

PEMANFAATAN SELULOSA BAKTERI SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN KERTAS RAMAH LINGKUNGAN

Debbie Paras Swara¹, Harunsyah^{2,*}, Fachraniah³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe

24301 Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

*e-mail: harunsyah@pnl.ac.id

Abstract

The use of cellulose from wood is growing every year in Indonesia. Continuous environmental harm results from this. In this study, paper was made using bacterial cellulose activator, tapioca flour, and coconut water as basic materials to make it more environmentally friendly. In this study, the impact of bacterial cellulose mass and tapioca flour mass on the final paper was examined. The amounts of 100, 125, 150, 175, and 200 g of bacterial cellulose and 5, 10, 15, 20, and 25 g of tapioca flour were the variables employed in this study. Additionally, the finished paper is tested for gramage, tensile strength, water content, functional group (FTIR), and a SEM test. According to the grammage test results, combinations of 100 g of bacterial cellulose and 25 g of tapioca flour had a higher grammage value than the others, 75 g/m². The mass variation of 100 g bacterial cellulose with a mass of 25 g tapioca flour had the highest value in the tensile strength test, with a value of 0.808803 Mpa. In contrast, the mass variation of 100 g bacterial cellulose with a mass of 25 g tapioca flour had the greatest value in the water content test with a value of 5.91%.

Keywords: bacterial cellulose, paper, tapioka starch

PENDAHULUAN

Pembuatan kertas ramah lingkungan dewasa ini menjadi perhatian para peneliti untuk mengeksplorasi berbagai bahan baku alternatif yang lebih berkelanjutan [1-3]. Hal ini disebabkan karena keterbatasan bahan baku selulosa yang berasal dari hutan pinus dan membuat penebangan hutan semakin tidak terkendali. Sebagai solusi, peneliti mulai mengembangkan teknologi untuk memanfaatkan limbah pertanian, seperti jerami, bambu, atau serat tumbuhan lainnya sebagai bahan baku pembuatan kertas [4, 5].

Dengan demikian, penggunaan bahan baku alternatif ini diharapkan dapat mengurangi tekanan terhadap hutan alam dan lingkungan. Selain itu, kertas ramah lingkungan juga memiliki potensi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca yang

dihasilkan selama proses pembuatan kertas konvensional.

Potensi pemanfaatan bahan selulosa bakteri sebagai bahan baku pembuatan kertas ramah lingkungan juga sedang dikembangkan. Kajian menunjukkan bahwa selulosa bakteri memiliki sifat yang mirip dengan selulosa alami yang digunakan dalam pembuatan kertas konvensional [6, 7].

Selulosa bakteri adalah produk sampingan tertentu dari metabolisme primer dan komponen lapisan pelindung pada tanaman [8, 9]. Bakteri dari gen *acetobacter*, *rhizobium*, *agrobacterium*, *aerobacter*, *achromobacter*, *azotobacter*, *rhizobium*, *sarcina*, *salmonella*, dan *escherichia* dapat menghasilkan selulosa ekstraseluler [10]. Bakteri gram negatif yang dikenal sebagai bakteri asam asetat, yaitu *acetobacter xylinum* (diklasifikasikan dalam *gluconacetobacter xylinus*), merupakan

genus bakteri yang paling efektif memproduksi selulosa dari semua spesies bakteri tersebut [11].

Selulosa bakteri ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan selulosa konvensional karena memiliki struktur yang lebih murni dan seragam serta dapat diproduksi dalam jumlah besar dengan biaya yang lebih rendah. Selain itu, selulosa bakteri juga memiliki sifat mekanik dan biokimia yang dapat disesuaikan sesuai kebutuhan aplikasi tertentu, sehingga memiliki potensi besar dalam berbagai industri seperti tekstil, farmasi, dan biomedis [8, 12, 13].

