



Water Hyacinth Nanocellulose Addition Effect on the Mechanical Properties of Sweet Potato Starch-Based Bioplastics

Milania Dwi Putri Mandasari[✉] dan Samuel Budi Wardhana Kusuma

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229 ^{1,3}

Info Artikel

Diterima : 9 Jan 2023

Disetujui : 23 Mei 2023

Dipublikasikan : Mei 2023

Keywords:

Bioplastik
Nanocelulosa
Eceng Gondok
Pati
Ubi Jalar

Abstrak

Pencemaran lingkungan yang terjadi di Indonesia menjadi sebuah permasalahan yang harus dicegah. Salah satu faktor penyebab pencemaran lingkungan yaitu sampah plastik. Faktor ini mendorong untuk memanfaatkan bahan baku alam seperti pati dan selulosa dalam pembuatan plastik biodegradabel. Tujuan penelitian ini mengetahui pengaruh penambahan nanoselulosa terhadap sifat mekanik bioplastik. Hasil sintesis nanoselulosa batang eceng gondok melalui perlakuan hidrolisis asam dan sonikasi memperoleh ukuran partikel sebesar 279,8 nm. Hasil pengujian sifat mekanik dengan penambahan nanoselulosa 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25% menunjukkan nilai kuat tarik dan elongasi semakin meningkat dengan masing-masing nilai tertinggi diperoleh sampel D konsentrasi 25% sebesar 4,96 MPa dan 80,80%. Namun, hasil modulus elastis diperoleh nilai yang tidak beraturan dan nilai tertinggi diperoleh sampel A konsentrasi 10% sebesar 6,62%. Hasil laju biodegradasi menunjukkan semakin tinggi konsentrasi nanoselulosa maka semakin rendah laju biodegradasinya, nilai tertinggi diperoleh sampel A sebesar 60,34%. Berdasarkan sifat mekanik menunjukkan bahwa hasil terbaik diperoleh sampel D. Dari hasil terbaik dilakukan uji morfologi yang menunjukkan persebaran filler nanoselulosa yang kurang baik karena terdapat aglomerasi pada area tertentu.

Abstract

Environmental pollution that occurs is a problem that we must prevent in Indonesia. Factors causing environmental pollution is plastic waste. This factor encourages the utilization of natural raw materials such as starch and nanocellulose in manufacture of biodegradable. The purpose of this research was to determine the effect of the addition of nanocellulose on the mechanical properties of bioplastics. The results of the synthesis of nanocellulose water hyacinth stems through acid hydrolysis and sonication obtained a particle size of 279.8 nm. The results of testing the mechanical properties with the addition of 0%, 10%, 15%, 20%, and 25% nanocellulose showed that the tensile strength and elongation values increased with each of the highest values obtained by sample D nanocellulose 25% of 4.96 MPa and 80,80%. However, the elastic modulus results obtained were irregular values and the highest value was obtained by sample A nanocellulose 10% of 6.62%. The results of the biodegradation rate showed that the higher the concentration of nanocellulose, the lower the biodegradation rate, the highest value obtained by sample A was 60.34%. Based on the mechanical properties, it was shown that the best results were obtained for sample D. The best results, morphological tests were carried out which showed poor distribution of nanocellulose filler due to agglomeration in certain areas.

Pendahuluan

Pencemaran lingkungan yang terjadi di Indonesia menjadi sebuah permasalahan yang harus kita hadapi. Salah satu faktor penyebab pencemaran lingkungan yaitu sampah plastik. Indonesia termasuk salah satu negara dengan populasi tinggi dan penyumbang sampah terbanyak kedua di dunia (Jambeck *et al.*, 2015). Salah satu jenisnya yaitu sampah kantong plastik yang digunakan untuk berbelanja supermarket atau minimarket dan produk kemasan makanan yang sulit terdegradasi oleh mikroorganisme karena membutuhkan waktu sekitar 100 hingga 500 tahun (Karuniastuti, 2013). Faktor ini mendorong untuk menghasilkan bahan alternatif pembuatan plastik yang meminimalisir dampak pencemaran lingkungan dengan kemasan *biodegradable*. Plastik *biodegradable* terbuat dari material yang dapat diperbaharui seperti senyawa dalam tanaman atau hewan yaitu, pati, selulosa, protein atau lipid.

Biomassa berbasis polisakarida di Indonesia mengalami kemajuan sehingga dapat digunakan sebagai sumber alternatif karena biaya yang relatif murah dan keberadaannya sangat melimpah. Oleh karena itu, mendorong penelitian ini untuk melakukan pembuatan plastik berbahan dasar pati. Pati mengandung dua komponen yaitu amilosa dan amilopektin. Pengaruh rasio dan struktur molekul antara amilosa dan amilopektin dapat mempengaruhi sifat akhir dari produk plastik tersebut seperti struktur dan sifat mekaniknya. Hal ini dikarenakan kandungan amilosa mempengaruhi kerapatan sedangkan amilopektin mempengaruhi kelarutan (Sagnelli *et al.*, 2016).

Sumber pati yang memiliki tingkat produksi yang cukup tinggi yaitu ubi jalar dikarenakan budidaya tanpa mengenal musim, dapat berkembang di berbagai daerah, dan dapat dipanen setiap 4 bulan dengan produksi lebih dari 30 ton/Ha, bergantung pada budidaya, bibit, dan sifat tanah yang digunakan (Rosidah, 2014). Potensi pati dari ubi jalar dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan plastik karena memiliki beberapa komponen yaitu 50-80% pati (berat kering) dan pati ubi jalar terdiri dari 70-80% amilopektin bercabang tinggi dan 20-30% amilosa linier dan sedikit bercabang (Marlina & Achmad., 2021).

