

Synthesis and Characterization of Banana Hump Waste-Based Bioplastic with the Addition of Banana Pseudostem Nanocellulose and Glycerol

Iva Maylana Devi , Sigit Priatmoko

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

Info Artikel

Diterima: 24-01-2024

Disetujui: 25-04-2024

Dipublikasikan: 27-05-2024

Keywords:

bioplastik
limbah
gliserol
nanoselulosa

Abstrak

Indonesia menghasilkan limbah plastik di laut 1,29 juta metrik ton per tahun berdasarkan laporan Nova Chemicals. Lamanya waktu yang dibutuhkan plastik untuk terdegradasi secara sempurna yaitu lebih dari 100 tahun. Bioplastik muncul sebagai alternatif ramah lingkungan karena dapat terurai. Bonggol pisang di dalamnya terkandung pati dalam kadar tinggi sehingga dapat dijadikan bahan baku pembuatan bioplastik. Penambahan filler berupa selulosa dalam bioplastik pati dapat meningkatkan kekuatan bioplastik. Batang semu pisang kadar selulosanya tinggi dapat dijadikan nanoselulosa yang digunakan sebagai *filler* untuk meningkatkan sifat mekanik bioplastik. Peningkatan elastisitas bioplastik dapat dilakukan dengan penambahan zat pemlastis berupa gliserol. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan nanoselulosa dan gliserol terhadap bioplastik berbasis pati. Metode pembuatan nanoselulosa berupa hidrolisis asam dan metode pembuatan bioplastik berupa metode *casting*. Hasil uji yang didapat pada bioplastik yaitu nilai kuat tarik 1,83 MPa, elongasi 11,45% *modulus young* 48,12 MPa, persen kehilangan berat biodegradasi 64,44%.

Abstract

Indonesia produces 1.29 million metric tons of plastic waste in the sea per year, based on a Nova Chemicals report. The length of time it takes for plastic to degrade completely is more than 100 years. Bioplastics are emerging as an environmentally friendly alternative because they can decompose. Banana humps contain high levels of starch, so they can be used as raw materials for making bioplastics. The addition of filler in the form of cellulose to starch bioplastics can increase the strength of the bioplastics. Banana pseudo-stems with high cellulose content can be made into nanocellulose, which is used as a filler to improve the mechanical properties of bioplastics. Increasing the elasticity of bioplastics can be done by adding plasticizers in the form of glycerol. The aim of this research is to determine the effect of adding nanocellulose and glycerol to starch-based bioplastics. The method for making nanocellulose is acid hydrolysis, and the method for making bioplastics is the casting method. The test results obtained on bioplastics were a tensile strength value of 1.83 MPa, elongation of 11.45%, modulus of 48.12 MPa, and percent biodegradation weight loss of 64.44%.

Pendahuluan

Indonesia menghasilkan limbah plastic di laut 1,29 juta metrik ton per tahun berdasarkan laporan Nova Chemicals (Ariyani *et al.*, 2021). Rantai panjang polimer plastik mengandung ribuan unit pengulangan monomer yang membuat plastik menjadi tahan lama. Lamanya waktu yang dibutuhkan plastik untuk terdegradasi secara sempurna yaitu lebih dari 100 tahun (Karan *et al.*, 2019). Keberlanjutan penumpukan sampah plastik dapat menyebabkan permasalahan lingkungan. Plastik yang mengambang di perairan menyebabkan semakin parah pemanasan global dengan menghasilkan kanopi gelap yang menyulitkan plankton untuk berkembang (Proshad *et al.*, 2018). Cara penanganan sampah plastik yang dilakukan saat ini di antaranya yaitu pembakaran. Pembakaran sampah plastik menyebabkan zat berbahaya di dalamnya lepas ke atmosfer seperti merkuri, dioksin, poliklorin bifenil, dan furan. Pembakaran sampah plastik dapat berakibat buruk terhadap kondisi pernapasan, merusak sistem saraf, menyebabkan sakit kepala, mual, dan peningkatan risiko penyakit jantung (Verma *et al.*, 2016).

Bioplastik muncul sebagai alternatif ramah lingkungan untuk plastik sintetis karena dapat terurai (Simó-Cabrera *et al.*, 2021). Bioplastik dapat terbuat dari biomassa dengan atau tanpa aditif seperti pati, protein, dan selulosa (Nguyen *et al.*, 2022). Negara yang menjadi salah satu penghasil pisang terbesar di dunia adalah Indonesia. Produksi pisang nasional pada tahun 2019 sebesar 7.280.658 ton (Nurhaliza *et al.*, 2022). Bonggol pisang dan batang pisang hanya dibiarkan sehingga dapat mengganggu estetika dan menjadi tempat genangan air pada musim penghujan. Bonggol pisang merupakan bahan baku yang melimpah, dapat diperbarui, dan dapat didegradasi (Budirohmi *et al.*, 2019). Bioplastik dapat berasal dari bahan dasar dengan kandungan pati yang relatif tinggi. Bonggol pisang mempunyai komposisi 20% air, 76% pati, dan 4% bahan lainnya (Sjofjan *et al.*, 2021). Bonggol pisang di dalamnya terkandung pati dalam kadar tinggi dapat dijadikan bahan baku pembuatan bioplastik.

