

Inovasi Eksipien Tablet Berbasis Selulosa Jerami Padi Melalui Tahapan Isolasi, Karakterisasi, dan Evaluasi Kinerja

Innovation of Rice Straw Cellulose-Based Tablet Excipients Through Isolation, Characterization, and Performance Evaluation Stages

Regina Elianda Tampubolon^{1*}, Novandi Purba², Suci Wulandari³, Jhon Patar Sinurat⁴, Reh Malem Br Karo⁵

^{1,2,3,4}Institut Kesehatan Medistra Lubuk Pakam
In. Sudirman No.38 Lubuk Pakam, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara – Indonesia

Abstrak

Latar Belakang: Kebutuhan eksipien farmasi berbasis selulosa yang berkualitas terus meningkat, sementara ketersediaannya masih banyak bergantung pada bahan komersial dan produk impor. Jerami padi sebagai limbah pertanian yang kaya selulosa berpotensi dikembangkan menjadi sumber eksipien tablet alternatif yang ekonomis dan berkelanjutan. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi selulosa dari jerami padi, mengkarakterisasi sifat fisikokimianya, serta mengevaluasi kinerjanya sebagai eksipien tablet. **Metode:** Penelitian dilakukan secara eksperimental melalui tahapan preparasi, delignifikasi menggunakan NaOH 4%, dan bleaching menggunakan H₂O₂ 5%. Selulosa hasil isolasi dikarakterisasi menggunakan FT-IR, XRD, SEM, serta diuji sifat alir dan daya mampatnya. Selanjutnya, selulosa diformulasikan sebagai eksipien tablet dan dievaluasi berdasarkan keseragaman bobot dan kekerasan tablet. **Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 1.000 g jerami padi diperoleh 289 g selulosa kering dengan rendemen sebesar 28,9%. Analisis FT-IR menunjukkan gugus fungsi khas selulosa berupa O–H (3.300–3.400 cm⁻¹), C–H (±2.900 cm⁻¹), C–O (1.050–1.060 cm⁻¹), dan β-1,4-glikosidik (±900 cm⁻¹). Analisis XRD menunjukkan struktur selulosa tipe I dengan nilai Crystallinity Index (CI) sebesar 62,6%, sedangkan SEM menunjukkan morfologi serat pendek dan serpihan tidak beraturan. Selulosa memiliki sifat alir dan daya mampat yang baik dengan sudut diam 34,72 ± 0,86°, indeks Carr 21,95 ± 0,74%, dan rasio Hausner 1,28 ± 0,01. Tablet yang dihasilkan memiliki bobot rata-rata 500,4 ± 3,2 mg dan kekerasan 6,21 ± 0,42 kgf (60,9 ± 4,1 N). **Kesimpulan:** Berdasarkan hasil tersebut, selulosa jerami padi berpotensi digunakan sebagai eksipien tablet berbasis bahan alam.

Kata kunci: Evaluasi Kinerja; Inovasi Eksipien Tablet; Isolasi; Karakterisasi; Selulosa Jerami Padi

Abstract

Background: The demand for high-quality cellulose-based pharmaceutical excipients continues to increase, while their availability still largely depends on commercial materials and imported products. Rice straw, an agricultural waste rich in cellulose, has the potential to be developed as an economical and sustainable alternative source of tablet excipients. **Objective:** This study aimed to isolate cellulose from rice straw, characterize its physicochemical properties, and evaluate its performance as a tablet excipient. **Methods:** The study was conducted using an experimental approach through preparation, delignification using 4% NaOH, and bleaching using 5% H₂O₂. The isolated cellulose was characterized using Fourier Transform Infrared (FT-IR), X-Ray Diffraction (XRD), and Scanning Electron Microscopy (SEM), as well as evaluated for its flowability and compressibility properties. Subsequently, the isolated cellulose was formulated as a tablet excipient and evaluated based on tablet weight uniformity and hardness. **Results:** The results showed that 289 g of dried cellulose was obtained from 1,000 g of rice straw, with a final yield of 28.9%. FT-IR analysis confirmed the presence of characteristic cellulose functional groups, including O–H stretching (3,300–3,400 cm⁻¹), C–H stretching (approximately 2,900 cm⁻¹), C–O vibration (1,050–1,060 cm⁻¹), and β-1,4-glycosidic bonds (approximately 900 cm⁻¹). XRD analysis revealed a cellulose type I structure with a Crystallinity Index (CI) of 62.6%, while SEM analysis showed short fiber and irregular flake-like morphologies. The isolated cellulose

*Corresponding author: Regina Elianda Tampubolon, Institut Kesehatan Medistra Lubuk Pakam, Deli Serdang, Indonesia

E-mail : reginaeliandatampubolon@medistra.ac.id

Doi : 10.35451/jfm.v9i1.3849

Received : August 24, 2026, Accepted: October 25, 2026, Published: October 30, 2026

Copyright: © 2026 Regina Elianda Tampubolon,. Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution 5.0 International License.

*exhibited good flowability and compressibility properties, with an angle of repose of $34.72 \pm 0.86^\circ$, Carr index of $21.95 \pm 0.74\%$, and Hausner ratio of 1.28 ± 0.01 . The formulated tablets showed an average weight of 500.4 ± 3.2 mg and hardness of 6.21 ± 0.42 kgf (60.9 ± 4.1 N). **Conclusions:** These findings indicate that rice straw-derived cellulose has potential as a natural-based tablet excipient.*

Keywords: Performance Evaluation; Tablet Excipient Innovation; Isolation; Characterization; Rice Straw Cellulose

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan eksipien farmasi, khususnya sebagai bahan pengikat dan pengisi tablet berbasis selulosa, hingga saat ini masih sangat bergantung pada produk impor. Ketergantungan ini akhirnya berdampak pada besarnya biaya produksi sediaan farmasi dan terbatasnya pasokan bahan baku yang dirasakan oleh industri farmasi [1]. Sementara, kebutuhan eksipien berkualitas tinggi terus bertambah seiring berkembangnya formulasi tablet sesuai standar mutu fisik dan stabilitas yang baik [2]. Keadaan ini menuntut perlunya sumber eksipien alternatif yang ekonomis, berkelanjutan, dan memiliki kinerja farmasetik yang setara atau bahkan lebih baik dibandingkan eksipien komersial [3].

