

Sintesis Bioplastik Berbasis Pati Jagung dan Nanoselulosa Asetat Dari Tongkol Jagung Dengan Pemplastis Sorbitol

Yuli Darni¹, Michael Rogata P², Lia Lismeri³, Herti Utami⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. S. Brodjonegoro No. 1, Gedong Meneng, Rajabasa, Bandar Lampung, 35145, Indonesia

E-mail : yuli.darni@eng.unila.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan bioplastik berbasis pati jagung dan nanoselulosa asetat dengan penambahan sorbitol sebagai pemlastis. Nanoselulosa diperoleh dari tongkol jagung melalui proses delignifikasi menggunakan larutan KOH 4%. Sintesis selulosa meliputi delignifikasi dengan larutan KOH 4% pada 80°C (1:10), *bleaching* dengan larutan H₂O₂ 6% pada 70°C (1:10), kemudian dilarutkan kembali dengan larutan KOH 4% dan hidirolisis menggunakan larutan H₂SO₄ 6,4 M pada 60°C (1:20). Nanoselulosa asetat yang dihasilkan kemudian digunakan sebagai *filler* dalam bioplastik berbahan pati jagung, kitosan, dan gelatin untuk meningkatkan sifat mekanik. Sorbitol ditambahkan sebagai pemlastis dengan variasi konsentrasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% (v/v). Karakteristik bioplastik meliputi uji kuat tarik, elongasi, analisis gugus fungsi dengan FTIR, dan SEM (*Scanning Electron Microscope*).

Kata kunci: bioplastik, tongkol jagung, *platicizer*, sorbitol

1. Pendahuluan

Peningkatan konsumsi akibat perkembangan industri berdampak pada meningkatnya volume sampah terutama plastik yang sulit terurai. Data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2022 Indonesia menghasilkan 19,45 juta ton sampah dimana 39,63% berasal dari rumah tangga. Plastik konvensional berbasis polietilena dan polipropilena sulit terdegradasi karena berat molekul tinggi dan kereaktifan yang rendah, sehingga menimbulkan masalah lingkungan. Salah

satu upaya untuk mengatasi masalah ini adalah pengembangan bioplastik ramah lingkungan yang terbuat dari polimer alam, seperti selulosa. Selulosa memiliki kekuatan tarik yang tinggi, namun tidak larut dalam kebanyakan pelarut sehingga perlu dimodifikasi menjadi selulosa asetat melalui proses asetilasi. Selulosa asetat memiliki transparansi baik, tahan panas, daya serap air rendah, serta mudah terdegradasi sehingga berpotensi digunakan dalam industri pengemasan, membran, dan tekstil (Bahmid, et al., 2014).

Indonesia memiliki potensi besar dalam pemanfaatan selulosa, salah satunya dari tongkol jagung yang mengandung selulosa 42,6%, hemiselulosa 21,3%, dan lignin 8,2% (Sarkar, et al., 2012). Produksi jagung nasional terus meningkat di mana 30% hasil panen berupa limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber biopolimer (Aribowo, et al., 2014). Namun, serat alam memiliki kelemahan seperti interaksi buruk dengan matriks dan ketahanan air rendah. Permasalahan ini dapat diatasi dengan modifikasi ukuran menjadi nanoselulosa agar lebih terdispersi merata dalam matriks bioplastik dan meningkatkan sifat mekanik (Subyakto, et al., 2009).

Metode isolasi nanoselulosa melalui kombinasi perlakuan alkali, *bleaching*, hidrolisis asam, dan mekanik terbukti menghasilkan nanoserat dengan ukuran lebih halus (5 – 8 nm) dan kristalinitas tinggi dibanding metode lain (Wicaksono, et al., 2013). Hasil serupa juga dilakukan oleh (Darni, et al., 2018) pada batang sorgum. Meski demikian, bioplastik umumnya bersifat rapuh sehingga diperlukan *plasticizer* untuk meningkatkan fleksibilitas. Sorbitol dipilih karena mampu memperbaiki sifat fisik dan mekanik bioplastik. Penelitian ini menggunakan nanoselulosa dari tongkol jagung sebagai *filler* dengan variasi sorbitol sebagai *plasticizer* untuk menghasilkan bioplasatik yang lebih ramah lingkungan dan memiliki sifat mekanik lebih baik.