Bioplastik dari pati sebagai bahan baku mempunyai kekurangan yaitu kurang dalam kuat tarik. Penambahan filler berupa selulosa dalam bioplastik pati dapat meningkatkan kekuatan bioplastik (Lubis *et al.*, 2018). Batang pisang kadar selulosanya yaitu $\pm 63\%$ (Pine *et al.*, 2021). Nanoselulosa merupakan selulosa dalam bentuk struktur nano memiliki diameter 1-100 nanometer menjadi bahan yang menarik perhatian di zaman modern (Horie & Tabei, 2021). Nanoselulosa memiliki keunggulan seperti rasio aspek tinggi, ketersediaan bahan melimpah, sifat mekanik yang lebih baik, dan terbarukan (Trache *et al.*, 2020). Hasil produk bioplastik dapat lebih kuat dengan ditambahkan filler. Berdasarkan penelitian (Owi *et al.*, 2019) nanoselulosa dapat meningkatkan kekuatan tarik bio-nanokomposit dari 8 menjadi 13,5 MPa. Berdasarkan penelitian (Gbadeyan *et al.*, 2022) kristal nanoselulosa dapat meningkatkan modulus young bioplastik dengan hasil optimal 27,2 MPa. Nanoselulosa batang semu pisang dapat ditambahkan sebagai filler untuk bioplastik sehingga dapat memperbaiki karakteristik bioplastik.

Peningkatan fleksibilitas dan elastisitas bioplastik dapat dilakukan dengan penambahan zat pemlastis. Hal ini dapat terjadi karena interaksi antar molekul pati berkurang saat zat pemlastis masuk ke dalam molekul pati ditandai dengan terbentuk ikatan hidrogen antara gugus hidroksil pada molekul zat pemlastis dan molekul pati (Lusiana *et al.*, 2019). Zat pemlastis yang dapat digunakan adalah gliserol. Penambahan gliserol membuat bioplastik lebih mudah menyerap air dan lebih cepat hancur (Lestari *et al.*, 2020). Hasil uji biodegradasi pada bioplastik pati sagu-PVA, zat pemlastis gliserol mencapai skor tertinggi yaitu 82,38% (Lusiana *et al.*, 2019). Berdasarkan uraian di atas, maka dilaksanakan penelitian sinergi nanoselulosa batang semu pisang dan gliserol pada sintesis bioplastik limbah bonggol pisang.

Metode

Alat dan Bahan

Peralatan penelitian meliputi gelas kimia (Pyrex), cetakan kaca 20 x 10 cm, saringan kain flanel, blender (Cosmos CB282G), ayakan 200 mesh, *magnetic stirrer*, oven (Bionex), neraca analitik (Mettler Toledo), sonikator (Biostellar BSD-100W) frekuensi 40 KHz, *centrifuge* (B-ONE Digital Centrifuge 6000 rpm Model DC6015-12), FTIR (*Perkin Elmer / Spotlight 400 Frontier*), *Scanning Electrone Microscope* (Phenom Pro X), *Texture Analyzer* (LLOYD), *hotplate stirrer* (DLAB), *Freeze Dryer* (Thermo Scientific HETO POWERDY LL1500). Bahan penelitian ini meliputi kulit dan batang semu pisang, asam sitrat, natrium hidroksida, asam sulfat (E.Merck), gliserol, hidrogen peroksida 30% (E.Merck), dan aquades.

Pembuatan nanoselulosa dari batang semu pisang mengacu pada Shrestha *et al.*, (2021). Batang semu pisang yang telah kering, dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 200 mesh. Proses selanjutnya dilakukan delignifikasi menggunakan NaOH 17,5% (b/v). Penyaringan dilakukan setelah proses delignifikasi selesai dan dilakukan pencucian hingga mencapai pH netral. Proses selanjutnya berupa proses *bleaching* menggunakan H₂O₂ 10% (b/v). Selulosa kemudian dihidrolisis menggunakan H₂SO₄ 50% (b/v) menggunakan perbandingan. Hidrolisis dilakukan selama 50 menit pada suhu 45°C di atas *hot plate* dengan kecepatan pengadukan 600 rpm. Akuades ditambahkan sebanyak 5 kali ke dalam campuran reaksi dan didinginkan hingga 25°C. Campuran disentrifugasi selama 15 menit pada 3600 rpm. Proses ini dilakukan

hingga diperoleh supernatan dengan pH suspensi mencapai netral. Hasil dari sentrifugasi, disonikasi selama 2 jam untuk memperoleh suspensi nanoselulosa.