Indonesia sebagai negara agraris banyak menghasilkan limbah pertanian seperti jerami padi. Data menunjukkan bahwa produksi jerami padi dapat mencapai lebih dari 12 ton per hektare per musim tanam, dengan kandungan selulosa berkisar antara 32–47% berat kering [4]. Namun, pemanfaatan jerami padi masih terbatas, bahkan sebagian besar dibakar di lahan pertanian sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan. Sementara, selulosa dari jerami padi berpotensi dikembangkan sebagai bahan eksipien farmasi ramah lingkungan dan bernilai tambah tinggi [5].

Selulosa merupakan polisakarida alami yang banyak digunakan sebagai eksipien tablet karena sifatnya yang inert, stabil, tidak toksik, serta mampu meningkatkan kekuatan mekanik dan karakteristik disolusi tablet [6]. Eksipien selulosa yang digunakan secara luas saat ini umumnya berasal dari bahan baku kayu atau diproduksi melalui proses industri berskala besar yang memerlukan biaya tinggi dan berpotensi merusak lingkungan [7]. Kondisi tersebut mendorong perlunya pengembangan sumber selulosa alternatif menggunakan Jerami padi.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa jerami padi berpotensi menjadi sumber selulosa dalam penerapan di bidang farmasi. Prasetya *et al.* (2018) melaporkan bahwa selulosa mikrokristal hasil isolasi jerami padi varietas IR64 memiliki kadar alfa-selulosa sebesar 91,95%, yang menunjukkan tingkat kemurnian tinggi dan memenuhi kriteria bahan baku eksipien [3]. Selain itu, Adeleye *et al.* (2022) melaporkan bahwa tablet yang diformulasikan menggunakan selulosa hasil isolasi dari limbah biomassa pertanian menunjukkan kinerja mekanik sesuai standar farmakope sehingga berpotensi dikembangkan sebagai eksipien tablet [8].

Berdasarkan sejumlah paparan, maka dirasa perlu untuk membuat terobosan atau inovasi dalam mengembangkan eksipien tablet berbasis sumber daya lokal melalui pendekatan yang terintegrasi, diawali proses isolasi selulosa, karakterisasi fisikokimia, hingga evaluasi kinerja farmasetiknya. Penelitian ini menawarkan solusi berupa pemanfaatan jerami padi sebagai sumber selulosa alternatif yang inovatif dan berkelanjutan pada eksipien tablet. Riset ini akan mampu menekan kebutuhan eksipien impor dan mendukung ekonomi sirkular serta pengelolaan limbah pertanian. Maka peneliti merasa perlu untuk meneliti "Inovasi Eksipien Tablet Berbasis Selulosa Jerami Padi Melalui Tahapan Isolasi, Karakterisasi, dan Evaluasi Kinerja" dalam mendukung kemandirian bahan baku farmasi nasional.

2. METODE

2.1 Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan eksperimen laboratorium dengan metode kuantitatif deskriptif. Penelitian difokuskan pada proses isolasi selulosa dari jerami padi, karakterisasi fisiko kimia selulosa yang dihasilkan,

formulasi tablet, dan evaluasi kinerjanya sebagai eksipien tablet. Pendekatan ini dirancang untuk mengkaji keterkaitan antara proses isolasi, sifat material, dan performa selulosa sebagai eksipien tablet.

2.2. Alat dan Bahan

Alat berupa neraca analitik, oven, blender, ayakan 60 dan 100 mesh, beaker glass, erlenmeyer, gelas ukur, corong kaca, kertas saring, pipet ukur, labu takar, pH meter, hot plate dengan magnetic stirrer, termometer, desikator, wadah penyimpanan, mortar dan stamper, mesin kempa tablet tipe single punch, corong sudut diam, jangka sorong, tapped density tester, hardness tester, friabilator, stopwatch, spektrofotometer FTIR, difraktometer XRD, Scanning Electron Microscope (SEM), sputter coater, dan stub aluminium. Bahan berupa Jerami padi kering, Natrium Hidroksida p.a, Hidrogen Peroksida, Kalium Bromida, Aurum murni, Parasetamol, Magnesium Stearat, Talk, Aluminium foil, Kertas indikator pH, dan akuades.

2.3 Prosedur Penelitian

1. Isolasi Selulosa

Preparasi

Jerami padi dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Bahan kering digiling dan diayak hingga berukuran 60–100 mesh, lalu serbuk jerami padi yang diperoleh disimpan dalam wadah tertutup.

Delignifikasi

Serbuk jerami padi direaksikan dengan larutan NaOH 4% (b/v) pada rasio bahan terhadap pelarut 1:20, kemudian dipanaskan pada suhu 80–90 °C selama 2 jam sambil diaduk. Selanjutnya, campuran disaring dan residu dicuci dengan akuades hingga mencapai pH netral, dilanjutkan pengeringan pada suhu kamar [9].

Bleaching

Residu delignifikasi ditambahkan larutan hidrogen peroksida (H_2O_2) 5% (v/v) dalam kondisi basa ringan (pH 10–11), disesuaikan dengan penambahan NaOH encer. Perbandingan bahan terhadap larutan bleaching adalah 1:10 (b/v). Proses bleaching dilakukan pada suhu 70–80°C selama 1,5 jam. Setelah bleaching, bahan disaring dan dicuci menggunakan aquadest hingga pH netral. Selulosa yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 50–60°C sampai bobot konstan [10].