2. Metodologi

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Terapan, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Lampung dan Laboratorium Terpadu Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT) Universitas Lampung.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah blender, ayakan 200 *mesh* dan 400 *mesh*, neraca analitik, *hot plate*, gelas beaker, spatula, termometer, pH meter, *stopwatch*, *centrifuge*, cawan petri, kertas saring, pipet kaca, corong kaca, erlenmeyer, alu dan mortar, *planetary ball mill*, *magnetic stirrer*, *drying oven*, *zipbag lock*, dan cetakan. Bahan yang digunakan adalah tongkol jagung, H₂SO₄ 6,5M, KOH 4%, H₂O₂ 6%, aquades, larutan asam asetat glasial 98%, larutan asam asetat anhidrida 99%, *plasticizer* sorbitol, pati, kitosan, dan gelatin.

2.1 Prosedur Isolasi Selulosa

Tongkol jagung digunakan sebagai bahan baku, dipotong kecil, dikeringkan, digiling, dan diayak hingga berukuran 200 *mesh*. Serbuk yang lolos ayakan disimpan dalam *zipbag lock* dengan silika gel untuk mencegah kelembapan. Sintesis selulosa dilakukan menggunakan metode semi-mekanis yang menggabungkan perlakuan kimia dan mekanik. Sebanyak 50 gr serbuk tongkol jagung direaksikan dengan larutan KOH 4% (1:10 b/v). kemudian dipanaskan menggunakan *hotplate* pada suhu 80°C selama 1 jam untuk proses delignifikasi, kemudian disaring dengan kertas saring. Substrat yang didapat di *bleaching* dua kali menggunakan larutan H₂O₂ 6% pada suhu 70°C dan pH 4,5, masing-masing selama 1 jam sambil diaduk. Setelah pencucian, sampel kembali diperlakukan dengan larutan KOH 4% pada suhu 80°C. Hidrolisis asam dilanjutkan dengan merendam sampel dalam larutan H₂SO₄ 6,5 M pada suhu 60°C selama 1 jam sambil diaduk, kemudian dicuci hingga pH netral (6–7) menggunakan aquades untuk memperoleh selulosa.

2.2 Prosedur Sintesis Selulosa Asetat

Sebanyak 25 gr selulosa direaksikan dengan 625 mL asam asetat glasial pada suhu 50°C selama 30 menit menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan skala 3. Campuran kemudian ditambahkan 4 mL H₂SO₄ dan 243 mL asam asetat glasial, diaduk selama 25 menit dengan kecepatan skala 3, lalu ditambahkan asam asetat anhidrida dengan rasio selulosa terhadap asam asetat anhidrida 1:10 (b/v) dan diaduk kembali selama 30 menit pada suhu 50°C. Campuran didiamkan selama 6 jam pada suhu ruang, kemudian disaring menggunakan kertas saring dan filtratnya diendapkan dalam aquades untuk memperoleh selulosa asetat. Endapan dicuci hingga netral dan dikeringkan pada suhu 80°C selama 8 jam. Selanjutnya, selulosa asetat dilakukan perubahan ukuran menjadi nano menggunakan *Planetary Ball Mill*, kemudian dianalisis ukurannya dengan *Particle Size Analyzer* (PSA), dan karakteristik gugus fungsinya diuji menggunakan FTIR.