Pada penggunaan bioplastik menggunakan bahan dasar pati tersebut masih memiliki kekurangan pada sifat mekaniknya dan bersifat hidrofilik, sehingga harus ditambahkan *filler*. *Filler* atau pengisi yang digunakan yaitu nanoselulosa sebagai agen penguat. Hal ini dikarenakan selulosa dapat mencegah kelemahan sifat hidrofilik dari pati, adanya sifat hidrofilik ini dapat menjadikan kualitas produk kurang baik karena tidak mampu melindungi dari air sehingga menyebabkan bioplastik mudah rusak. Selulosa merupakan polimer alam termasuk rantai linear yang memiliki ikatan glukosa-glukosa (Moon *et al.*, 2011). Keunggulan serat selulosa yang berperan dalam sifat mekanik bioplastik yaitu ramah lingkungan, tidak beracun, *biocompatible*, hidrofobik, dan *biodegradable* (Oyeoka *et al.*, 2021).

Pada hasil penelitian Putra *et al.* (2019) menunjukkan bahwa ukuran *filler* selulosa dapat meminimalisir interaksi antara *filler* dan matriks. Oleh karena itu, perlu adanya nano *filler* atau nanoselulosa dalam pembuatan bioplastik. Apabila ukuran partikel semakin kecil atau berukuran nanometer akan memudahkan partikel tersebut masuk dalam ruang matriks polimer yang menyebabkan penyebaran yang semakin merata sehingga mengurangi rongga dalam biopolimer. Selain itu, interaksi antar molekul *filler* dan matriks semakin kuat sehingga kuat tarik meningkat (Maryanti *et al.*, 2016). Hal ini menunjukkan bahwa ukuran partikel *filler*, bentuk, dan morfologi mempengaruhi karakter bioplastik.

Bioplastik berbasis pati ubi jalar perlu adanya penambahan *plasticizer* yaitu gliserol untuk memperbaiki sifat mekanik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *plasticizer* dapat menjadikan bioplastik memiliki sifat elastis dan fleksibel. Menurut Deliana *et al.* (2019), adanya gliserol menyebabkan beberapa molekul dalam larutan berada diantara rantai ikatan biopolimer sehingga dapat berinteraksi membentuk ikatan hidrogen dalam rantai ikatan polimer. Akibatnya, semakin berkurang interaksi antar molekul biopolimer.

Berdasarkan uraian diatas, dalam penelitian ini memanfaatkan pati ubi jalar dalam memproduksi plastik *biodegradable* dengan variasi konsentrasi nanoselulosa dari eceng gondok sebagai *filler* dan penambahan gliserol sebagai *plasticizer* terhadap sifat mekanik sifat mekanik bioplastik meliputi kuat tarik dan elongasi, sifat biodegradasi, dan karakteristik bioplastik meliputi morfologi dan gugus fungsi.

Metode

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain pisau, blender, Ayakan 40 mesh, *soxhlet*, *hot plate magnetic stirrer*, kertas saring, *centrifuge*, sonikator, kertas pH, alat titrasi, gelas beker, labu ukur, labu erlenmeyer, labu spiritus, pipet tetes, pipet volume, loyang teflon diameter 18 cm, sedangkan instrumen yang digunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) Horiba Scientific sz-100, *Scanning Electron Microscope* (SEM) JEOL tipe JSM-6510, *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) PerkinElmer Spectrum IR 10.6.1, spektrofotometer *Ultraviolet Visible* (UV-Vis) SPECTROstar Omega, dan *Texture Analyzer* LLOYD Instrument.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain batang enceng gondok kering, Ubi jalar, HCl (merck), NaOH 10% dan 20% (teknis), CH₃COOH 1 M (merck), Na₂S₂O₃ 0,1 N (teknis), larutan *Luff Schoorl*, KI 20% (merck), H₂SO₄ 2 N, 25%, dan 50% (merck), toluena (teknis), etanol 96% (Teknis), Larutan lugol, amilum 1% (merck), H₂O₂ 10% (teknis), dan gliserol (teknis).

Sintesis nanoselulosa eceng gondok

Selulosa sebanyak 5 gram dimasukkan ke dalam gelas beker 250 mL, ditambahkan H₂SO₄ 50% (v/v) dengan perbandingan 1:10 dan dipanaskan pada suhu 45°C selama 45 menit sambil dilakukan pengadukan. Campuran didinginkan dan ditambahkan aquades hingga pH mendekati netral. Selanjutnya didiamkan selama 1 malam hingga terbentuk suspensi. Suspensi dilakukan sentrifugasi 5000 rpm selama 20 menit berguna untuk menghilangkan sisa-sisa asam. Tahap terakhir dilakukan proses sonikasi selama 10 menit (Hartati *et al.*, 2019). Selanjutnya dilakukan pengujian ukuran partikel nanoselulosa dengan menggunakan PSA dan gugus fungsi dengan menggunakan FTIR.

Pembuatan Bioplastik

Bioplastik dibuat dengan mencampurkan masing-masing variasi nanoselulosa dengan 50 mL aquades dan diaduk 300 rpm selama 30 menit. Selanjutnya menambahkan 5 gram pati dan 80 mL aquades ke dalam nanoselulosa yang sudah dihomogenkan. Kemudian dipanaskan *hot plate* pada suhu 70-75°C selama 50 menit sambil diaduk 350 rpm dengan *magnetit stirrer*. Pada 10 menit pertama ditambahkan gliserol sebanyak 1,5 mL. Setelah 50 menit, didiamkan hingga tidak ada gelembung. Campuran dituangkan ke dalam loyang teflon dan dimasukkan dalam oven untuk dikeringkan pada suhu 60 °C selama 16 jam. Tahap terakhir membiarkan plastik pada suhu ruang kemudian plastik dilepaskan dari cetakan (Ningsih *et al.*, 2019 termodifikasi).