2. Karakterisasi Selulosa

Uji FTIR

Sebanyak ± 2 mg sampel selulosa dicampur dengan plat KBr dan dianalisis menggunakan FTIR pada rentang bilangan gelombang 4000–400 cm^{-1} . Keberadaan gugus fungsi khas selulosa ditandai munculnya puncak regangan O–H pada sekitar 3300 cm^{-1} , regangan C–H pada sekitar 2900 cm^{-1} , dan ikatan β -1,4-glikosidik pada sekitar 1050 cm^{-1} [11].

Uji Kristalinitas

Derajat kristalinitas selulosa dianalisis menggunakan XRD pada sudut 2θ sebesar 10–40°, kemudian nilai Crystallinity Index (CI) dihitung untuk menentukan tingkat keteraturan struktur kristalnya [12].

Uji Morfologi

Sampel selulosa jerami padi ditempatkan pada stub aluminium dan dilapisi aurum menggunakan sputter coater selama ± 60 –120 detik. Pengamatan morfologi dilakukan menggunakan SEM pada tegangan percepatan sekitar 10–15 kV dengan perbesaran 1000 kali. Citra SEM untuk mengevaluasi bentuk partikel, tingkat kekasaran permukaan, dan kecenderungan aglomerasi sebagai indikator kesesuaian selulosa sebagai eksipien tablet [13].

Uji Sifat Alir dan Daya Mampat

Sifat alir selulosa dievaluasi melalui pengukuran sudut diam menggunakan metode corong. Serbuk selulosa dibiarkan mengalir hingga membentuk tumpukan kerucut, kemudian tinggi dan diameter diukur untuk menghitung sudut diam [14]. Densitas curah ditentukan dengan memasukkan ± 25 g serbuk ke dalam gelas ukur

tanpa pemadatan, sedangkan densitas mampat diperoleh menggunakan tapped density tester hingga volume konstan [15]. Nilai densitas curah dan mampat digunakan untuk menghitung indeks Carr dan rasio Hausner sebagai indikator daya mampat dan kelayakan selulosa jerami padi untuk proses tabletasi [16].

c. Formulasi Tablet

Selulosa jerami padi hasil isolasi dimanfaatkan sebagai bahan pengisi atau pengikat dalam pembuatan tablet model. Formulasi tablet disusun menggunakan parasetamol sebagai zat aktif model dengan jumlah 25 g per 100 tablet atau setara dengan 250 mg per tablet. Selulosa jerami padi ditambahkan sebanyak 23,5 g per 100 tablet sebagai eksipien utama. Sebagai bahan pengisi, selulosa jerami padi berperan dalam menambah volume tablet dan mendukung pembentukan massa tablet, sedangkan sebagai bahan pengikat selulosa membantu meningkatkan kohesi antarpartikel sehingga diharapkan menghasilkan tablet dengan kekerasan yang baik dan tidak mudah rapuh [17]. Magnesium stearat sebesar 1% b/b (0,5 g per 100 tablet) digunakan sebagai bahan pelicin, sedangkan talk sebesar 2% b/b (1 g per 100 tablet) digunakan sebagai bahan pengalir. Dengan demikian, total bobot campuran adalah 50 g untuk 100 tablet, dengan bobot target sekitar 500 mg per tablet. Seluruh bahan ditimbang sesuai komposisi, kemudian dicampur secara bertahap menggunakan metode pencampuran kering hingga diperoleh campuran yang homogen. Campuran serbuk selanjutnya dikempa menggunakan mesin kempa tablet dengan bobot target sekitar 500 mg per tablet untuk menghasilkan tablet uji [18].

d. Evaluasi Kinerja Farmasetik

Uji Keseragaman Bobot

Keseragaman bobot tablet ditentukan dengan menimbang 20 tablet secara individual menggunakan neraca analitik. Bobot masing-masing tablet dicatat, kemudian dihitung bobot rata-rata dan persentase penyimpangannya. Hasil pengujian digunakan untuk menilai konsistensi proses pencetakan tablet serta distribusi massa campuran serbuk dalam setiap tablet.

Uji Kekerasan Tablet

Kekuatan mekanik tablet dievaluasi melalui uji kekerasan menggunakan hardness tester. Sebanyak 10 tablet diuji secara individual untuk mengetahui besarnya gaya yang diperlukan hingga tablet pecah. Nilai kekerasan menjadi indikator kemampuan selulosa jerami padi dalam memberikan kekuatan struktural tablet selama proses penanganan dan distribusi.

3. HASIL

3.1 Hasil Isolasi Selulosa

Proses isolasi selulosa terhadap jerami padi dilakukan melalui tahapan preparasi, delignifikasi menggunakan NaOH 4%, dan bleaching menggunakan H_2O_2 5%. Setiap tahapan menghasilkan perubahan karakteristik fisik dan bobot yang semakin kecil yang menunjukkan terjadinya penghilangan komponen non-selulosa secara bertahap. Hasil tahapan isolasi disajikan secara keseluruhan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Tahapan Isolasi Selulosa dari Jerami Padi