Proses pembentukan bioplastik mengacu pada Aftaningsih *et al.* (2020), Nafiayanto (2019), Nurhabibah & Kusumaningrum, (2021), dan Wardah & Hastuti, (2015). Metode pembuatan bioplastik menggunakan metode *casting*. Pati bonggol pisang sebanyak 5 g berat kering dicampur dengan gliserol dengan variasi 0%, 15%, 30% (b/b) dan nanoselulosa dengan variasi konsentrasi 0%, 3%, 6%, 9% (b/b). Campuran antara nanoselulosa dan air diaduk menggunakan *stirrer* dengan kecepatan 300 rpm selama 10 menit kemudian ditambah pati dan gliserol dipanaskan pada suhu 70° C supaya tergelatinisasi. Campuran dituangkan ke cetakan oven teflon berdiameter 18 cm. Cetakan dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 60°C.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Karakteristik Pati Bonggol Pisang

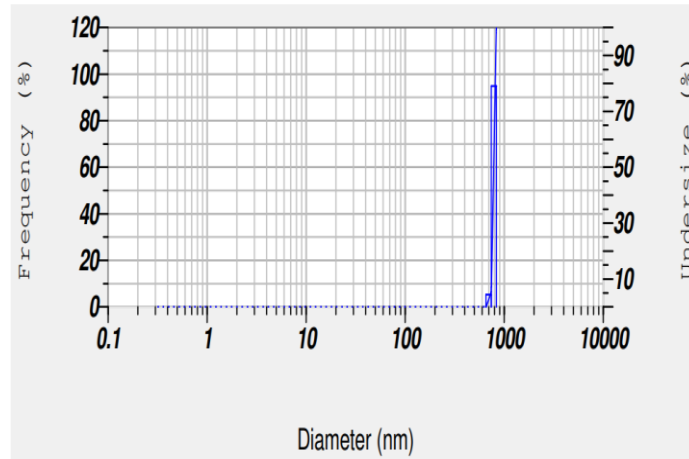
Bonggol pisang dalam proses pembuatan pati perlu dicuci terlebih dahulu supaya bersih dari kontaminan seperti kotoran, debu, dan lainnya (Badessa *et al.*, 2020). Bonggol pisang yang telah bersih, kemudian dipotong-potong kecil untuk memudahkan proses penghalusan. Bonggol pisang direndam terdahulu dalam larutan asam sitrat 50% selama 10 menit untuk menghambat reaksi *browning* (Kaur *et al.*, 2022). Bonggol pisang terkandung enzim polifenol oksidase (PPO). PPO dikategorikan sebagai enzim oksidoreduktase yang memiliki gugus prostetik yang terdiri dari empat atom tembaga. Nama lain dari enzim PPO yaitu tironase, fenolase, katekolase, katekol oksidase, difenol oksidase, o-difenolase, kresolase (Murniati *et al.*, 2018). Bagian aktif enzim ini terdapat tembaga yang sangat penting untuk aktivitas enzim. Enzim polifenol oksidase (PPO) sebagai enzim utama yang terlibat dalam pencoklatan (Sui *et al.*, 2023). Larutan asam sitrat 50% dapat menonaktifkan enzim polifenol oksidase (PPO) dengan menurunkan pH sehingga dapat digunakan sebagai zat anti pencoklatan. Enzim polifenol oksidase (PPO) umumnya aktif pada pH antara 6-7 dan tidak aktif di bawah pH 3. Asam sitrat bekerja menurunkan pH sehingga menurunkan aktivitas enzimatik PPO (Moon *et al.*, 2020).

Bonggol pisang dihaluskan menggunakan blender untuk merusak sel-sel bonggol pisang sehingga pati dapat keluar. Pati dipisahkan dari ampasnya menggunakan saringan kain. Endapan pati yang diperoleh perlu dibilas menggunakan akuades hingga pH netral untuk menghilangkan sisa-sisa asam berasal dari larutan asam sitrat 50%. Proses pengeringan menggunakan oven bertujuan untuk menghilangkan air dalam pati. Penyaringan dilakukan menggunakan ayakan supaya tidak terjadi penggumpalan pada pati bonggol pisang.

Hasil Karakteristik Nanoselulosa Batang Semu Pisang

Proses delignifikasi dilakukan menggunakan NaOH 17,5%. Penggunaan larutan NaOH 17,5% digunakan untuk mendapatkan alpha selulosa. α -selulosa berupa selulosa rantai panjang yang tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% (Maria *et al.*, 2020). Proses *bleaching* pada penelitian ini menggunakan hidrogen peroksida. Hidrogen peroksida dipilih karena menghasilkan produk yang berwarna putih bersih (Tristantini *et al.*, 2017). Penggunaan hidrogen peroksida dibandingkan unsur klorin yang biasanya digunakan pada *bleaching* karena lebih ramah lingkungan (Schmitz *et al.*, 2021). Kelebihan H₂O₂ dibandingkan klorin yaitu tidak membentuk Produk Sampingan Disinfeksi (DBP) seperti trihalometana (THM) yang bersifat karsinogen (Pandian *et al.*, 2022). Proses *bleaching* dilakukan menggunakan larutan H₂O₂ dalam suasana basa yang lebih efektif untuk meningkatkan depolimerisasi lignin (Ho *et al.*, 2019).