Dengan kemampuannya yang unik dan beragam, selulosa bakteri merupakan bahan yang sangat menarik untuk dikembangkan lebih lanjut dalam berbagai aplikasi teknologi modern. Selulosa bakteri juga memiliki potensi besar dalam bidang material komposit, kesehatan, dan lingkungan. Selulosa bakteri yang berasal dari bakteri asam asetat memberikan sejumlah keunggulan dibandingkan selulosa yang berasal dari tumbuhan antara lain adalah kemurnian yang baik, struktur jaringan yang bagus, ketahanan terhadap degradasi yang baik, dan kekuatan mekanik yang luar biasa adalah beberapa manfaatnya.

Sebagai contoh, selulosa bakteri dari bakteri asam asetat dapat digunakan dalam pembuatan kain komposit yang ringan namun kuat, cocok untuk aplikasi aerospace. Selain itu, kemampuan selulosa bakteri untuk menghambat pertumbuhan bakteri patogen membuatnya ideal digunakan dalam produk kesehatan seperti pembalut atau penutup luka yang dapat mencegah infeksi [14-16].

Selain itu, selulosa bakteri juga memiliki kemampuan untuk larut dalam air, sehingga dapat digunakan dalam pembuatan berbagai produk kesehatan dan kecantikan seperti masker wajah atau krim *anti-aging*. Keberagaman aplikasi selulosa bakteri membuatnya menjadi bahan yang sangat berguna dan inovatif dalam industri modern. Dengan terus melakukan penelitian dan

pengembangan, potensi selulosa bakteri sebagai bahan baku ramah lingkungan yang dapat menggantikan bahan sintesis semakin terbuka lebar.

Berbagai kajian menunjukkan bahwa selulosa bakteri yang berasal dari selulosa asetat memberikan keunggulan dalam penyerapan air dan daya tahan melebihi bahan sintesis. Selain itu, selulosa bakteri juga dapat diurai secara alami oleh lingkungan, sehingga tidak menimbulkan dampak negatif bagi bumi. Hal ini menjadikan selulosa bakteri sebagai alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan dalam produksi berbagai produk konsumen.

Dengan keunggulannya yang unik dan beragam aplikasinya, selulosa bakteri semakin menjadi bahan yang diminati oleh industri kesehatan dan kecantikan serta industri lainnya. Diharapkan penelitian lebih lanjut dapat terus mengembangkan potensi selulosa bakteri sehingga dapat dimanfaatkan secara lebih luas dalam berbagai produk dan aplikasi di masa depan.

Penelitian ini mengkaji pembuatan kertas yang ramah lingkungan dari selulosa bakteri yang dihasilkan oleh *acetobacter xylinum*.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan cara eksperimen lapangan dan uji di laboratorium. Berat selulosa bakteri divariasikan sebanyak 5 komposisi (100 ; 125 ; 175 ; 200 g) dan komposisi berat tepung tapioka divariasikan sebanyak 5 komposisi (5 ; 10 ; 15 ; 20 ; 25 g).

Alat yang digunakan penelitian ini yaitu *beaker glass*, bioreaktor, gelas ukur, spatula, batang pengaduk, *hot plate*, neraca analitik, termometer, pH, oven, botol kaca, seperangkat alat SEM, seperangkat alat uji tarik, seperangkat alat uji FTIR. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, *starter acetobacter xylinum*, air kelapa, asam asetat glasial, gula, kaolin, urea, dan tepung tapioka.

Prosedur Percobaan Penelitian

Tahap awal penelitian ini adalah menyiapkan alat dan bahan pembuatan selulosa bakteri yaitu menyiapkan air kelapa sebanyak 2 liter, lalu tambahkan 10 gram urea dan 20 gram glukosa setiap liter air kelapa diaduk hingga tercampur rata. Media yang telah disiapkan dimasak diatas hotplate hingga mendidih, kemudian didinginkan hingga tempratur kamar. Penambahan asam asetat glasial agar pH menjadi 4. *Starter acetobacter xylinum* ditambahkan sebanyak 200 mL dan diinokulasikan ke dalam media kultur selama 7 hari pada tempratur 28°C dalam botol kaca 500 mL yang di sterilkan.