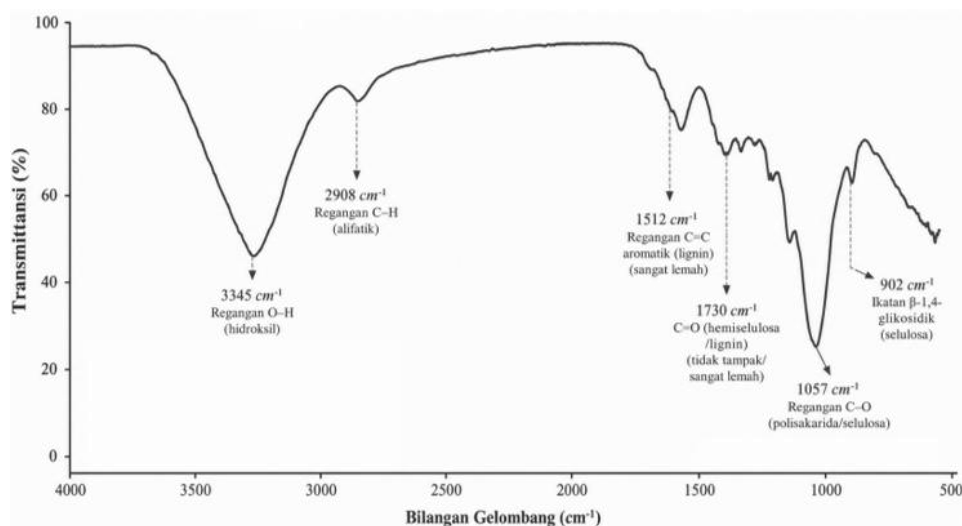
Tahapan	Kondisi proses	Hasil pengamatan	Bobot/Rendemen
Preparasi	Pengeringan 60°C selama 24 jam, penggilingan, dan pengayakan 60–100 mesh	Serbuk berwarna cokelat muda, relatif homogen dan bertekstur halus	873 g (87,3%)
Delignifikasi	NaOH 4%; rasio 1:20; 80–90°C; 2 jam.	Warna berubah menjadi cokelat kekuningan, tekstur lebih lunak dan berserat; sebagian komponen non-selulosa terlarut	426 g (48,8%)
Bleaching	H_2O_2 5%; pH 10–11; rasio 1:10; 70–80°C; 1,5 jam	Warna berubah menjadi putih kekuningan/putih; serat tampak lebih bersih dan lebih terpisah	289 g (67,8%)
Selulosa akhir	Setelah pencucian sampai pH netral dan pengeringan 50–60°C hingga bobot konstan	Serbuk putih kekuningan, tidak berbau, dengan struktur berserat	28,9%

Tabel 1 menjelaskan bahwa dari 1.000 g jerami padi diperoleh 873 g serbuk setelah preparasi. Proses delignifikasi dengan NaOH 4% menghasilkan 426 g residu, sedangkan bleaching menggunakan H₂O₂ 5% menghasilkan 289 g selulosa kering. Rendemen akhir yang diperoleh adalah 28,9% terhadap bobot bahan awal. Penurunan bobot selama delignifikasi menunjukkan terjadinya penghilangan sebagian komponen non-selulosa, terutama lignin dan hemiselulosa.

3.2. Karakterisasi Selulosa

3.2.1 Analisis FT-IR

Hasil analisis terhadap serbuk selulosa menggunakan spektrofotometer Infrared, yang mana diukur pada bilangan gelombang 500-4000 cm⁻¹ menunjukkan puncak serapan yang khas pada kisaran panjang gelombang. Hasil analisis FT-IR ditampilkan berdasarkan hubungan data bilangan gelombang dengan puncak transmittansi (%) seperti yang disajikan pada gambar 1.

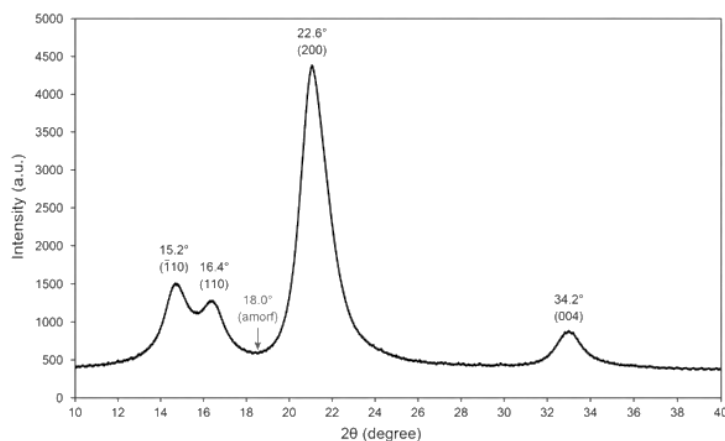


Gambar 1. Hasil Spektrum FT-IR

Karakterisasi FT-IR menunjukkan keberadaan gugus fungsi khas selulosa hasil isolasi. Puncak pada 3.300–3.400 cm⁻¹ menunjukkan regangan O–H, sekitar 2.900 cm⁻¹ merupakan regangan C–H, sedangkan puncak pada 1.050–1.060 cm⁻¹ berkaitan dengan vibrasi C–O. Serapan sekitar 900 cm⁻¹ menunjukkan ikatan β-1,4-glikosidik yang menjadi karakteristik selulosa. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian pada selulosa jerami padi yang melaporkan puncak pada 3.345, 2.908, 1.057, dan 902 cm⁻¹. Lemahnya atau tidak terdeteksinya pita 1.510–1.515 cm⁻¹ dan 1.730 cm⁻¹ mengindikasikan berkurangnya lignin dan hemiselulosa. Spektrum FT-IR mendukung keberhasilan pemurnian jerami padi menjadi selulosa dan menunjukkan potensi penggunaannya sebagai bahan ekspian tablet.

3.2.2 Uji Kristalinitas

Analisis XRD dilakukan untuk mengetahui karakteristik struktur kristalin selulosa hasil isolasi setelah proses delignifikasi dan bleaching. Pengukuran dilakukan pada rentang sudut difraksi 2θ sebesar 10–40°. Pola difraksi yang diperoleh digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik kristal selulosa serta menentukan Crystallinity Index (CI) berdasarkan metode Segal. Difraktogram XRD selulosa hasil isolasi ditampilkan pada Gambar 2.