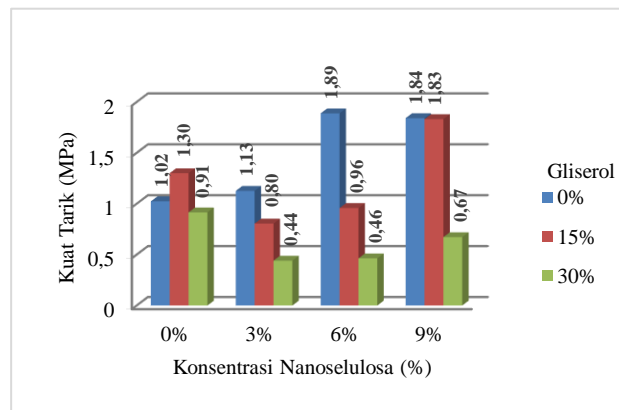
Proses hidrolisis asam bertujuan untuk menghilangkan bagian amorf yang terdapat dalam selulosa (Rahmawati *et al.*, 2022). Proses hidrolisis asam menggunakan larutan H₂SO₄ 50%. Proses hidrolisis asam menggunakan asam sulfat (H₂SO₄) karena waktu yang dibutuhkan lebih singkat dan menghasilkan kristanilitas tinggi (Mohomane *et al.*, 2022). Konsentrasi H₂SO₄ yang lebih tinggi lebih mudah menembus dan mendegradasi fraksi amorf selulosa sehingga lebih sensitif terhadap pemutusan ikatan glikosidik dan menghasilkan struktur nanoselulosa dengan kristalinitas yang lebih tinggi (Sartika *et al.*, 2019). Namun, berbagai faktor berupa konsentrasi asam, waktu reaksi, dan suhu sangat berpengaruh sehingga perlu diperhatikan selama proses hidrolisis asam. Degradasi tidak terkendali dapat terjadi pada kondisi reaksi yang ekstrim. Kondisi reaksi yang ekstrim akan menghasilkan produk sampingan hidrolisis asam yang tidak diinginkan seperti gula (Lee *et al.*, 2014). Kristalinitas, rendemen, dan ukuran nanoselulosa juga akan terpengaruh apabila kondisi reaksi ekstrem terjadi. Degradasi total yang terjadi saat hidrolisis karena kondisi reaksi yang tidak sesuai akan dihasilkan larutan berwarna gelap (Faria *et al.*, 2020). Gambar 1 menunjukkan hasil uji PSA nanoselulosa yang telah disintesis. *Z-average* yaitu rata-rata ukuran partikel yang dihasilkan dari instrumen PSA sebesar 772,8 nm.



Gambar 1. Hasil Uji PSA Nanoselulosa

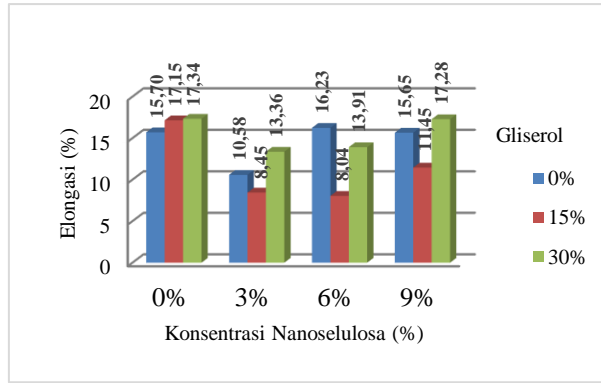
Hasil Uji Sifat Mekanik Bioplastik

Beban maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah bioplastik, sebelum bioplastik tersebut patah disebut kuat tarik (Cucina *et al.*, 2021). Nilai kuat tarik yang semakin besar menunjukkan bahwa bioplastik dapat menahan beban yang semakin berat. Pengujian kuat tarik dengan variasi nanoselulosa pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2 menunjukkan nilai kuat tarik yang dihasilkan cenderung naik. Hasil uji ini sesuai dengan penelitian Mahardika *et al.*, (2019) yang menyintesis bioplastik dari pati benguang dengan adanya penambahan nanoselulosa dari daun nanas dengan konsentrasi 0,0%; 0,5%;1%; 1,5%, 2,0% b/b menunjukkan kenaikan dari 3,9 MPa hingga 9,8 MPa. Hasil uji kuat tarik juga sesuai dengan penelitian Asrofi *et al.*, (2018) yang menyintesis bioplastik pati benguang dengan penambahan nanoselulosa serat eceng gondok diperoleh bahwan semakin tinggi konsentrasi nanoselulosa maka nilai kuat tarik semakin besar ditunjukkan dengan nilai kuat tarik dari 1,0 MPa; 1,8 MPa; 4,6 MPa; 4,1 MPa; 5,8 MPa dengan konsentrasi penambahan 0,0%;0,1%; 0,3%; 0,5%; 1,0 b/b. Nilai kuat tarik tertinggi yang didapatkan pada penelitian ini yaitu 1,89 MPa.