Tabel 1. Komposisi pembuatan bioplastik

Sampel	Pati (gram)	Nanoselulosa (b/b) dari berat pati	Gliserol (mL)
1	5	0%	1,5
2	5	10%	1,5
3	5	15%	1,5
4	5	20%	1,5
5	5	25%	1,5

Karakterisasi Bioplastik

Pengujian Sifat Mekanik

Pengujian ini dilakukan dengan ukuran *film* sebesar 15 x 2 cm dengan menggunakan metode *Tensile Strength Tester* untuk mengetahui sifat mekanik bioplastik berbasis pati ubi jalar, yaitu *tensile strength* (kuat tarik) dapat dirumuskan dengan persamaan (1), elongasi dapat dirumuskan dengan persamaan (2), dan *modulus young* dapat dirumuskan dengan persamaan (3) (Iriani *et al.*, 2015).

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

σ = kuat tarik (N/m^2)

F_{maks} = gaya tarik maksimum (N)

A = luas Penampang (m^2)

$$\%Elongasi = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

l_0 = panjang *film* awal (m)

l = panjang *film* akhir (m)

$$E = \frac{\sigma}{e} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

E = Modulus Young (N/m^2)

e = elongasi (%)

Pengujian Biodegradasi

Sebelum dilakukan penelitian, sampel ditimbang dan diukur terlebih dahulu 2×2 cm. Pengujian ini dilakukan di dalam tanah kemudian dibiarkan hingga bioplastik dapat terdegradasi. Pengamatan terhadap sampel dilakukan selama 16 hari. Dalam menentukan persen kehilangan berat dapat dihitung dengan persamaan (4) (Syafri *et al.*, 2019).

$$\%kehilangan\ berat = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

W_1 = Berat awal bahan (m)

W_2 = Berat akhir bahan (m)

Analisa Morfologi SEM

Struktur morfologi film dianalisis dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Sampel dipotong dengan ukuran 2×2 cm untuk ditempelkan pada set holder dengan perekat ganda (*double-site tape*). Sampel dilapisi dengan logam tembaga dalam keadaan vakum kemudian dimasukkan pada tempat di dalam alat SEM. Gambar topografi dapat diamati dan dilakukan perbesaran (Maneking *et al.*, 2020).

Analisa Gugus Fungsi menggunakan FTIR

Gugus fungsi dianalisis dengan menggunakan *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Sampel dipotong dengan ukuran 2×2 cm ditempatkan ke dalam kemudian dicari bilangan gelombang yang sesuai. Hasil yang didapatkan berupa spektrum hubungan antara bilangan gelombang dengan intensitas. Spektrum FTIR direkam menggunakan spektrofotometer pada suhu ruang (Maneking *et al.*, 2020).

Hasil dan Pembahasan

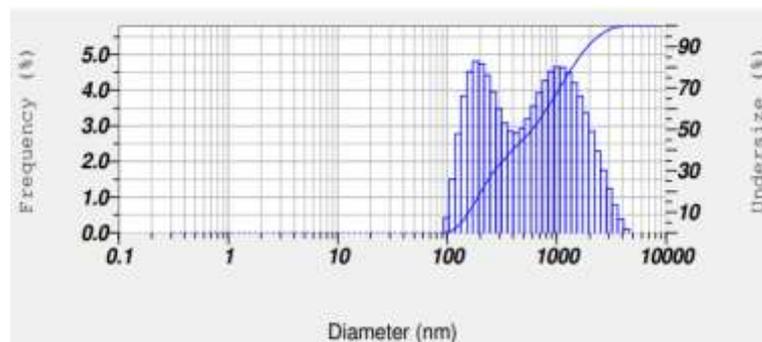
Hasil Karakteristik Pati

Pembuatan bioplastik menggunakan pati ubi jalar yang berperan sebagai bahan dasar utama telah dilakukan. Pembuatan pati yang dilakukan dengan berbagai tahapan antara lain tahap pencucian, pemotongan, penghalusan, pengendapan, pengeringan dengan oven, dan diayak menggunakan saringan 0,5 mm. Pada tabel 2 menunjukkan beberapa karakteristik fisikokimia pati ubi jalar. Berat ubi jalar yang digunakan untuk membuat pati sebesar 5000 gram sedangkan berat pati yang didapatkan sebanyak 430 gram sehingga didapatkan rendemen sebesar 8,60%. Rendemen yang didapatkan lebih tinggi dari penelitian Yuliansar *et al.* (2020) sebesar 7,60%. Kadar pati yang diperoleh sebesar 46,01%. Hasil kadar pati yang diperoleh lebih kecil dibandingkan dengan penelitian Yuliansar *et al.* (2020) sebesar 78,14%. Komponen

penyusun pati terdiri dari amilosa dan amilopektin. Kadar amilosa yang diperoleh sebesar 21,7%. Angka kadar amilosa yang diperoleh termasuk dalam kisaran 20-30% (Marlina & Achmad., 2021). Struktur kompak yang dimiliki oleh komponen amilosa dapat memengaruhi kerapatan sifat film bioplastik dan menyebabkan sukar menyerap air sehingga kuat tarik bioplastik akan meningkat. Struktur amilosa dapat membentuk ikatan hidrogen antarmolekul glukosa dan dapat menangkap air saat proses pemanasan sehingga memperoleh gel yang kuat. Sedangkan kadar amilopektin yang diperoleh sebesar 24,26%. Angka kadar amilopektin yang diperoleh tidak termasuk dalam range 70-80%. Struktur bercabang yang dimiliki amilopektin mengakibatkan terjadinya ikatan antar rantai amilopektin sehingga mudah putus dan mempengaruhi kuat tarik. Adanya ikatan yang mudah putus menyebabkan ruang kosong pada film sehingga penyerapan air (hidrofilik) akan meningkat. Namun, ruang kosong ini dapat diisi oleh bahan biopolimer seperti selulosa (Rozikhin *et al.*, 2020).