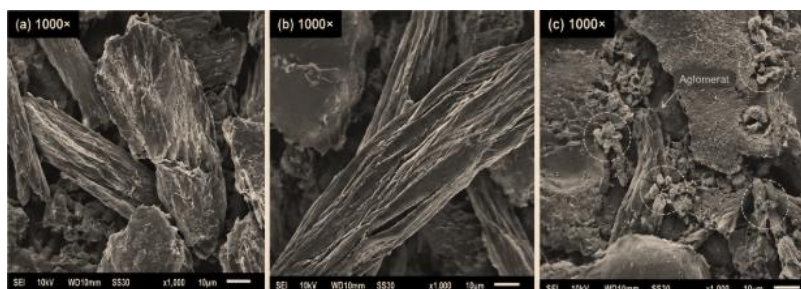


Gambar 2. Hasil Analisis XRD

Gambar 2 menunjukkan selulosa hasil isolasi memiliki pola difraksi yang khas untuk selulosa tipe I, dengan beberapa puncak utama pada 2θ sekitar $15,2^\circ$, $16,4^\circ$, $22,6^\circ$, dan $34,2^\circ$. Puncak dengan intensitas tertinggi berada pada $22,6^\circ$, yang merupakan karakteristik utama bidang kristalin (200) pada struktur selulosa. Sementara itu, daerah sekitar $18,0^\circ$ menunjukkan bagian amorf yang digunakan sebagai dasar dalam perhitungan indeks kristalinitas. Berdasarkan intensitas difraksi yang diperoleh, intensitas pada puncak kristalin I_{200} sebesar 4.360 a.u., sedangkan intensitas pada daerah amorf sebesar 1.630 a.u. Berdasarkan persamaan Segal diperoleh nilai Crystallinity Index (CI) sebesar 62,6%, yang mengartikan bahwa material hasil isolasi memiliki struktur semi-kristalin, dengan fraksi kristalin yang cukup dominan.

3.2.3 Uji Morfologi

Pengamatan morfologi selulosa Jerami padi dilakukan menggunakan SEM pada tegangan 10-15 Kv dengan perbesaran 1000x yang menampilkan tampilan umum, permukaan partikel, dan aglomerasi seperti yang tersaji pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil Uji Morfologi Menggunakan SEM

Gambar 3 menjelaskan bahwa selulosa hasil isolasi memiliki bentuk partikel berupa serpihan dan serat pendek yang tidak beraturan dengan ukuran beragam. Permukaan partikel tampak relatif kasar dan bertekstur berlapis, yang merupakan karakteristik selulosa lignoselulosa setelah proses delignifikasi dan bleaching. Pada beberapa bagian muncul aglomerat kecil hingga sedang yang disebabkan oleh interaksi antarserat selulosa melalui ikatan hidrogen. Morfologi seperti ini cocok untuk dijadikan sebagai eksipien tablet karena akan menambah kemampuan mengikat dan kompresibilitas.

3.2.4 Uji Sifat Alir dan Daya Mampat

Uji sifat alir dan daya mampat ditentukan melalui pengukuran sudut diam, densitas curah, densitas mampat, indeks Carr, Rasio Hausner, sifat alir keseluruhan, dan daya mampat yang memiliki nilai dan SD serta kriteria hasil pengukuran yang tampak pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Sifat Alir dan Daya Mampat

Parameter	Hasil Pengujian Selulosa Jerami Padi (Mean $\pm$ SD, n=3)	Kriteria
Sudut diam ($^\circ$)	$34,72 \pm 0,86$	Kemampuan mengalir yang baik
Densitas curah (g/cm^3)	$0,32 \pm 0,01$	Kerapatan serbuk baik
Densitas mampat (g/cm^3)	$0,41 \pm 0,01$	Partikel mengalami rearrangement
Indeks Carr (%)	$21,95 \pm 0,74$	Kemampuan pemampatan serbuk dalam kategori cukup baik

Rasio Hausner	1,28 ± 0,01	Kohesivitas serbuk sedang dan masih dapat diproses untuk tabletasi
Sifat alir keseluruhan	Baik–cukup (Berdasarkan sudut diam, Carr, dan Hausner)	Karakteristik alir yang masih sesuai untuk proses pengolahan lebih lanjut
Daya mampat	Cukup baik (Berdasarkan indeks Carr)	Selulosa mampu mengalami pemadatan setelah proses tapping dan berpotensi digunakan sebagai bahan pembantu tabletasi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa selulosa jerami padi memiliki karakteristik alir dan daya mampat yang cukup baik. Nilai sudut diam sebesar $34,72 \pm 0,86^\circ$ menunjukkan bahwa serbuk mempunyai kemampuan mengalir yang baik. Densitas curah diperoleh sebesar $0,32 \pm 0,01 \text{ g/cm}^3$, sedangkan densitas mampat meningkat menjadi $0,41 \pm 0,01 \text{ g/cm}^3$, yang menunjukkan adanya penataan ulang (rearrangement) partikel selama proses pengetukan [23]. Berdasarkan kedua nilai tersebut, diperoleh Indeks Carr sebesar $21,95 \pm 0,74\%$ dan rasio Hausner sebesar $1,28 \pm 0,01$, yang mengindikasikan kemampuan pemampatan dalam kategori cukup baik dengan kohesivitas serbuk sedang. Secara keseluruhan, parameter tersebut menunjukkan bahwa selulosa jerami padi memiliki sifat alir baik–cukup dan daya mampat cukup baik, sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan dalam proses tabletasi.

3.3 Formulasi Tablet dan Hasil Evaluasi

Formulasi tablet berbahan selulosa jerami padi sebagai bahan excipien yang dicampurkan dengan bahan lainnya secara bertahap menggunakan metode pencampuran kering hingga diperoleh campuran yang homogen. Campuran formula tablet diproses lebih lanjut pencetakan pada mesin kempa tablet sehingga dihasilkan tablet berbasis selulosa jerami padi seperti yang ditampilkan pada gambar 4.



Gambar 4. Tablet Berbasis Selulosa Jerami Padi

Pada gambar 4, secara visual tablet berwarna putih, dengan bentuk dan ukuran yang relatif seragam. Tidak ditemukan keretakan atau capping secara nyata pada tablet selama proses pencetakan. Secara keseluruhan, hasil pembuatan tablet model menunjukkan bahwa selulosa jerami padi hasil isolasi berpotensi digunakan sebagai bahan pengisi sekaligus pengikat dalam formulasi tablet. Tablet yang dihasilkan selanjutnya dapat dilakukan pengujian keseragaman bobot, kekerasan, dan kerapuhan tablet. Sementara hasil pengujian kinerja farmasetik terhadap tablet yang telah dicetak dievaluasi produknya melalui uji keseragaman bobot dan kekerasan tablet seperti yang tampak pada tabel 3 dan 4.