Pembuatan kertas berbahan dasar selulosa bakteri *starter* dalam bentuk lembaran dilakukan dengan cara sejumlah selulosa bakteri sesuai dengan yang divariasikan dilakukan penghalusan menggunakan blender. Kemudian dimasukkan tepung tapioka sesuai variasi yang ditentukan dan ditambahkan tawas sebanyak 0,2 g dan kaolin sebanyak 0,2 g. Kemudian di blender sampai semuanya tercampur halus dan menjadi *pulp*. Setelah dilakukan penghalusan *pulp* dicetak dengan ukuran 15 cm x 25 cm lalu dikeringkan dibawah sinar matahari sehingga diperoleh kertas selulosa bakteri. Selanjutnya dilakukan karakterisasi dengan uji gramatur, uji kuat tarik, uji gugus fungsi (FTIR), uji analisa morfologi (SEM) dan uji kadar air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pemanfaatan selulosa bakteri sebagai bahan baku pembuatan kertas ramah lingkungan diperoleh hasil uji kadar air, hasil uji gramatur seperti ditunjukkan dalam Tabel 1. Karakterisasi juga dilakukan uji gugus fungsi dengan alat FTIR, dan analisa morfologi dengan peralatan SEM.

Tabel 1. Hasil pengujian penelitian

No.	Volume Starter (gr)	Berat Tapioka (g)	Uji Gramatur (g/m ²)	Uji Kadar Air (%)	Uji Kuat Tarik (MPa)
1		5	54	4,77	
2		10	50	3,71	
3	100	15	55	4,89	
4		20	54	4,89	
5		25	63	5,91	0,808803
6		5	50	4,56	
7		10	48	3,89	
8	125	15	56	4,94	
9		20	52	4,72	
10		25	57	4,75	0,602746
11		5	55	4,78	
12		10	48	3,88	
13	150	15	52	4,59	
14		20	49	4,47	
15		25	53	4,51	0,558108
16		5	51	4,21	
17		10	47	4,55	
18	175	15	53	4,53	
19		20	48	4,65	
20		25	50	4,82	0,433827
21		5	49	3,96	
22		10	47	4,77	
23	200	15	48	4,81	
24		20	49	4,66	
25		25	49	4,23	0,310618

Pembahasan

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menghasilkan kertas ramah lingkungan berbahan dasar selulosa bakteri. Tahapan awal pada penelitian ini dilakukan proses pembuatan selulosa bakteri sebagai bahan baku utama. Pembuatan selulosa bakteri ini dilakukan menggunakan media air kelapa yang dipanaskan sampai mendidih dan dimodifikasi penambahan gula, asam asetat, dan ZA pada pH 4. Media tersebut difermentasi selama 7 hari pada temperatur 28°C. Setelah diinokulasikan *starter* biakan *acetobacter xylinum* dilakukan proses pemanenan nata kemudian dilanjutkan dengan pembuatan *pulp* dengan cara di *blender* sesuai dengan variasi perbandingan yang telah ditentukan. Selanjutnya proses pencetakan dan pengeringan dijemur dibawah sinar matahari, ketika kertas sudah setengah kering dilakukan pelepasan dari cetakan dan dijemur kembali hingga kering.

Kemudian dilakukan beberapa jenis pengujian yaitu uji gramatur untuk mengetahui bobot kertas yang dihasilkan, uji

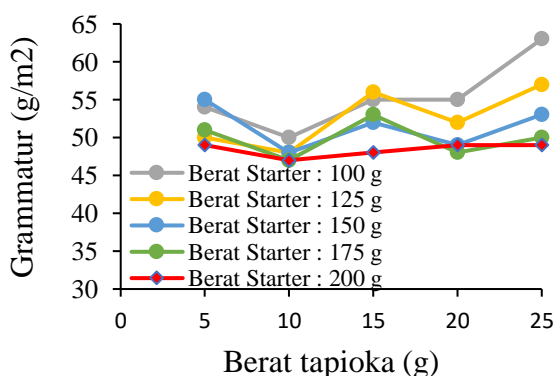
kandungan air di dalam kertas, uji kekuatan kertas dengan penarikan pada alat uji, uji FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada kertas dan uji SEM untuk mengetahui struktur morfologi kertas.