Hasil Karakteristik Nanoselulosa

Pembuatan bioplastik menggunakan nanoselulosa yang berperan sebagai *filler* atau pengisi. Isolasi selulosa dilakukan dengan berbagai tahapan antara lain proses *dewaxing*, delignifikasi, dan *bleaching*. Pada proses *dewaxing* ini bertujuan untuk menghilangkan zat lilin, lemak, dan zat organik lainnya. Proses delignifikasi ini bertujuan untuk menghilangkan struktur amorf terluar yaitu hemiselulosa dan lignin yang membungkus selulosa. Pada proses *bleaching* ini bertujuan untuk menghilangkan sisa hemiselulosa dan lignin yang terkandung dalam sampel. Proses ini menghasilkan rendemen selulosa yang diperoleh sebesar 30%. Hasil rendemen tersebut tidak mempengaruhi kualitas selulosa hasil ekstraksi. Selanjutnya sintesis nanoselulosa melalui perlakuan hidrolisis asam dan sonikasi. Perubahan ukuran partikel menjadi nano dapat dilakukan dengan proses hidrolisis asam sulfat yang dibantu oleh gelombang ultasonik untuk memutuskan ikatan rantai selulosa. Pada proses hidrolisis selulosa, sisi amorf dari selulosa memiliki ketahanan yang lemah terhadap serangan asam, oleh karena itu sisi amorf tidak tahan terhadap serangan asam yang menurunkan ukuran partikel dari selulosa.

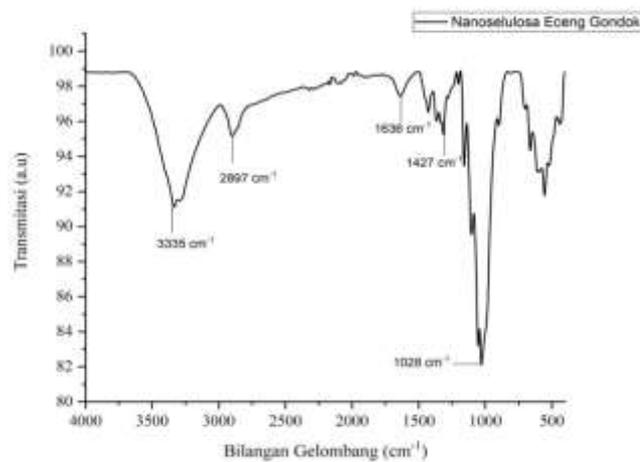


Gambar 1. Grafik hasil penentuan ukuran nanoselulosa menggunakan PSA

Hasil nanoselulosa setelah melalui proses *dewaxing*, delignifikasi, *bleaching*, dan perlakuan hidrolisis asam dilakukan proses karakterisasi menggunakan PSA dan FTIR. Hasil yang diperoleh oleh *Dynamic Light Scattering* DLS pada gambar 1 menunjukkan puncak bi-modal yang menghasilkan distribusi ukuran nanoselulosa yang luas. Kedua puncak tersebut menunjukkan pada ruang distribusi didapatkan ukuran partikel nanoselulosa yang sering muncul (modus) yaitu 182,5 nm dan 1006,8 nm dan distribusi ukuran partikel berada dalam kisaran 82,9 nm hingga 718,4 nm. *Z-average* merupakan rata-rata ukuran partikel yang dihasilkan oleh instrumen ini sebesar 279,8 nm. *Polydispersity Index* (PDI) menggambarkan keseragaman sampel dalam suspensi, semakin tinggi nilai pada indeks yang didapat saat pengukuran maka semakin tidak seragam ukuran partikel sampel tersebut. Apabila sampel dengan PDI kurang dari 0,1 (<0,1) termasuk monodispersi dan memberikan puncak Unimodal. Sampel dengan PDI lebih besar dari 0,1 (>0,1) termasuk polidispersi dan dapat memberikan puncak bimodal atau tri-modal (Bacha, 2021). Nilai PDI pada

nanoselulosa yang diperoleh sebesar 0,604 yang menunjukkan bahwa suspensi nanoselulosa memiliki keseragaman yang kurang baik.

Hasil analisis gugus fungsi menunjukkan pada bilangan gelombang 3335 cm^{-1} menunjukkan vibrasi dari ikatan O-H intra dan intermolekul selulosa. Pada bilangan gelombang 2897 cm^{-1} mengidentifikasi ikatan C-H yang merupakan struktur utama komponen selulosa. Pada bilangan gelombang 1427 cm^{-1} mengidentifikasi adanya ikatan $-\text{CH}_2$ yang menunjukkan struktur selulosa dan pita ini juga dikenal sebagai pita kristalinitas (Chattopadhyay & Patel, 2016). Pada bilangan gelombang 1636 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ikatan OH *bending* dari interaksi antara air yang teradsorpsi dengan gugus hidrofilik OH pada nanoselulosa. Pada bilangan gelombang 1028 cm^{-1} mengindikasikan vibrasi dari ikatan C-O yang menunjukkan adanya ikatan C-O-C dari cicin piranosa maupun ikatan glikosidik (Mandal & Chakrabarty, 2011; Sundari & Ramesh, 2012).