Parameter	Hasil
Jumlah tablet yang diuji	20 tablet
Bobot rata-rata	$500,4 \pm 3,2 \text{ mg}$
Bobot terendah	495 mg
Bobot tertinggi	506 mg
Koefisien variasi (CV)	0,63%
Persentase penyimpangan terbesar	1,12%

Tabel 3 menjelaskan hasil uji keseragaman bobot terhadap 20 tablet, diperoleh bobot rata-rata sebesar $500,4 \pm 3,2 \text{ mg}$, dengan bobot terendah 495 mg dan tertinggi 506 mg. Nilai koefisien variasi (CV) yang diperoleh sebesar 0,63%, sedangkan persentase penyimpangan bobot terbesar hanya 1,12%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa variasi bobot antar tablet relatif kecil dan masih berada dalam batas yang dipersyaratkan. Dengan demikian, tablet yang dihasilkan memenuhi persyaratan keseragaman bobot, yang menunjukkan bahwa proses pencampuran dan pencetakan tablet berlangsung cukup seragam.

Tabel 4. Uji Kekerasan Tablet

Parameter	Hasil
Jumlah tablet yang diuji	10 tablet
Kekerasan rata-rata	$6,21 \pm 0,42$ kgf
Kekerasan terendah	5,60 kgf
Kekerasan tertinggi	6,80 kgf
Kekerasan rata-rata dalam Newton	$60,9 \pm 4,1$ N

Pengujian kekerasan dilakukan terhadap 10 tablet untuk mengetahui kemampuan tablet dalam mempertahankan bentuk dan ketahanannya terhadap tekanan atau gaya mekanik selama proses penanganan, pengemasan, dan penggunaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tablet memiliki kekerasan rata-rata sebesar $6,21 \pm 0,42$ kgf, dengan nilai kekerasan terendah sebesar 5,60 kgf dan tertinggi sebesar 6,80 kgf. Apabila dikonversikan ke satuan Newton, diperoleh kekerasan rata-rata sebesar $60,9 \pm 4,1$ N. Nilai kekerasan yang relatif konsisten antara tablet terendah dan tertinggi menunjukkan bahwa proses pencampuran massa tablet dan kompresi berlangsung cukup seragam. Berdasarkan hasil tersebut, tablet memiliki kekuatan mekanik yang baik, sehingga diharapkan mampu mempertahankan integritas fisiknya selama proses pelepasan dari cetakan, pengemasan, penyimpanan, maupun penanganan sebelum digunakan.

4. PEMBAHASAN

Penurunan bobot selama delignifikasi menunjukkan terjadinya penghilangan sebagian komponen non-selulosa, terutama lignin dan hemiselulosa. Sementara itu, perubahan warna menjadi putih kekuningan setelah bleaching menunjukkan berkurangnya komponen berwarna dan sisa lignin. Rendemen akhir 28,9% relatif mendekati hasil penelitian Rivai et al. (2018) yang memperoleh rendemen α -selulosa jerami padi sebesar 30,11%. Perbedaan rendemen dapat dipengaruhi oleh variasi konsentrasi NaOH dan H_2O_2 , rasio bahan terhadap pelarut, suhu, waktu perlakuan, serta tahapan pemurnian yang digunakan [19].

Spektrum FT-IR memperlihatkan adanya pita serapan pada rentang $3.300\text{--}3.400\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan keberadaan gugus hidroksil (O–H) akibat vibrasi regangan ikatan hidrogen dalam rantai selulosa. Keberadaan gugus hidroksil ini merupakan ciri utama polisakarida selulosa yang berperan dalam pembentukan ikatan antarmolekul serta memengaruhi sifat hidrofilik material. Selain itu, pita serapan pada daerah sekitar 2.900 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi regangan gugus C–H dari struktur cincin glukopiranosanya penyusun selulosa. Puncak serapan pada rentang $1.050\text{--}1.060\text{ cm}^{-1}$ berkaitan dengan vibrasi regangan ikatan C–O yang berasal dari gugus alkohol sekunder dan struktur eter pada rantai selulosa. Sementara itu, munculnya pita serapan pada sekitar 900 cm^{-1} menunjukkan keberadaan ikatan β -1,4-glikosidik yang menghubungkan unit-unit glukosa dalam struktur polimer selulosa. Pola serapan tersebut merupakan karakteristik khas selulosa dan menunjukkan bahwa hasil isolasi masih mempertahankan struktur dasar selulosa. Hasil penelitian ini menunjukkan kesesuaian dengan penelitian sebelumnya mengenai isolasi selulosa dari jerami padi yang melaporkan keberadaan puncak serapan pada bilangan gelombang 3.345, 2.908, 1.057, dan 902 cm^{-1} sebagai karakteristik gugus fungsi selulosa. Kesamaan pola spektrum tersebut mengindikasikan bahwa proses isolasi melalui tahapan delignifikasi dan bleaching berhasil menghasilkan material dengan struktur kimia yang dominan berupa selulosa [20].

Nilai Crystallinity Index (CI) sebesar 62,6% berdasarkan metode Segal menunjukkan bahwa selulosa hasil isolasi memiliki struktur semi-kristalin dengan dominasi fraksi kristalin. Tingginya tingkat kristalinitas mengindikasikan bahwa proses delignifikasi dan bleaching mampu mengurangi komponen amorf seperti lignin dan hemiselulosa, sehingga meningkatkan keteraturan struktur rantai selulosa. Karakteristik kristalin tersebut mendukung potensi selulosa jerami padi sebagai bahan excipien tablet karena dapat berkontribusi terhadap kestabilan struktur dan sifat mekanik material selama proses formulasi [21].