Pengaruh Berat Selulosa Bakteri dan Berat Tepung Tapioka terhadap Gramatur Kertas

Gramatur adalah nilai yang menunjukkan bobot kertas per satuan luas (g/m^2). Pada pembuatan kertas selulosa bakteri ini, target gramatur yang ingin dicapai adalah $45\text{-}60 \text{ g/m}^2$. Penentuan gramatur kertas akan sangat berguna untuk menentukan kekuatan fisik kertas.

Pada penelitian ini nilai gramatur kertas yang dihasilkan berkisar antara $46\text{-}75 \text{ g/m}^2$. Nilai gramatur terendah dihasilkan dari variasi berat selulosa bakteri dengan tepung tapioka 150:25 sedangkan gramatur tertinggi dihasilkan dari variasi berat selulosa bakteri dengan tepung tapioka 100:25.

Pengaruh berat selulosa bakteri dan berat tepung tapioka terhadap gramatur kertas dapat dilihat pada Gambar 1.



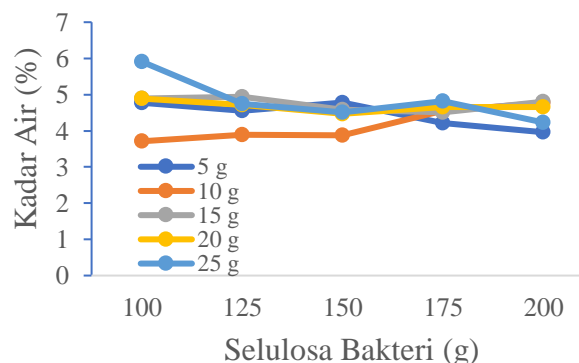
Gambar 1. Pengaruh berat tapioka dan starter terhadap gramatur kertas

Berdasarkan hasil di atas dapat dilihat bahwa Hasil gramatur yang didapat berada di antara $45\text{-}62 \text{ g/m}^2$. Pada penelitian ini target gramatur sudah tercapai, namun ada juga yang melebihi target. Hal ini disebabkan faktor tingkat penyebaran serat pada tiap sisi tidak seimbang dan mengakibatkan nilai

gramatur melebihi target. Penyebaran serat yang kurang merata disebabkan oleh proses pembentukan lembaran yang masih manual (*hand made*).

Pengaruh Berat Selulosa Bakteri dan Berat Tepung Tapioka terhadap Kadar Air Kertas

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung didalam suatu bahan yang dinyatakan dalam persen. Kadar air juga termasuk salah satu karakteristik yang sangat penting pada sebuah produk, karena air dapat mempengaruhi ketahanan akan benda tersebut, termasuk daya tahan pemakaiannya yang tidak lama. Kadar air yang tinggi membuat kertas mempunyai daya ketahanan yang menurun dan mudah sobek. Pengaruh Berat Selulosa Bakteri dan berat tepung tapioka terhadap kadar air dapat dilihat pada gambar 2.



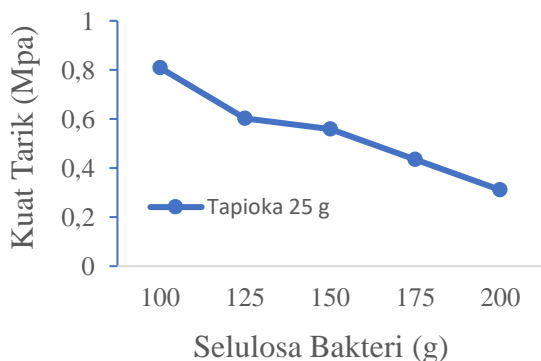
Gambar 2. Pengaruh berbagai variasi berat selulosa bakteri dan berat tepung tapioka terhadap kadar air kertas.