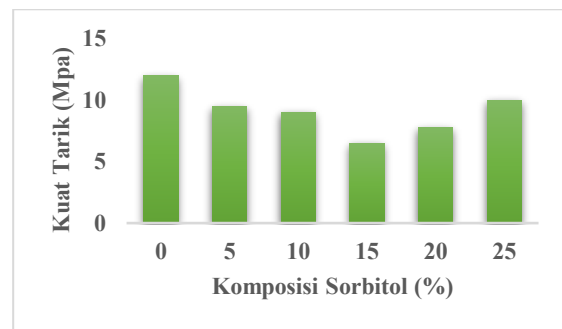
2.3 Prosedur Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik dilakukan dengan menggunakan metode *solution casting*. Sebanyak 2 gr nanoselulosa asetat dicampurkan dengan pati, kitosan, dan gelatin, kemudian dilarutkan dalam 300 mL aquades. Campuran dipanaskan pada suhu 90°C sambil diaduk dengan kecepatan 200 rpm hingga homogen. Larutan yang terbentuk kemudian dicetak pada pelat kaca dan dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 8 jam. Setelah kering, lembaran bioplastik dilepaskan dari cetakan dan selanjutnya dilakukan pengujian sifat mekanik (kekuatan tarik, perpanjangan, dan *modulus Young*), sifat fisik (ketahanan air

dan densitas), serta analisis gugus fungsi menggunakan FTIR.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Uji Kuat Tarik

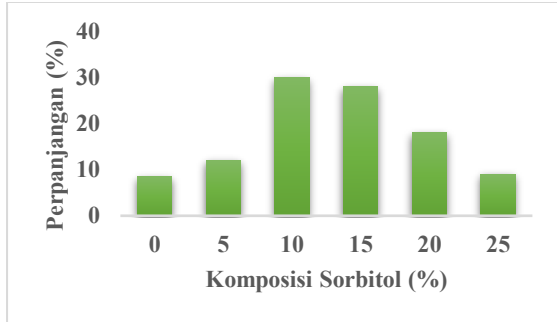


Gambar 1. Pengaruh komposisi sorbitol terhadap kuat tarik bioplastik

Komposisi sorbitol 10% menghasilkan bioplastik yang paling optimal karena menunjukkan keseimbangan antara kekuatan dan fleksibilitas, dengan kuat tarik besar 9 Mpa, perpanjangan 30%, dan modulus Young 70 Mpa (Gambar 1). Kombinasi ini mencerminkan bahan yang cukup kuat menahan beban namun tetap elastis dan tidak mudah patah, menjadikannya cocok untuk aplikasi seperti kemasan ramah lingkungan atau kantong plastik *biodegradable*.

Komposisi bioplastik yang menghasilkan nilai kuat tarik tertinggi adalah pada campuran sorbitol 0% dengan nilai 12 Mpa namun, struktur bioplastik ini masih sangat kaku. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kuat tarik bioplastik 10% sorbitol ini hampir menyamai plastik komersial.

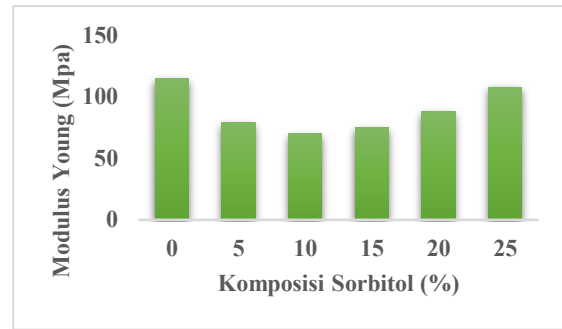
3.2 Uji Perpanjangan



Gambar 2. Pengaruh komposisi sorbitol terhadap persen perpanjangan bioplastik

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan sorbitol memberikan peningkatan elastisitas bioplastik secara signifikan seperti ditunjukkan pada Gambar 2, dengan nilai perpanjangan maksimum sebesar 30% pada konsentrasi sorbitol 10%. Sorbitol berperan sebagai *plasticizer* yang mengurangi gaya tarik antarmolekul polimer, sehingga meningkatkan fleksibilitas dan kemampuan regang rantai polimer. Namun, pada konsentrasi sorbitol lebih dari 10%, nilai perpanjangan mengalami penurunan akibat kelebihan *plasticizer* yang dapat mengganggu struktur matriks polimer dan menurunkan kohesi internalnya.