Hasil pengamatan morfologi menggunakan SEM menunjukkan bahwa selulosa hasil isolasi dari jerami padi memiliki bentuk partikel berupa serpihan dan serat pendek dengan ukuran yang tidak seragam. Permukaan partikel terlihat relatif kasar dan berlapis, yang merupakan karakteristik khas material lignoselulosa setelah mengalami proses delignifikasi dan bleaching. Struktur permukaan tersebut menunjukkan bahwa perlakuan kimia selama proses isolasi menyebabkan terbukanya matriks lignoselulosa sehingga serat selulosa menjadi lebih terpisah. Selain itu, terlihat adanya pembentukan aglomerat kecil hingga sedang pada beberapa bagian permukaan partikel.

Fenomena ini diduga terjadi akibat adanya interaksi antarrantai selulosa melalui ikatan hidrogen yang menyebabkan serat-serat selulosa cenderung berasosiasi kembali setelah proses pengeringan. Meskipun demikian, karakteristik morfologi berupa permukaan kasar dan struktur berserat dapat memberikan keuntungan dalam proses formulasi tablet karena mampu meningkatkan interaksi antarpartikel, sehingga mendukung kemampuan pengikatan dan kompresibilitas selulosa sebagai bahan eksipien tablet [17].

Berdasarkan hasil uji keseragaman bobot terhadap 20 tablet, penelitian ini memperoleh bobot rata-rata sebesar $500,4 \pm 3,2$ mg, dengan rentang bobot 495–506 mg, nilai koefisien variasi (CV) sebesar 0,63%, serta penyimpangan terbesar sebesar 1,12%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa proses pencampuran bahan dan pencetakan tablet berlangsung secara homogen sehingga menghasilkan distribusi bobot yang seragam. Hasil ini sejalan dengan Kittipongpatana *et al.* (2024) yang mengevaluasi bahan turunan padi sebagai komponen formulasi tablet dan melaporkan bahwa tablet yang dihasilkan memiliki variasi bobot yang rendah dengan penyimpangan kurang dari 1%, menunjukkan kemampuan alir serbuk yang memadai selama proses kompresi [22].

Pada pengujian kekerasan tablet, selulosa jerami padi menghasilkan nilai rata-rata sebesar $6,21 \pm 0,42$ kgf ($60,9 \pm 4,1$ N) dengan rentang kekerasan 5,60–6,80 kgf. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tablet memiliki kekuatan mekanik yang baik dan mampu mempertahankan integritas fisiknya selama proses penanganan. Hasil penelitian ini sejalan dengan Getachew *et al.* (2023) yang melakukan isolasi selulosa dan mikrokristalin selulosa dari teff straw sebagai eksipien tablet. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa selulosa hasil biomassa memiliki kemampuan kompresi yang baik dan mampu menghasilkan tablet dengan kekuatan mekanik yang sesuai melalui proses kompresi langsung [15].

5. KESIMPULAN

Isolasi selulosa jerami padi berhasil dilakukan melalui tahap preparasi, delignifikasi menggunakan NaOH 4%, dan pemutihan (bleaching) menggunakan H_2O_2 5%, menghasilkan 289 g selulosa kering dengan rendemen 28,9% dari 1.000 g bahan awal. Karakterisasi menunjukkan keberadaan gugus fungsi khas selulosa berdasarkan analisis FT-IR, struktur selulosa tipe I dengan indeks kristalinitas (CI) 62,6% berdasarkan XRD, serta morfologi serat pendek dan serpihan tidak beraturan berdasarkan SEM. Evaluasi sifat fisikokimia menunjukkan karakteristik alir yang cukup baik, dengan sudut diam $34,72 \pm 0,86^\circ$, indeks Carr $21,95 \pm 0,74\%$, dan rasio Hausner $1,28 \pm 0,01\%$. Penggunaan selulosa tersebut dalam formulasi tablet menghasilkan bobot rata-rata $500,4 \pm 3,2$ mg, koefisien variasi 0,63%, dan kekerasan $6,21 \pm 0,42$ kgf ($60,9 \pm 4,1$ N), sehingga berpotensi dikembangkan sebagai bahan eksipien tablet berbasis limbah jerami padi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih dan penghargaan atas dukungan pendanaan dari Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian ini dilaksanakan berdasarkan Surat Keputusan Nomor 94/DST/C/AL.04.02/2026 dan Perjanjian/Kontrak Nomor 280/C3/DT.05.00/PL-BARU/2026, 90/SPK/LL1/AL.04.03/PL-BARU/2026 yang dinyatakan mendapatkan pendanaan Hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Monica, Y. Yuniati, and R. Rollando, "Penggunaan Ekstrak Selulosa Alang-Alang (*Imperata cylindrica* L.) sebagai Bahan Pengisi dan Penghancur Tablet Paracetamol," *Pharm. J. Farm. Indones. (Pharmaceutical J. Indones.)*, vol. 20, no. 1, p. 77, Jul. 2023, doi: 10.30595/pharmacy.v0i0.16896.
- [2] R. Nurlaila, "Pemanfaatan Jerami Padi (*Oryza Sativa* L.) Sebagai Bahan Baku Dalam Pembuatan CMC (Carboximetil Cellulose)," *J. Rekayasa Proses*, vol. 15, no. 2, p. 194, Dec. 2021, doi: 10.22146/jrekpros.69569.
- [3] I. G. N. J. A. Prasetya, I. D. A. Yuliandari, D. G. Ulandari, C. I. S. Arisanti, and A. A. I. S. H. Dewandari, "Evaluasi Kandungan Selulosa Mikrokristal Dari Jerami Padi (*Oryza Sativa* L.) Varietas IR64," *J. Kim.*, p. 97, Jul. 2018, doi: 10.24843/JCHEM.2018.v12.i02.p01.
- [4] W. Thongsomboon, Y. Baimark, and P. Srihanam, "Valorization of Cellulose-Based Materials from Agricultural Waste: Comparison between Sugarcane Bagasse and Rice Straw," *Polymers (Basel)*, vol. 15,