Pada penelitian ini pengujian kadar air menggunakan oven dengan suhu 105°C dengan waktu 2 jam. Berdasarkan hasil data yang diperoleh tingkat kadar air yang paling rendah adalah pada variasi selulosa bakteri dan tepung tapioka 150:25 g. Tingkat kadar air juga berpengaruh pada dari waktu dan suhu saat pengeringan kertas pada proses pencetakan. Kadar air yang tinggi dapat mempengaruhi viskositas pulp dan menyebabkan kualitas pulp menurun, dan bila kertas dari selulosa bakteri yang

mempunyai kadar air tinggi maka kertas mempunyai daya tahan yang menurun dan mudah sobek. Hal ini lah yang menyebabkan kualitas kertas pada penelitian ini kurang baik dan mudah patah.

Pengaruh Berat Selulosa Bakteri dan Berat Tepung Tapioka terhadap Kuat Tarik Kertas

Ketahanan tarik merupakan daya tahan maksimum per satuan lebar jalur uji lembaran terhadap gaya tarik yang bekerja pada kedua jalur uji tersebut sampai putus, dinyatakan dalam satuan gaya per satuan lebar uji. Pengaruh variasi berat selulosa bakteri dan berat tepung tapioka terhadap kuat tarik kertas dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh berbagai variasi berat selulosa bakteri dan berat tepung tapioka terhadap kuat tarik kertas.

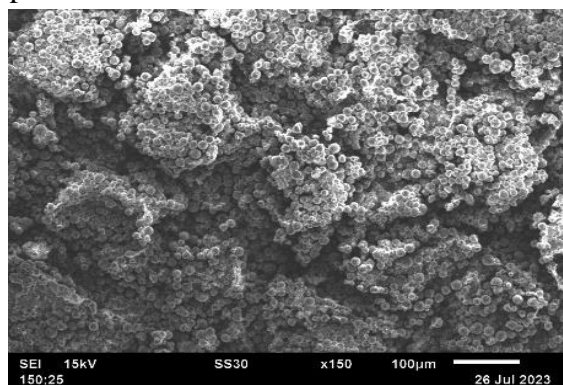
Kajian menunjukkan bahwa peningkatan kekuatan tarik kertas dipengaruhi oleh daya ikat antara serat dan matriks yang sempurna serta orientasi serat yang baik. Serat mempunyai orientasi serat searah jauh lebih baik dari pada kertas orientasi secara acak karena ketika kertas diberikan gaya tarik maka akan dapat menahan gaya tersebut dan diteruskan oleh serat sebelum akhirnya kertas tersebut akan putus dan patah.

Dari Gambar 3 terlihat bahwa tingkat kekuatan tarik tertinggi terdapat pada sampel perbandingan variasi selulosa bakteri dan

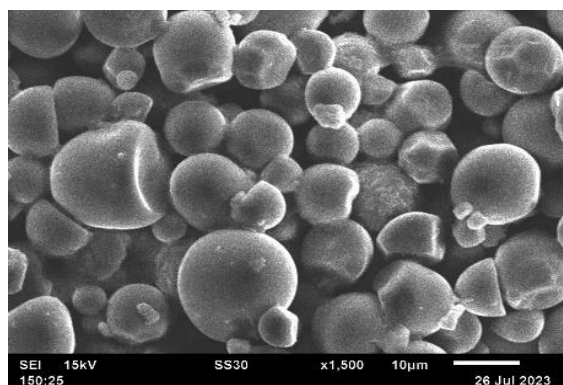
tepung tapioka 100:25 yaitu diperoleh kuat tarik 0,808803 Mpa.

Hasil Uji Morfologi (SEM)

Morfologi, higroskopisitas dan karakteristik mekanik kertas selulosa bakteri yang dihasilkan berkaitan erat dengan komposisi bahan penyusun seperti pati tapioka, kaolin dan sedikit tawas sebagai pemutih.



