabar, S., Fazita, M.R.N., Taiwo, O.F.A., Hassan, T.M., Haafiz, M.K.M., 2016. Microcrystalline Cellulose: Isolation, Characterization, and Bio-Composites Application - A Review. *Int. J. Biol. Macromol.* 93, 789–804.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.09.056>