Gambar 2. Hasil FTIR Nanoselulosa Eceng Gondok

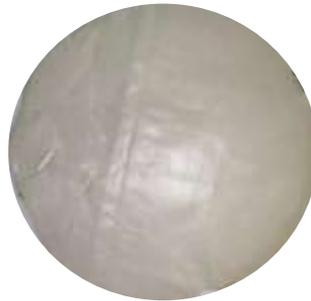
Hasil Karakteristik Bioplastik

Hasil Pengujian Sifat Mekanik

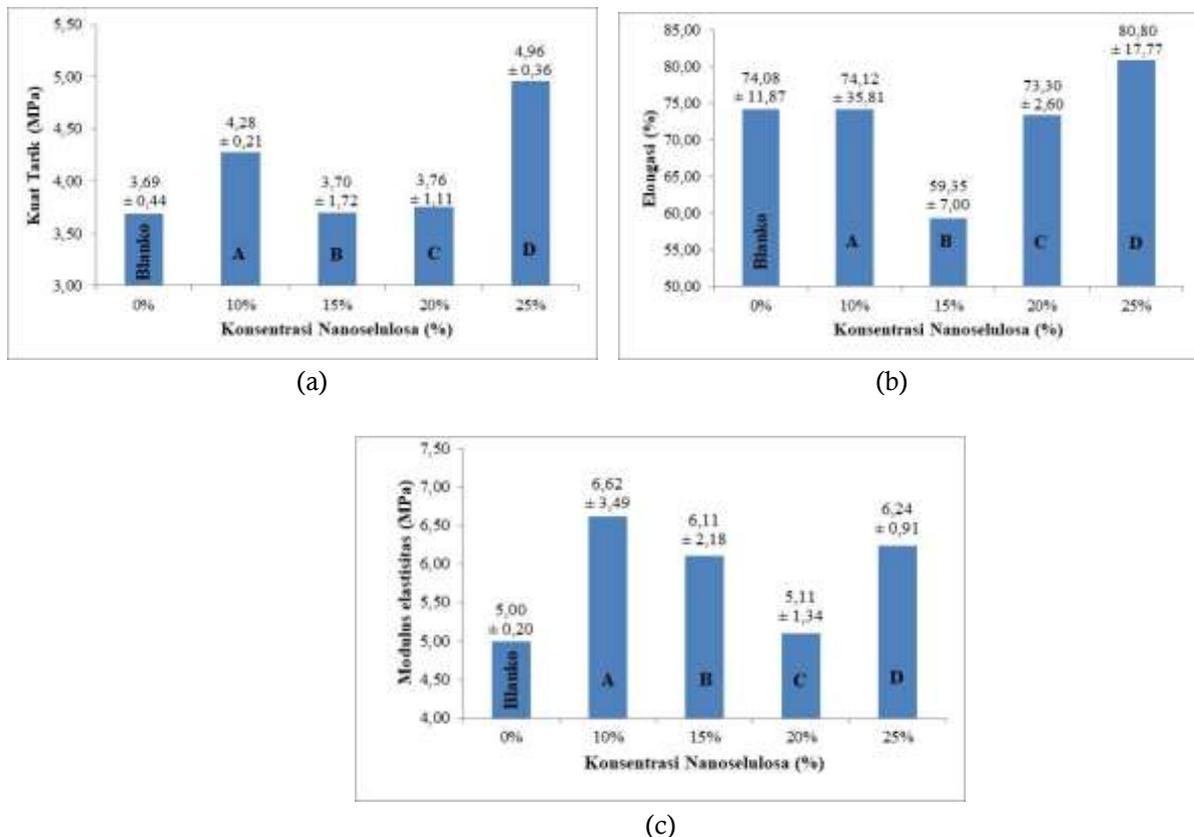
Pada pembuatan bioplastik menggunakan metode *casting* ini yang paling sering digunakan pada bioplastik berbahan dasar pati. Hal ini dikarenakan metode yang paling mudah, biaya yang murah, dan menggunakan sedikit energi. Pembuatan bioplastik berbasis pati ini memanfaatkan proses gelatinisasi pati dengan air dan dapat mendispersi zat pemlastis serta penguat yang memiliki sifat hidrofilik. Granula pati tidak dapat larut dalam air dingin tetapi dapat larut dalam air panas dengan suhu gelatinisasi sesuai jenis pati yang digunakan. Gelatinisasi merupakan sebuah proses pembengkakan granula pati, dimana air akan masuk ke dalam granula pati pada suhu tinggi sehingga granula pati akan pecah dan meleleh berwujud kental. Ikatan molekul penyusun pati saling berdampungan mengakibatkan terjadi ikatan hidrogen sehingga dapat terjadi perubahan tekstur menjadi gel (Maryanti *et al.*, 2016). Gel ini bukan suatu larutan tetapi suatu granula pati yang mengembang dan tidak larut. Proses setelah gelatinisasi adalah penggabungan kembali molekul-molekul pati yang terlepas selama proses gelatinisasi. Sehingga dapat terbentuk film saat proses pencetakan. Bioplastik yang diperoleh cukup elastis, apabila film bioplastik dilipat maka akan kembali seperti semula. Hal ini dikarenakan adanya gliserol yang ditambahkan pada larutan pati dan nanoselulosa. Gliserol berperan dalam elastisitas bioplastik dan menjadikan film yang halus.

Pengujian sifat mekanik ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi nanoselulosa terhadap sifat mekanik. Sifat Mekanik meliputi kuat tarik, modulus elastisitas, dan elongasi. Pada gambar 4. menunjukkan bahwa film memiliki nilai kuat tarik cenderung semakin naik dan nilai tertinggi yaitu sampel D sebesar 4,96 MPa, Nilai elongasi cenderung semakin naik dan nilai tertinggi diperoleh sampel D sebesar

80,80%. Namun, hasil modulus elastis diperoleh nilai yang tidak beraturan dan nilai tertinggi diperoleh sampel A konsentrasi 10% sebesar 6,62%.



Gambar 3. Hasil bioplastik dengan nanoselulosa 25%



Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi Nanoselulosa terhadap Persentase Elongasi, Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas

Berdasarkan hasil pengujian sifat mekanik menunjukkan bahwa plastik biodegradabel yang didapatkan belum memiliki standar SNI. Pengaruh dari sifat mekanik bioplastik yang meliputi nilai kuat tarik, elongasi, dan modulus elastis yang menghasilkan grafik yang tidak beraturan. Hal ini dikarenakan nanoselulosa yang masih beraglomerasi atau tidak larut sempurna dan ketebalan yang berbeda-beda pada setiap sisi.