3.3 Uji Modulus Young

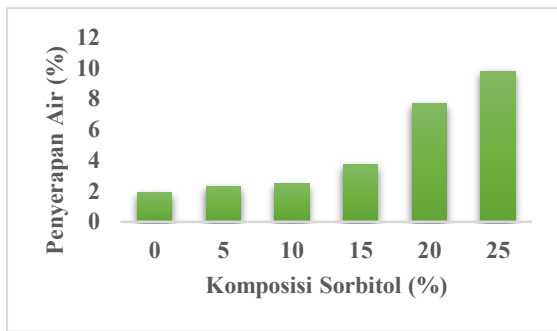


Gambar 3. Pengaruh komposisi sorbitol terhadap modulus Young bioplastik

Nilai Modulus Young pada penambahan pengisi (filler) rasio massa campuran sorbitol di 5% mengalami kenaikan dan di 15% mengalami penurunan. Nilai modulus Young tertinggi diperoleh pada bioplastik dengan komposisi sorbitol 0% dengan 115 Mpa (Gambar 3). Nilai modulus Young yang dihasilkan sudah hampir mendekati nilai maksimum standar Bioplastik. Dimana besaran modulus Young untuk bioplastik berada di antara 10-150 MPa.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan sorbitol menurunkan modulus Young bioplastik hingga mencapai nilai minimum 70 MPa pada konsentrasi 10%, yang menandakan peningkatan fleksibilitas akibat melemahnya interaksi antar rantai polimer. Namun, pada konsentrasi sorbitol yang lebih tinggi, modulus Young kembali meningkat, kemungkinan akibat aglomerasi *plasticizer* atau gangguan homogenitas matriks polimer.

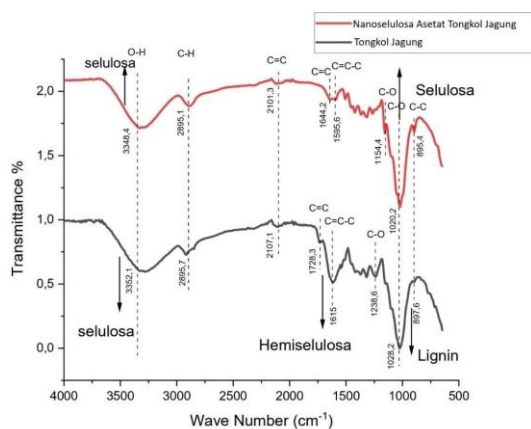
3.4 Uji Penyerapan Air



Gambar 4. Pengaruh komposisi sorbitol terhadap penyerapan air bioplastik

Uji penyerapan air menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi sorbitol meningkatkan sifat hidrofilik bioplastik, dengan daya serap air tertinggi pada komposisi 25% (Gambar 4). Hal ini dipengaruhi oleh sifat higroskopis sorbitol dan kemampuannya membentuk ikatan hidrogen dengan air, serta terbentuknya pori mikro akibat perluasan jarak antar rantai polimer. Nilai penyerapan terendah diperoleh pada bioplastik tanpa sorbitol (0%), sedangkan komposisi 10% memberikan daya serap air yang masih berada dalam standar bioplastik (1–10%) dan dianggap sebagai kondisi optimal sebelum terjadi peningkatan signifikan.