Gambar 2. Hasil Uji Kuat Tarik Bioplastik Berbasis Pati dengan Variasi Konsentrasi Nanoselulosa dan Konsentrasi Gliserol

Pengujian kuat tarik bioplastik dengan variasi gliserol pada penelitian ini menunjukkan nilai kuat tarik yang dihasilkan cenderung menurun, diperoleh semakin tinggi konsentrasi gliserol maka nilai kuat tarik semakin menurun. Hasil uji ini sesuai dengan penelitian Nasir & Othman, (2021) yang menyintesis bioplastik dari pati jagung dengan penambahan gliserol konsentrasi 20%; 30%; 40% b/b diperoleh kuat tarik 0,45 MPa menurun hingga 0,15 MPa. Hasil uji juga sesuai dengan penelitian Kanagesan *et al.*, (2022) yang menyintesis bioplastik dari alga dengan adanya penambahan gliserol konsentrasi 0%, 5%, 10%, 15% b/b didapatkan kuat tarik 14,96 MP;2,13 MPa;0,447 MPa;0,284 MPa. Penelitian dari Lusiana *et al.*, (2019) juga sesuai dengan penelitian ini dengan penambahan gliserol pada pati sago dengan konsentrasi 0,2% hingga 1,8% menunjukkan kuat tarik 13 MPa menurun hingga 1 MPa.



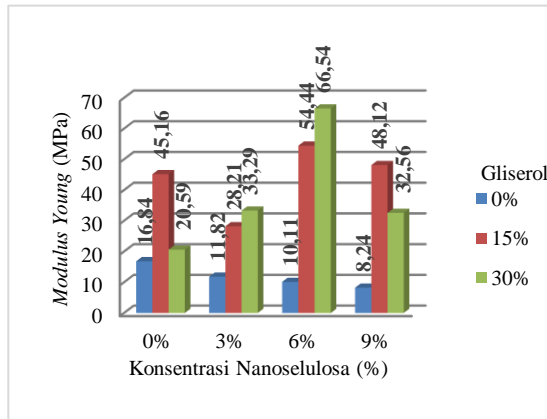
Gambar 3. Hasil Uji Elongasi Bioplastik Berbasis Pati dengan Variasi Konsentrasi Nanoselulosa dan Konsentrasi Gliserol

Kemampuan bioplastik meregang sebelum putus disebut elongasi. Elongasi menunjukkan fleksibilitas yang dinayatakan sebagai persentase perubahan panjang antara pegangan bioplastik untuk meregang (Ren *et al.*, 2017). Pengujian elongasi dengan variasi nanoselulosa pada penelitian ini menunjukkan nilai elongasi yang dihasilkan cenderung turun. Hasil uji penelitian menunjukkan semakin tinggi konsentrasi nanoselulosa maka nilai elongasi semakin kecil yang tampak pada Gambar 3. Hasil uji ini sesuai dengan penelitian (Mahardika *et al.*, 2019) yang mensintesis bioplastik dari pati bengkung dan adanya penambahan nanoselulosa dari daun nanas dengan konsentrasi 0%;0,5%; 1%;1,5%;2% b/b dihasilkan elongasi menurun dari 0,29% hingga 0,09 %. Hasil uji elongasi juga sesuai dengan penelitian Asrofi *et al.* (2018) yang mensintesis bioplastik pati bengkung yang terdapat penambahan nanoselulosa serat eceng gondok dengan konsentrasi 0%; 0,1%; 0,3%; 0,5%; 1% b/b diperoleh elongasi 108,5%; 69,1%; 28,2%; 41,1%; 27,4%.

Pengujian elongasi bioplastik dengan variasi gliserol menunjukkan nilai elongasi yang dihasilkan cenderung naik tampak pada Gambar 3. Hasil uji elongasi penelitian ini menunjukkan semakin tinggi konsentrasi gliserol maka nilai elongasi semakin besar Hasil uji ini sesuai dengan penelitian Nasir & Othman (2021) yang menyintesis bioplastik dari pati jagung dengan penambahan gliserol 20%, 30%, 40% b/b dihasilkan elongasi 16%, 19%, 20%. Hasil uji juga sesuai dengan penelitian Kanagesan *et al.* (2022) yang menyintesis bioplastik dari alga dengan adanya penambahan gliserol konsentrasi 0%,5%, 10%, 15% b/b didapatkan elongasi 0,86%; 9,745%; 10,83%; 17,44. Penelitian dari Lusiana *et al.* (2019) juga sesuai dengan penelitian ini dengan penambahan gliserol pada pati sago dengan konsentrasi 0,2% hingga 1,8% b/b menunjukkan elongasi 42% naik hingga 70%. Gliserol dapat merusak ikatan hidrogen, hal ini menyebabkan bertambahnya jarak antar partikel antar molekul sehingga meningkatkan nilai elongasi bioplastik (Nasir & Othman, 2021). Namun pada penelitian ini, hasil elongasi dari bioplastik dengan variasi konsentrasi nanoselulosa 3,6,9% dan gliserol 15% mengalami penurunan.