Nanoselulosa bersifat hidrofobik memiliki gugus hidroksil (-OH) yang akan membentuk ikatan hidrogen intermolekul dengan gugus hidroksil (-OH) dari pati, yang mana ikatan ini menyebabkan kuat tarik meningkat. Meskipun bioplastik dengan penambahan nanoselulosa menjadi lebih kaku dengan nilai modulus

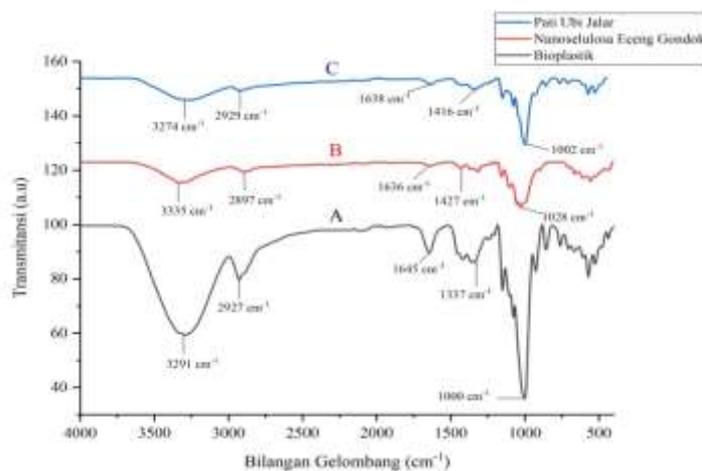
elastis 6,62 MPa tetapi dengan adanya pati ubi jalar yang mengandung lebih banyak amilopektin dari pada amilosa menjadikan bioplastik tetap elastis dengan nilai kuat tarik 4,96 MPa. Selain itu, dengan adanya penambahan gliserol yang dapat menurunkan gaya tarik ikatan intermolekul antar polimer penyusun. Akibatnya, gugus hidroksil gliserol yang berikatan dengan gugus hidroksil pati selama pembentukan biopolimer film sehingga didapatkan struktur film yang fleksibel dengan nilai elongasi 80,80% (Sinaga *et al.*, 2014).

Hasil Analisis Gugus Fungsi

Gugus Fungsi dapat diketahui dengan menggunakan metode FTIR, yang akan menunjukkan puncak serapan yang muncul dalam spektrum. Analisis FTIR dari bioplastik digunakan untuk mengidentifikasi interaksi nanoselulosa sebagai *filler*, gliserol sebagai *plasticizer* terhadap pati ubi jalar sebagai matriksnya.

Pada Gambar 5 menunjukkan spektrum hasil FTIR, yang mengidentifikasi adanya ikatan -OH *stretching* menunjukkan bahwa bioplastik ini dapat membentuk ikatan dengan air. Pada gelombang 2927 mengindikasikan vibrasi dari ikatan C-H yang merupakan penyusun utama bioplastik. Pada gelombang 1028 mengindikasikan vibrasi dari ikatan C-O yang menunjukkan adanya ikatan C-O-C dari cincin piranosa maupun ikatan glikosidik yang merupakan sifat khas pati. Dari ikatan -OH, C-O, dan β -1,4-glikosidik menunjukkan bahwa bioplastik akan terdegradasi pada media tanah. Hal ini dikarenakan ikatan tersebut memiliki sifat hidrofilik yang dapat menyerap air sehingga memudahkan mikroorganisme merusak matriks atau pati. Pada bilangan gelombang 1427 cm^{-1} mengidentifikasi adanya ikatan $-\text{CH}_2$ yang menunjukkan struktur selulosa yang merupakan area kristalin (Mandal & Chakrabarty, 2011; Sundari & Ramesh, 2012).

Hasil karakterisasi FTIR bioplastik berbasis pati ubi jalar dengan penambahan nanoselulosa dan gliserol memiliki gabungan gugus fungsi dari masing-masing komponen penyusunnya yaitu -OH *stretching*, C-H, -OH *bending*, $-\text{CH}_2$, C-O. Pada Gambar 20 hasil spektrum pencampuran ketiga komponen tidak terjadi perubahan struktur kimia dan bilangan gelombang secara signifikan. Hal ini dapat membuktikan bahwa gugus fungsi antara sebelum pencampuran sama dengan sesudah pencampuran menjadi bentuk film. Oleh karena itu, dalam suatu proses pembuatan bioplastik hanya melakukan proses pencampuran fisik yang ditunjukkan interaksi hidrogen antar rantai polimer.

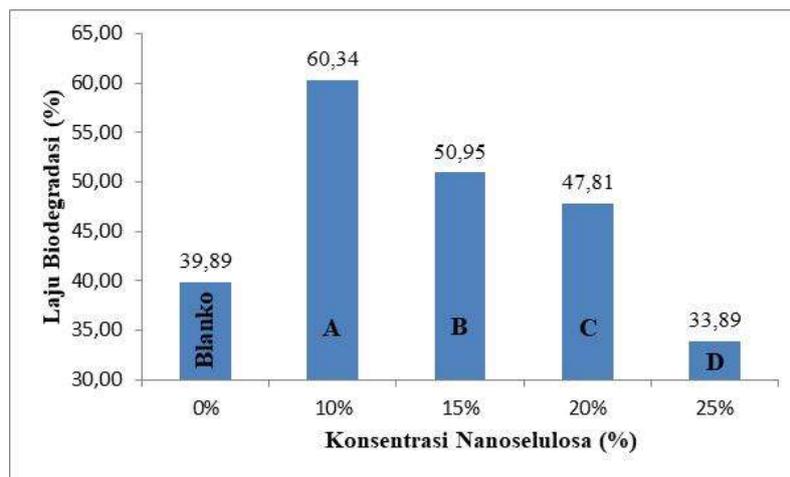


Gambar 5. Perbandingan Hasil FTIR Pati Ubi Jalar, Nanoselulosa Eceng Gondok, dan Bioplastik