3.5 Uji FTIR



Gambar 5. Grafik Spektra FTIR Tongkol Jagung dan Selulosa Tongkol Jagung

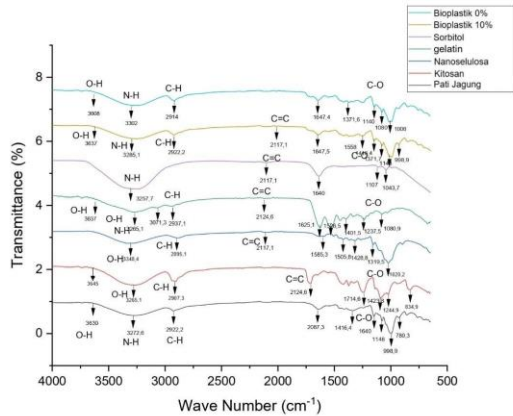
Gambar 5 menunjukkan hasil analisis FTIR terhadap tongkol jagung sebelum dan sesudah perlakuan menunjukkan adanya perubahan signifikan pada spektra serapan, yang mencerminkan modifikasi struktur kimia akibat proses isolasi selulosa. Puncak serapan pada bilangan gelombang 3350–3400 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus hidroksil (O–H), ciri khas senyawa selulosa. Setelah proses isolasi, puncak ini bergeser ke bilangan gelombang yang lebih tinggi dan menjadi lebih intens, menandakan peningkatan dominasi gugus hidroksil dan kemurnian selulosa.

Puncak pada sekitar 2895 cm^{-1} yang terkait dengan gugus C–H tetap muncul pada kedua sampel, menunjukkan bahwa struktur dasar karbohidrat masih dipertahankan. Perubahan paling mencolok terjadi pada rentang 1600–1700 cm^{-1} , di mana intensitas puncak yang menandakan keberadaan lignin dan hemiselulosa menurun drastis atau menghilang setelah perlakuan, mengindikasikan keberhasilan proses penghilangan komponen non-selulosa.

Selain itu, puncak khas pada rentang 1000–1200 cm^{-1} yang berkaitan dengan ikatan C–O dan C–O–C muncul lebih jelas pada sampel hasil isolasi, memperkuat bukti peningkatan kemurnian selulosa. Sementara itu, puncak pada bilangan gelombang di bawah 900 cm^{-1} yang semula muncul pada tongkol jagung mentah mengalami penurunan atau hilang setelah proses, menunjukkan berkurangnya senyawa pengotor.

Secara keseluruhan, hasil karakterisasi FTIR mengonfirmasi bahwa proses isolasi berhasil menghilangkan sebagian besar lignin dan hemiselulosa, menghasilkan

nanoselulosa dengan struktur khas selulosa yang lebih dominan dan kemurnian lebih tinggi.



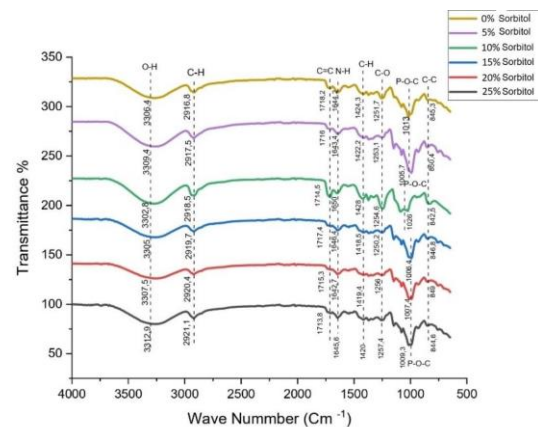
Gambar 6. Hasil Uji FTIR Pada Bioplastik, Sorbitol, Gelatin, Nanoselulosa, Kitosan, dan Pati Jagung

Gambar 6 menunjukkan beberapa perubahan signifikan setelah penambahan *plasticizer* sorbitol 10%, yang mengindikasikan terjadinya interaksi kimia antarkomponen bioplastik. Puncak serapan pada 3200–3600 cm^{-1} yang menunjukkan gugus O–H tampak melemah serta menunjukkan pembentukan ikatan hidrogen antara nanoselulosa, pati, gelatin, dan sorbitol, sehingga memperkuat jaringan polimer. Puncak pada sekitar 2900 cm^{-1} yang berkaitan dengan gugus C–H tetap muncul pada semua spektrum menunjukkan tidak adanya perubahan struktur alifatik yang signifikan.