Modulus young merupakan sifat mekanik yang menunjukkan kekakuan bioplastik Almeida *et al.* (2021). Hasil yang didapatkan dari pengujian *modulus young* didapatkan grafik yang tidak beraturan. Hasil uji pada variasi nanoselulosa tidak sesuai dengan penelitian Mahardika *et al.* (2019) yang menyintesis bioplastik dari pati bengkung dengan adanya penambahan nanoselulosa dari daun nanas dengan konsentrasi 0%;0,5%; 1%;1,5%;2% b/b dihasilkan 300 MPa naik hingga 900 MPa. Namun, hasil uji *modulus young* sesuai dengan penelitian Muhammad *et al.* (2019) dengan menyintesis bioplastik pati singkong yang terdapat penambahan nanoselulosa kulit manggis dengan konsentrasi 0%, 4%, 10%, 19% b/v dihasilkan *modulus young* 26 MPa menurun hingga 19 MPa. Hasil uji *modulus young* sesuai dengan penelitian Gray *et al.* (2018) dengan penambahan nanoselulosa konsntrasi 0%, 1%, 2% menunjukkan *modulus young* tidak beraturan yaitu 400 MPa, 550 MPa, 450 MPa.

Pengujian *modulus young* bioplastik dengan variasi gliserol menunjukkan nilai *modulus young* yang dihasilkan tidak beraturan. Hasil uji ini tidak sesuai dengan penelitian Nasir & Othman (2021) yang menyintesis bioplastik dari pati jugung dengan penambahan gliserol konsentrasi 20%; 30%; 40% b/b diperoleh *modulus young* semakin menurun dari 6 MPa, 3 MPa, 1 MPa. Namun, hasil uji ini sesuai dengan penelitian Yu *et al.* (2017) yang memperoleh nilai *modulus young* tidak beraturan yaitu 21,56 MPa; 12,84 MPa; 16,15 MPa.

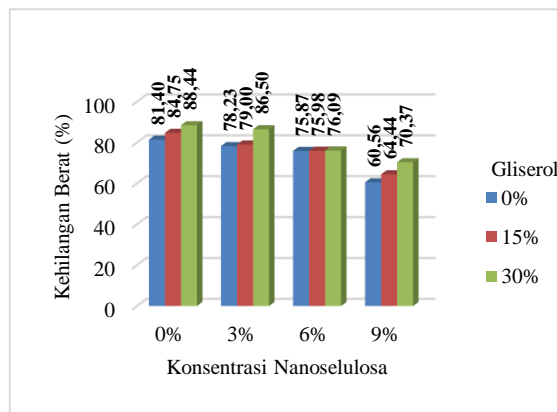


Gambar 4. Hasil Uji Sifat *Modulus Young* Bioplastik Berbasis Pati dengan Variasi Konsentrasi Nanoselulosa dan Konsentrasi Gliserol

Berdasarkan hasil pengujian sifat mekanik menunjukkan bahwa bioplastik yang diperoleh belum sesuai standar SNI. Hasil pengujian sifat mekanik masih memperoleh nilai yang belum berpengaruh signifikan dan grafik yang tidak beraturan. Hal ini disebabkan pati yang masih beraglomerasi sehingga ketebalan yang berbeda-beda pada setiap sisi. Konsentrasi terbaik yang diperoleh yaitu bioplastik berpasir pati bonggol pisang dengan konsentrasi nanoselulosa 9% dan gliserol 15% dengan nilai kuat tarik 1,83 MPa, elongasi 11,45% *modulus young* 48,12 MPa.

Hasil Uji Biodegradasi Bioplastik

Uji biodegradasi bioplastik bertujuan untuk mengetahui kemampuan bioplastik untuk terdegradasi oleh mikroorganismenya. Mikroorganismenya dalam proses biodegradasi berperan dalam mengubah senyawa kimia menjadi komponen yang lebih sederhana. Hasil analisis pengaruh penambahan variasi nanoselulosa dan zat pemlastis gliserol terhadap biodegradabilitas bioplastik dapat dilihat pada Gambar 5.

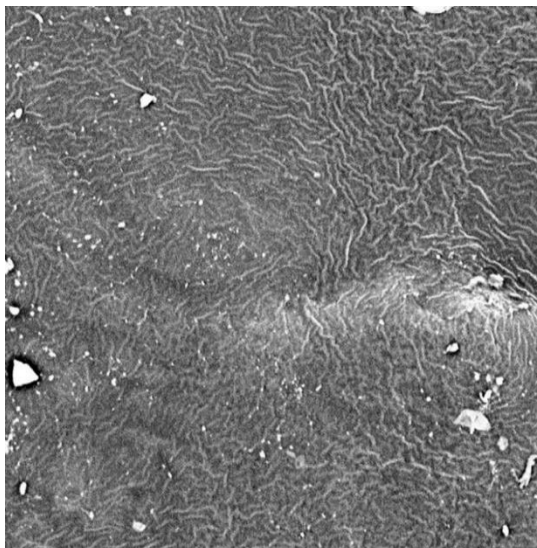


Gambar 5. Hasil Uji Biodegradasi Bioplastik Berbasis Pati dengan Variasi Konsentrasi Nanoselulosa dan Konsentrasi Gliserol

Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi gliserol akan menyebabkan persentase biodegradasi bioplastik hasil sintesis semakin besar. Sedangkan semakin tinggi konsentrasi nanoselulosa akan semakin rendah persentase biodegradasi bioplastik.