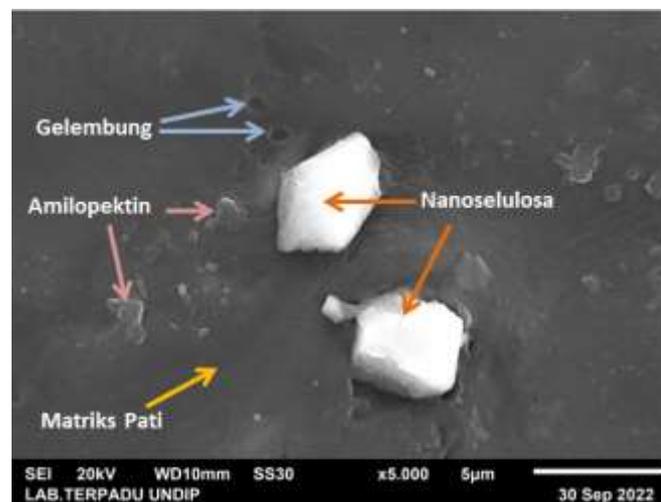
Hasil Pengujian Laju Biodegradasi

Pengujian biodegradasi bertujuan untuk memperkirakan waktu film bioplastik akan terurai di dalam tanah dengan mengetahui laju degradasi bioplastik. Penguraian film bioplastik ini menyebabkan perubahan fisik seperti penurunan berat molekul dikarenakan ikatan kimia terputus atau pemendekan rantai polimer dengan katalis mikroorganisme pada tanah (Syafri *et al.*, 2019). Metode yang digunakan yaitu penanaman

sampel karena pengaplikasian yang mudah tidak membutuhkan biaya yang tinggi hanya membutuhkan tanah saja, tanah yang digunakan jenis tanah humus karena media aktivitas bakteri tanah. Adapun pengaruh dari degradasi film biodegradasi ditanah yaitu kelembaban tanah, suhu di lingkungan pengujian, dan kandungan bakteri pada tanah tersebut (Natalia *et al.*, 2019). Pada Gambar 6 menunjukkan semakin besar konsentrasi selulosa maka semakin kecil laju biodegradasinya. Hasil laju biodegradasi tertinggi yaitu sampel A sebesar 60,3393 sedangkan laju degradasi terendah yaitu sampel D sebesar 33,89% dengan waktu 16 hari. Hasil penelitian ini sama dengan Syafri *et al.* (2019) yang menunjukkan semakin besar konsentrasi nanoselulosa maka laju biodegradasi semakin menurun. Laju biodegradasi ini disebabkan adanya bahan polimer seperti nanoselulosa terhadap penurunan tingkat penyerapan air karena air memberi ruang kepada mikroorganisme untuk masuk dalam matriks.



Gambar 6. Grafik Hasil Laju Biodegradasi



Gambar 7. Hasil SEM Bioplastik Dengan Perbesaran 5000x

Pengujian Karakteristik Morfologi

Analisis morfologi permukaan dari bioplastik ini dilakukan dengan menggunakan SEM dengan perbesaran 5000x. Prinsip kerja dari SEM ini diawali dengan memfokuskan elektron menuju ke sampel, saat elektron terkena sampel maka akan terjadi pemantulan elektron baru sehingga pantulan elektron akan didapatkan sinyal. Sampel bioplastik yang digunakan untuk uji morfologi dipilih yang terbaik dari kelima sampel. Dari kelima sampel yang memiliki nilai kuat tarik yang tinggi yaitu sampel D sebesar 4,9619 MPa.

Pada Gambar 7 menunjukkan permukaan bioplastik yang dihasilkan adanya gumpalan besar pada film bioplastik yang terlihat pada mikroskop berwarna putih. Gumpalan berwarna putih besar mengindikasikan partikel nanoselulosa. Lempengan-lempengan berwarna putih yang tidak larut sempurna mengindikasikan adanya komponen amilopektin yang masih berukuran besar juga menjadi penyebab ketidakrapatan partikel amilopektin dan matriks pati (Sinaga *et al.*, 2014). Selain itu, terlihat adanya gelembung pada film bioplastik yang dikarenakan proses pemanasan yang kurang seimbang.

Berdasarkan hasil analisis morfologi menunjukkan kualitas yang kurang baik yang menyebabkan hasil sifat mekanik yang tidak beraturan dari konsentrasi nanoselulosa 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dan beberapa hasil yang tidak sesuai dengan penelitian sebelumnya. Hal ini dikarenakan nanoselulosa yang masih beraglomerasi atau tidak larut dalam pelarut aquades saat pengadukan sebelum ditambahkan pati. Akibatnya, persebaran yang kurang merata sehingga meminimalisir interaksi antara matriks dan *filler*. Selain itu, adanya gelembung-gelembung akan membentuk lubang yang mengakibatkan mudah sobek.

Simpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan nanoselulosa yang dihasilkan dari batang eceng gondok melalui perlakuan hidrolisis asam dan sonikasi memperoleh ukuran sebesar 279,8 nm. Penambahan komposisi bahan dalam bioplastik berpengaruh terhadap sifat mekanik meliputi kuat tarik, elongasi, dan modulus elastis. Pengaruh penambahan nanoselulosa 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25% menunjukkan semakin besar konsentrasi nanoselulosa maka nilai kuat tarik dan elongasi cenderung semakin meningkat. Jadi, hasil pengujian sifat mekanik bioplastik yang terbaik didapatkan sampel D nanoselulosa 25% dengan nilai kuat tarik 4,96 MPa, elongasi 80,80%, dan modulus elastis 6,24 MPa. Karakteristik produk bioplastik yang diperoleh dari uji morfologi menunjukkan kehomogenitas campuran pada permukaan bioplastik kurang baik karena terdapat aglomerasi pada area tertentu. Pada uji laju biodegradasi menunjukkan nilai degradasi yang optimal yaitu sampel A nanoselulosa 10% sebesar 60,33% sedangkan laju degradasi terendah yaitu sampel D sebesar 33,89%.