Pada rentang 1600–1750 cm^{-1} , puncak yang berkaitan dengan gugus C=C dan karbonil mengalami pergeseran dan perubahan intensitas, mengindikasikan adanya interaksi antara gugus karbonil dan hidroksil dalam matriks polimer. Selain itu, puncak tajam pada 1000–1300 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus C–O dan C–O–C yang banyak ditemukan pada

selulosa dan hemiselulosa. Hilangnya puncak lignin (1510–1600 cm^{-1}) dan hemiselulosa (1230–1250 cm^{-1}) pada spektrum selulosa menandakan keberhasilan proses isolasi.

Secara keseluruhan, penurunan intensitas gugus hidroksil dan karbonil serta kemunculan kembali puncak khas selulosa menunjukkan bahwa sorbitol berperan efektif dalam memperkuat interaksi kimia dan homogenitas struktur bioplastik.



Gambar 7. Gugus Fungsi Bioplastik Pada Seluruh Variasi

Spektrum FTIR menunjukkan adanya perubahan intensitas dan posisi pita serapan akibat penambahan sorbitol pada bioplastik nanoselulosa, yang mencerminkan interaksi antara *plasticizer* dan matriks bioplastik. Pita O–H di sekitar 3300 cm^{-1} mengalami pergeseran dan penurunan intensitas seiring meningkatnya konsentrasi sorbitol, mengindikasikan terbentuknya ikatan hidrogen antara gugus hidroksil sorbitol dan komponen bioplastik. Perubahan juga teramati pada pita 2900–2918 cm^{-1} (C–H) yang menunjukkan adanya modifikasi struktur kimia (Gambar 7).

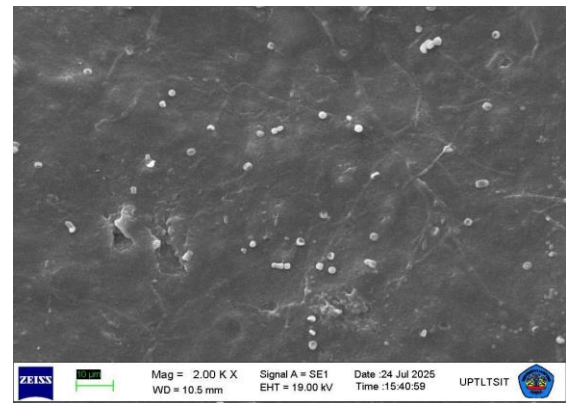
Pita karbonil (C=O) pada 1714–1718 cm^{-1} tetap muncul pada seluruh sampel dengan

variasi intensitas tanpa indikasi pembentukan gugus asetat pada nanoselulosa. Selain itu, pita 1250–1050 cm^{-1} (C–O dan P–O–C) mengalami perubahan yang menunjukkan peningkatan fleksibilitas matriks akibat interaksi antara sorbitol dan gugus ester atau eter. Secara keseluruhan, perubahan pita utama (O–H, C–H, C=O, dan C–O) mengonfirmasi bahwa sorbitol berperan aktif dalam memodifikasi struktur kimia bioplastik melalui interaksi antargugus fungsi.

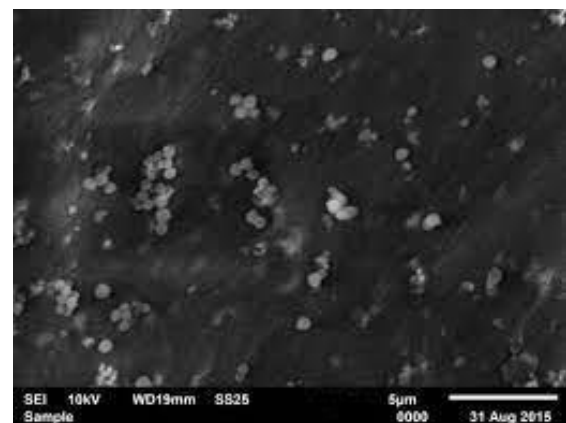
Spektrum juga menunjukkan bahwa tidak terbentuk gugus fungsi baru setelah pencampuran pati, sorbitol, dan nanoselulosa yang menandakan bahwa proses pembuatan bioplastik merupakan proses pencampuran fisik (*blending*) tanpa reaksi kimia baru. Oleh karena itu, bioplastik yang dihasilkan masih mempertahankan karakteristik dasar bahan penyusunnya, seperti plastisitas, sifat *biodegradable*, dan aktivitas antimikroba.