Analisis morfologi Bioplastik

Karakterisasi menggunakan SEM dilakukan pada bioplastik berbasis pati dengan penambahan nanoselulosa dan gliserol bertujuan untuk mengidentifikasi morfologi permukaan bioplastik yang telah berhasil disintesis. Hasil karakterisasi bioplastik menggunakan SEM ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Uji SEM Bioplastik Berbasis Pati dengan Penambahan Nanoselulosa

Berdasarkan Gambar 6 merupakan hasil analisis SEM bioplastik dengan perbesaran 5000 kali. Hasilnya ditunjukkan adanya partikel-partikel berbentuk batang beraturan dengan ukuran yang seragam. Partikel-partikel batang yang terlihat menunjukkan partikel nanoselulosa yang ditambahkan ke dalam campuran sebagai filler. Namun, hasil SEM menunjukkan masih terdapat aglomerasi dari pati. Pati yang beraglomerasi disebabkan proses pencampuran masih kurang merata sehingga kecepatan pengadukan perlu tambah.

Simpulan

Penambahan variasi nanoselulosa dan gliserol berpengaruh terhadap hasil karakteristik bioplastik yang dihasilkan. Penambahan nanoselulosa cenderung menambah kuat tarik bioplastik. Penambahan gliserol cenderung mempercepat biodegradasi bioplastik. Hasil uji yang didapat pada bioplastik yaitu nilai kuat tarik 1,83 MPa, elongasi 11,45% *modulus young* 48,12 MPa, persen kehilangan berat biodegradasi 64,44%.

Daftar Pustaka

- Aftaningsih, W. A., Zulfiana, A. H., & Mujiburohman, M. (2020). Pengaruh Suhu dan Penambahan Gliserol Terhadap Kualitas Plastik Biodegradable dari Pati Singkong (*Manihot Esculenta*) dan Pati Bonggol Pisang (*Musa Paradisiaca*). *Jurnal Intuisi Teknik Dan Seni*, 12(2), 12–19.
- Almeida, A. C. D. A., Pontes, J. G. D. M., Alvarenga, G. R., Finocchio, H., & Fill, T. P. (2021). The Sustainable Cycle of a New Cacao-Based Bioplastic: from Manufacturing to Exploitable Biodegradation Products. *RSC Advances*, 11(48), 29976–29985. <https://doi.org/10.1039/d1ra04432j>
- Ariyani, D., Warastuti, N., & Arini, R. (2021). Ecobrick Method To Reduce Plastic Waste In Tanjung Mekar Village, Karawang Regency. *Civil and Environmental Science*, 4(1), 22–29. <https://doi.org/10.21776/ub.civense.2021.00401.3>
- Asrofi, M., Abrial, H., Kasim, A., Pratoto, A., Mahardika, M., & Hafizulhaq, F. (2018). Characterization of the Sonicated Yam Bean Starch Bionanocomposites Reinforced by Nanocellulose Water Hyacinth Fiber (WHF): The effect of Various Fiber Loading. *Journal of Engineering Science and Technology*, 13(9), 2700–2715.
- Badessa, T. S., Wakuma, E., & Yimer, A. M. (2020). Bio-sorption for Effective Removal of Chromium(VI) from Wastewater Using *Moringa stenopetala* Seed Powder (MSSP) and Banana Peel Powder (BPP). *BMC Chemistry*, 14(71), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s13065-020-00724-z>
- Budirohmi, A., Ahmad, A., Firdaus, Taba, P., & Tahir, D. (2019). Isolation and Characterization Of Starch From The Hump Of Kepok Banana (*Musa balbisiana*. L) As A Precursor Of Biodegradable Polyurethane Synthesis. *Journal of Physics: Conference Series*, 1341(3), 1–10. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1341/3/032026>