- no. 15, p. 3190, Jul. 2023, doi: 10.3390/polym15153190.
- [5] E. I. Rhofita and L. Chana AW, "Pemanfaatan Limbah Jerami Padi Di Desa Garon Kecamatan Balerejo, Kabupaten Madiun," *JIPEMAS J. Inov. Has. Pengabdi. Masy.*, vol. 2, no. 2, p. 120, Sep. 2019, doi: 10.33474/jipemas.v2i2.2915.
- [6] M. Janvalkar, "Microcrystalline Cellulose in Pharmaceutical Formulations: A Comprehensive Review on Applications, Concentrations, And Functional Attributes," *Int. J. Pharm. Sci.*, vol. 3, no. 4, pp. 3098–3112, 2025, doi: 10.5281/zenodo.15283152.
- [7] H. K. Pradeep, D. H. Patel, H. S. Onkarappa, C. C. Pratiksha, and G. D. Prasanna, "Role of nanocellulose in industrial and pharmaceutical sectors - A review," *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 207, pp. 1038–1047, May 2022, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2022.03.171.
- [8] O. A. Adeleye *et al.*, "Characterizations of Alpha-Cellulose and Microcrystalline Cellulose Isolated from Cocoa Pod Husk as a Potential Pharmaceutical Excipient," *Materials (Basel)*, vol. 15, no. 17, p. 5992, Aug. 2022, doi: 10.3390/ma15175992.
- [9] M. J. Taherzadeh and K. Karimi, "Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production: A Review," *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 9, no. 9, pp. 1621–1651, Sep. 2008, doi: 10.3390/ijms9091621.
- [10] P. A. V. Freitas, L. Santana, C. González-Martínez, and A. Chiralt, "Combining Subcritical Water Extraction and Bleaching with Hydrogen Peroxide to Obtain Cellulose Fibres from Rice Straw," 2024. doi: 10.2139/ssrn.4707778.
- [11] M. A. Yunus, "Extraction Cellulose From Rice Husk," *J. Akta Kim. Indones. (Indonesia Chim. Acta)*, vol. 12, no. 2, p. 79, Nov. 2019, doi: 10.20956/ica.v12i2.6559.
- [12] N. Sharma, B. J. Allardyce, R. Rajkhowa, and R. Agrawal, "Rice straw-derived cellulose: a comparative study of various pre-treatment technologies and its conversion to nanofibres," *Sci. Rep.*, vol. 13, no. 1, p. 16327, Sep. 2023, doi: 10.1038/s41598-023-43535-7.
- [13] Y. Bi, H. Lei, Y. Fang, S. Wang, and J. Tang, "Study on the Physical Properties and Application of a Novel Pharmaceutical Excipient Made from Starch and Cellulose Co-Processing," *Pharmaceuticals*, vol. 18, no. 9, p. 1389, Sep. 2025, doi: 10.3390/ph18091389.
- [14] S. Nakamura, T. Fukai, and T. Sakamoto, "Orally Disintegrating Tablet Manufacture via Direct Powder Compression Using Cellulose Nanofiber as a Functional Additive," *AAPS PharmSciTech*, vol. 23, no. 1, p. 37, Jan. 2022, doi: 10.1208/s12249-021-02194-5.
- [15] M. Getachew, T. Gabriel, A. Belete, and T. Gebre-Mariam, "Extraction and Characterization of Cellulose and Microcrystalline Cellulose from Teff Straw and Evaluation of the Microcrystalline Cellulose as Tablet Excipient," *J. Nat. Fibers*, vol. 20, no. 2, Nov. 2023, doi: 10.1080/15440478.2023.2245565.
- [16] E. Agboeze, N. P. Ani, and E. O. Omeje, "Extraction and Characterization of Pharmaceutical Grade Microcrystalline Cellulose From Bambara Nut (Voandzeia Subterranean (L) Thousars) Husk," *African Sci. Reports*, Aug. 2022, doi: 10.46481/asr.2022.1.2.31.
- [17] H. Zhao, L. Zhao, X. Lin, and L. Shen, "An update on microcrystalline cellulose in direct compression: Functionality, critical material attributes, and co-processed excipients," *Carbohydr. Polym.*, vol. 278, p. 118968, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.carbpol.2021.118968.
- [18] C. de Backere, T. De Beer, C. Vervaet, and V. Vanhoorne, "Effect of binder type and lubrication method on the binder efficacy for direct compression," *Int. J. Pharm.*, vol. 607, p. 120968, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.ijpharm.2021.120968.
- [19] H. Rivai *et al.*, "Research on Production and Characterization of Alpha Cellulose Derived from Rice Straw (*Oryza sativa* L.)," in *Technological Innovation in Pharmaceutical Research Vol. 3*, Book Publisher International (a part of SCIENCEDOMAIN International), 2021, pp. 68–75. doi: 10.9734/bpi/tipr/v3/1698C.
- [20] N. Aggarwal, P. Pal, N. Sharma, and S. Saravanamurugan, "Consecutive Organosolv and Alkaline Pretreatment: An Efficient Approach toward the Production of Cellulose from Rice Straw," *ACS Omega*, vol. 6, no. 41, pp. 27247–27258, Oct. 2021, doi: 10.1021/acsomega.1c04030.
- [21] K. S. Salem *et al.*, "Comparison and assessment of methods for cellulose crystallinity determination," *Chem. Soc. Rev.*, vol. 52, no. 18, pp. 6417–6446, 2023, doi: 10.1039/D2CS00569G.
- [22] O. S. Kittipongpatana, K. Trisopon, P. Wattanaarsakit, and N. Kittipongpatana, "Utilization and Evaluation of Rice Bran and Rice Bran Wax as a Tablet Lubricant," *Pharmaceutics*, vol. 16, no. 3, p. 428, Mar. 2024, doi: 10.3390/pharmaceutics16030428.