3.6 Uji SEM

Analisis morfologi permukaan menggunakan SEM (Gambar 8 dan 9) menunjukkan bahwa bioplastik dengan pemplastis sorbitol memiliki struktur yang lebih halus, padat, dan homogen.



Gambar 8. Morfologi Permukaan Bioplastik Selulosa Pada Perbesaran 1000x



Gambar 9. Morfologi Permukaan Bioplastik Selulosa Pada Perbesaran 2000x

Partikel berukuran kecil tampak terdistribusi merata tanpa aglomerasi yang signifikan, mengindikasikan kompatibilitas yang baik antara sorbitol dan matriks nanoselulosa. Interaksi antarmolekul yang lebih efektif ini berkontribusi terhadap peningkatan fleksibilitas serta kerapatan struktur bioplastik. Morfologi yang seragam juga mengurangi terbentuknya pori atau celah besar, yang pada umumnya dapat menurunkan sifat mekanik material.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa selulosa yang diperoleh

berhasil diubah menjadi nanoselulosa dengan ukuran partikel rata-rata 52,9 nm. Penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* terbukti memengaruhi sifat mekanik bioplastik yang dihasilkan. Konsentrasi sorbitol sebesar 10% memberikan karakteristik terbaik, ditunjukkan oleh kombinasi sifat mekanik yang optimal, morfologi permukaan yang baik, serta daya tahan terhadap air yang seimbang. Namun, pada rancangan variabel sintesis selulosa asetat, nanoselulosa yang diperoleh tidak menunjukkan keberadaan gugus asetil asetat, sehingga modifikasi kimia tidak berlangsung sesuai yang diharapkan.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Staf Laboratorium Kimia Terapan dan Laboratorium Rekayasa Polimer dan Resin Jurusan Teknik Kimia, Universitas Lampung, Staf Laboratorium UPT LTSIT Universitas Lampung.

Daftar Pustaka

Aribowo, H. F., Rahmanta & Jufri, M., 2014. ANALISIS EFISIENSI EKONOMI PENGGUNAAN INPUT PRODUKSI USAHATANI JAGUNG. *Journal of Agriculture and Agribusiness Socioeconomics*, 3(2).

Bahmid, N. A., Syamsu, K. & Maddu, A., 2014. PENGARUH UKURAN SERAT SELULOSA ASETAT DAN PENAMBAHAN DIETILEN GLIKOL (DEG) TERHADAP SIFAT FISIK DAN

MEKANIK BIOPLASTIK. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 3(24), pp. 226-234.

Darni, Y. et al., 2018. Bioplastics synthesis based on sorghum-Eucheuma spinosum modified with sorghum stalk powder. *Journal of Physics: Conference Series*, pp. 1-10.

Sarkar, N., Ghosh, S. K., Bannerjee, S. & Aikat, K., 2012. Bioethanol production from agricultural wastes: An overview. *Renewable Energy*, Volume 37, pp. 19-27.

Subyakto, et al., 2009. PROSES PEMBUATAN SERAT SELULOSA BERUKURAN NANO DARI SISAL (Agave sisalana) DAN BAMBU BETUNG (Dendrocalamus asper). *Berita Selulosa*, 44(2), pp. 57-65.

Wicaksono, R., Syamsu, K., Yuliasih, I. & Nasir, M., 2013. KARAKTERISTIK NANOSERAT SELULOSA DARI AMPAS TAPIOKA DAN APLIKASINYA SEBAGAI PENGUAT FILM TAPIOKA. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, Volume 23, pp. 38-45.