Daftar Pustaka

- Chattopadhyay, D., & Patel, Bharat H. (2016). Synthesis, Characterization and Application of Nano Cellulose for Enhanced Journal of Textile. *Journal of Textile Science & Engineering*, 6(2): 2-8
- Deliana, P., Khairat, & Bahrudin. (2019). Pembuatan Komposit Pati Sagu/Polivinil Alkohol (Pva) Dengan Penambahan Kitosan Sebagai Filler Dan Gliserol Sebagai Plasticizer. *Jom Fteknik*, 6(2015): 1-8.
- Effendi, Devi B., Rosyid Nurul H., Nandiyanto A. B. D., Rahman, T., Fadhlulloh, M. A., Aandiyanto, A. B. D., & Mudzakir, A. (2015). Review : Sintesis Nanoselulosa. *Jurnal Integrasi Proses*, 5(2), 61-74.
- Hartati, N., Kemala, T., Sutriah, K., & Farobie, O. (2019). Kompatibilitas Nanokristal Selulosa Termodifikasi Setrimonium Klorida (CTAC) dalam Matriks Poliasam Laktat sebagai Material Pengemas. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 22(4), 157-163.
- Iriani, E. S., Wahyuningsih, K., Sunarti, T. C., & Permana, A. W. (2015). Sintesis Nanoselulosa dari Serat Nanas dan Aplikasinya sebagai Nanofiller Pada Film Berbasis Polivinil Alkohol. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 12(1), 11-19.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223):768-771.
- Karuniastuti, N. (2013). Bahaya Plastik terhadap Kesehatan dan Lingkungan. *Swara Patra: Majalah Pusdiklat Migas*, 3(1):6-14.
- Mandal, A., & Chakrabarty, D. (2011). Isolation of nanocellulose from waste sugarcane bagasse (SCB) and its characterization. *Carbohydrate Polymers*, 86(3):1291-1299.
- Maneking, E., Sangian, Hanny F., & Tongkukul, Seni Herlina J. (2020). Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Biomassa dengan Plasticizer Gliserol. *Jurnal MIPA*, 9(1), 23-27.
- Maryanti, E., Pasaribu, C., Adfa, M., S, S. P. Y., & Fitriani, D. (2016). Pembuatan Bioplastik Berbahan Pati Ubi Jalar (*Ipomoea batatas L.*), Gliserin dan Penambahan Nanopartikel Zno dengan Menggunakan Metode. *12(2):1175-1180.*

- Moon, R. J., Martini, A., Nairn, J., Simonsen, J., & Youngblood, J. (2011). Cellulose nanomaterials review: Structure, properties and nanocomposites. In *Chemical Society Reviews*, 40(7):3941-399.
- Natalia, M., Hazrifawati, W., & Wicakso, D. R. (2019). Pemanfaatan Limbah Daun Nanas (*Ananas Comosus*) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik Biodegradable. *EnviroScienteeae*, 15(3):357-364.
- Ningsih, Erni P., Ariyani, Dahlena, & Sunardi. (2019). Pengaruh Penambahan Carboxymethyl Cellulose Terhadap Karakteristik Bioplastik Dari Pati Ubi Nagara (*Ipomoea batatas L.*). *Indo. J. Chem. Res.*, 7(1):77-85.
- Oyeoka, H. C., Ewulonu, C. M., Nwuzor, I. C., Obele, C. M., & Nwabanne, J. T. (2021). Packaging and Degradability Properties of Polyvinyl Alcohol/Gelatin Nanocomposite Films Filled Water Hyacinth Cellulose Nanocrystals. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, June 2020, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.02.009>
- Yuliansar, Ridwan, & Hermawati. (2020). Karakterisasi pati ubi jalar putih, orange, dan ungu. *SAINTIS*, 1(2):1-13.
- Putra, A. D., Amri, I., & Irdoni. (2019). Sintesis Bioplastik Berbahan Dasar Pati Jagung dengan Penambahan Filler Selulosa Serat Daun Nanas (*Ananas cosmosus*). *Jom Fteknik*, 6(1): 1-8.
- Sinaga, R. F., Ginting, G. M., Ginting, M. H. S., & Hasibuan, R. (2014). Pengaruh Penambahan Gliserol terhadap Sifat Kekuatan Tarik Dan Pemanjangan Saat Putus Bioplastik Dari Pati Umbi Talas. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(2):19-24.
- Rozikhin, Zalfiatri, Y., & Hamzah, F. H. (2020). Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Pati Biji Durian dan Pati Biji Nangka. *Chempublish Journal*, 5(2):151-165.
- Sagnelli, D., Hebelstrup, K. H., Leroy, E., Rolland-Sabaté, A., Guilois, S., Kirkensgaard, J. J. K., Mortensen, K., Lourdin, D., & Blennow, A. (2016). Plant-crafted starches for bioplastics production. *Carbohydrate Polymers*, 152, 398-408.
- Nidhin, M., Indumathy R., Sreeram, K. J., & Nair, B. U. (2008). Synthesis of iron oxide nanoparticles of narrow size distribution on polysaccharide templates. *Bulletin of Meterials Science*, 31(1):93-96.
- Syafri, E., Wahono, S., Irwan, A., Asro, M., Herlina, N., & Fudholi, A. (2019). Characterization and properties of cellulose micro fi bers from water hyacinth fi lled sago starch biocomposites. *International Journal of Biological Macromolecules*, 137, 119-125.
- Kamsiati, E., Herawati, H., & Purwani, E. Y. (2017). Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable berbasis Pati Sagu dan Ubikayu di Indonesia. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 36(2):67-76.
- Thiripura Sundari, M., & Ramesh, A. (2012). Isolation and characterization of cellulose nanofibers from the aquatic weed water hyacinth - *Eichhornia crassipes*. *Carbohydrate Polymers*, 87(2):1701-1705.
- Marlina, L., & Achmad, Nur T. F. (2021). Pengaruh Variasi Penambahan Kitosan dan Gliserol Terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Ubi Jalar. *TEDC*, 15(2), 125-133.