Gambar 4. Hasil SEM pembesaran 150x



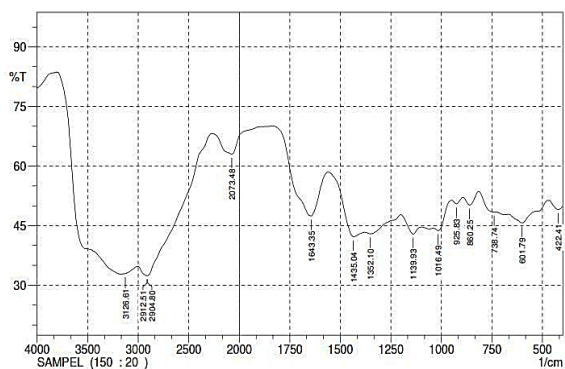
Gambar 5 Hasil SEM Pembesaran 1.500x

Secara visual salah satu hasil scanning elektron microscopy kertas selulosa bakteri dari komposisi terbaik yaitu variasi massa antara selulosa bakteri dan tepung tapioka 150:25 yang ditambahkan terlihat bahwa adanya pati tapioka dengan bentuk gumpalan yang berfungsi sebagai perekat untuk kertas selulosa bakteri. Dari gambar hasil scanning elektron microscopoy tidak terlihat serat selulosa dikarenakan serat selulosa yang berukuran nano. Dari gambar tersebut juga dapat dilihat permukaan kertas memiliki banyak rongga, hal ini terjadi dikarenakan pada saat penghalusan dan

pencampuran kurang homogen sehingga menyebabkan kertas tidak terlalu kuat dan tingkat kekuatan tarik rendah.

Hasil Uji Gugus Fungsi (FTIR)

Analisa *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) digunakan untuk mengetahui jenis ikatan gugus fungsi yang terbentuk dari sampel yang dihasilkan dan juga memprediksi reaksi polimerisasi yang terjadi. Analisa sampel ini dikenakan sinar *Infrared* menyebabkan molekul dalam sampel berfibrasi yang muncul sebagai puncak-puncak karakteristik pada angka gelombang tertentu. Angka gelombang tersebut menunjukkan adanya gugus fungsi tertentu yang ada pada sampel, karena masing masing gugus fungsi memiliki puncak karakteristik yang spesifik untuk gugus fungsi tersebut. Hasil uji FTIR dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil uji gugus fungsi (FTIR)

Dari Gmbar 6 menunjukkan hasil sampel kertas selulosa bakteri yang dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR pada rentang 400-4000 cm^{-1} . Menurut data spektra pada puncak spektrum berada pada nilai 2912,51 cm^{-1} pada rentang 3000 – 2500 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus OH yaitu hidroksil yang berasal dari unit β -glukosa. Pada puncak spektrum berada pada nilai 1643,35 cm^{-1} pada rentang 1750 – 1500 cm^{-1} yang menunjukkan bahwa adanya gugus C=O yaitu karbonil pada ujung terminal dari selulosa bakteri.

Spektra dari kertas selulosa bakteri menghasilkan pati tapioka yang termasuk komponen penyusun kertas selulosa bakteri. Kertas bersifat hidrofil karena gugus fungsi kertas sama dengan komponen penyusunnya yakni pati selulosa. Maka yang terjadi adalah proses blending secara fisika dan adanya gugus C=O karbonil menjadikan kertas bersifat ramah lingkungan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa massa selulosa bakteri dan tepung tapioka sangat mempengaruhi sifat fisik kertas, dimana jika terlalu rendah ataupun terlalu tinggi massa tepung tapioka menyebabkan kertas mudah patah dan sobek. Perbandingan massa selulosa bakteri dan tepung tapioka terhadap kadar air dan gramatur terbaik diperoleh pada perbandingan 150:25 g, sedangkan kuat tarik terbaik diperoleh pada perbandingan 120:25 g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aritonang, B. *et al.*, 2019. *Pembuatan kertas ramah lingkungan kombinasi limbah ampas tahu dan limbah kulit pisang kepok dengan metode pemisahan alkalisasi*. Jurnal Farmanesia, Vol. 6, No. 2, pp. 77-88.
- [2] Manasikana, O. O. A., 2019. *Pemanfaatan limbah kulit jagung dan ampas tebu sebagai kertas kemasan ramah lingkungan*. Jurnal Zarah, Vol. 7, No. 2, pp. 79-85.

- [3] Nairfana, I., Afgani, C. A., and Munandar, I., 2023. *Inovasi kemasan kertas benih ramah lingkungan berbahan dasar kulit jagung dan ampas tebu*. Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi, Vol. 11, No. 1, pp. 375-385.
- [4] Komariyah, I. *et al.*, 2020. *Pemanfaatan limbah kulit jagung sebagai upaya pengembangan usaha IKM pembuat kertas seni*. Jurnal Pengabdian Tri Bhakti, Vol. 2, No. 2, pp. 156-164.
- [5] KHAIRUNA, K., 2018. *Pemanfaatan batang genjer (Limnocharis Flava) dan batang talas (Colocasia Esculenta) dalam pembuatan kertas dengan menggunakan NaOH dan CaO*. KLOOROFIL: Jurnal Ilmu Biologi dan Terapan, Vol. 1, No. 2, pp. 56-63.
- [6] Suryanto, H., 2017. *Analisis struktur serat selulosa dari bakteri*. Prosiding SNTT 2017–Politeknik Negeri Malang, Vol. 3, No. 1, pp. 17-22.
- [7] PENGUAT, S. M. S. B. S., 2019. *Sintesis mikro selulosa bakteri sebagai penguat (reinforcement) pada komposit bioplastik dengan matriks pva (polyvinyl alcohol)*. Jurnal Kimia dan Kemasan, Vol. 41, No. 2, pp. 110-118.
- [8] Ahmad, S. W., Yanti, N. A., and Muhiddin, N. H., 2019. *Pemanfaatan limbah cair sagu untuk memproduksi selulosa bakteri*. Jurnal Biologi Indonesia, Vol. 15, No. 1.
- [9] Panjaitan, J. R. H. and Sitompul, D. M., 2024. *Kinetika produksi selulosa bakteri dari limbah kulit pisang*. Eksergi, Vol. 21, No. 1, pp. 38-43.
- [10] Fauziah, S. I. and Ibrahim, M., 2020. *Isolasi dan Karakterisasi bakteri selulolitik pada tanah gambut di Desa Tagagiri Tama Jaya, Kecamatan Pelangiran, Kabupaten Inhil, Riau*. LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi, Vol. 9, No. 3, pp. 194-203.
- [11] Asthary, P. B. *et al.*, 2020. *Optimasi produksi bacterial nanocellulose dengan metode kultur agitasi*. Jurnal Selulosa, Vol. 10, No. 02, pp. 89-100.
- [12] Nuryanti, S., Fitriana, F., and Pratiwi, A. R., 2021. *Karakterisasi isolat bakteri penghasil selulosa dari buah naga merah (hylocereus polyrhizus)*. As-Syifaa Jurnal Farmasi, Vol. 13, No. 1, pp. 71-79.
- [13] Muhsinin, S. and Roni, A., 2021. *Produksi, karakterisasi dan aplikasi selulosa bakteri di bidang farmasi*. JOPS (Journal of Pharmacy and Science), Vol. 4, No. 2, pp. 12-28.
- [14] Celline, O. *et al.*, 2018. *Sintesis dan karakterisasi komposit selulosa bakteri dengan penambahan kitosan untuk aplikasi medis*. in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono XIV: Pengembangan Produk dan Energi Bersih: Teknik Kimia Universitas Pembangunan "Veteran" Jawa Timur*, pp. B. 4-1.
- [15] Liau, S. S., Hidayat, M., and Sulisty, H., 2023. *Potensi selulosa bakteri sebagai pembalut luka ideal dan penghantar obat (drug delivery)*. in *Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, pp. 2-1-A2. 5.
- [16] Takribiah, F. *et al.*, 2022. *Pembuatan bioplastik dengan penguat zno dan penambahan minyak atsiri sebagai anti mikroba*. Jurnal Teknologi, Vol. 22, No. 1, pp. 37-43.