- Cucina, M., de Nisi, P., Tambone, F., & Adani, F. (2021). The Role of Waste Management in Reducing Bioplastics' Leakage into the Environment: A Review. *Bioresource Technology*, 337, 125459. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125459>
- Faria, L. U. S., Pacheco, B. J. S., Oliveira, G. C., & Silva, J. L. (2020). Production of cellulose nanocrystals from pineapple crown fibers through alkaline pretreatment and acid hydrolysis under different conditions. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(6), 12346–12353. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.08.093>
- Gbadeyan, O. J., Fagbemi, O. D., Andrew, J., Adali, S., Glen, B., & Sithole, B. (2022). Cellulose Nanocrystals and Snail Shell-Reinforced Polyvinyl Alcohol Bioplastic Films: Additive Concentration Optimization and Mechanical Properties Assessment. *Journal of Applied Polymer Science*, 139(36), 1–12. <https://doi.org/10.1002/app.52839>
- Gray, N., Hamzeh, Y., Kaboorani, A., & Abdulkhani, A. (2018). Influence of cellulose nanocrystal on strength and properties of low density polyethylene and thermoplastic starch composites. *Industrial Crops and Products*, 115(November 2017), 298–305. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.02.017>
- Ho, M. C., Wu, T. Y., Chee, S. W. Q., Ngang, C. Y., Chew, I. M. L., Teoh, W. H., Md. Jahim, J., & Mohammad, A. W. (2019). An Application of Low Concentration Alkaline Hydrogen Peroxide at Non-Severe Pretreatment Conditions Together with Deep Eutectic Solvent to Improve Delignification of Oil Palm Fronds. *Cellulose*, 26(16), 8557–8573. <https://doi.org/10.1007/s10570-019-02646-z>
- Kanagesan, K., Abdulla, R., Derman, E., Sabullah, M. K., Govindan, N., & Gansau, J. A. (2022). A Sustainable Approach to Green Algal Bioplastics Production from Brown Seaweeds of Sabah, Malaysia. *Journal of King Saud University - Science*, 34(7), 102268. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102268>
- Karan, H., Funk, C., Grabert, M., Oey, M., & Hankamer, B. (2019). Green Bioplastics as Part of a Circular Bioeconomy. *Trends in Plant Science*, 24(3), 237–249. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.11.010>
- Kaur, B., Venkatrao, K. B., Panesar, P. S., Chopra, H. K., & Anal, A. K. (2022). Optimization of Ultrasound-Assisted Enzymatic Extraction of Resistant Starch from Green Banana Peels and Its Structural Characterization. *Journal of Food Science and Technology*, 59(12), 4663–4672. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05546-6>
- Lee, H. V., Hamid, S. B. A., & Zain, S. K. (2014). Conversion of Lignocellulosic Biomass to Nanocellulose: Structure and Chemical Process. *The Scientific World Journal*, 2014, 1–20.
- Lestari, R. A. S., Kasmiyatun, M., Dermawan, K., Aini, A. N., Riyati, N., & Putri, F. R. (2020). Bioplastic from Jackfruit Seeds and Rice. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 835(1), 1–10. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/835/1/012035>
- Lubis, M., Gana, A., Maysarah, S., Ginting, M. H. S., & Harahap, M. B. (2018). Production of Bioplastic from Jackfruit Seed Starch (*Artocarpus heterophyllus*) Reinforced with Microcrystalline Cellulose from Cocoa Pod Husk (*Theobroma cacao* L.) Using Glycerol As Plasticizer. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 309(1), 1–9. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/309/1/012100>
- Lusiana, S., Putri, D., Nurazizah, I. Z., & Bahrudin. (2019). Bioplastic Properties of Sago-PVA Starch with Glycerol and Sorbitol Plasticizers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1351(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1351/1/012102>
- Lusiana, S. W., Putri, D., Nurazizah, I. Z., & Bahrudin. (2019). Bioplastic Properties of Sago-PVA Starch with Glycerol and Sorbitol Plasticizers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1351(1), 012102. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1351/1/012102>
- Mahardika, M., Abral, H., Kasim, A., Arief, S., Hafizulhaq, F., & Asrofi, M. (2019). Properties of Cellulose Nanofiber/Bengkoang Starch Bionanocomposites: Effect of Fiber Loading. *LWT*, 116, 108554. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108554>
- Maria, E., Kusumawati, E., Regiana, A., & Suminar, D. R. (2020). Production Nanocellulose from Raw Materials for Oil Palm Empty Bunches (TKKS) with Hydrolysis and Freeze Drying Methods. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 742, 1–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/742/1/012033>
- Mohomane, S. M., Motloung, S. V., Koao, L. F., & Motaung, T. E. (2022). Effects of Acid Hydrolysis on The Extraction of Cellulose Nanocrystals (Cncs): A Review. *Cellulose Chemistry and Technology*, 56(7–

- 8), 691–703. <https://doi.org/10.35812/CelluloseChemTechnol.2022.56.61>
- Muhammad, A., Roslan, A., Sanusi, S. N. A., Shahimi, M. Q., & Nazari, N. Z. (2019). Mechanical Properties of Bioplastic form Cellulose Nanocrystal (CNC) Mangosteen Peel Using Glycerol as Plasticizer. *Journal of Physics: Conference Series*, 1349(1), 012099. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1349/1/012099>
- Murniati, A., Buchari, B., Gandasasmita, S., Nurachman, Z., & Nurhanifah, N. (2018). Characterization of Polyphenol Oxidase Application as Phenol Removal in Extracts of Rejected White Oyster Mushrooms (*Pleurotus ostreatus*). *Oriental Journal of Chemistry*, 34(3), 1457–1468. <https://doi.org/10.13005/ojc/340336>
- Nafiayanto, I. (2019). Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Limbah Bonggol Pisang Kepok Dengan Plasticizer Gliserol Dari Minyak Jelantah dan Komposit Kitosan Dari Limbah Cangkang Bekicot (*Achatina Fullica*). *Integrated Lab Journal*, 7(1), 75–89. <https://doi.org/https://doi.org/10.14421/ilj.2019.%25x>
- Nasir, N. N., & Othman, S. A. (2021). The Physical and Mechanical Properties of Corn-based Bioplastic Films with Different Starch and Glycerol Content. *Journal of Physical Science*, 32(3), 89–101. <https://doi.org/10.21315/jps2021.32.3.7>
- Nguyen, T. K., That, N. T. T., Nguyen, N. T., & Nguyen, H. T. (2022). Development of Starch-Based Bioplastic from Jackfruit Seed. *Advances in Polymer Technology*, 2022, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2022/6547461>
- Nurhabibah, S. A., & Kusumaningrum, W. B. (2021). Karakterisasi Bioplastik Dari K-Karagenan *Eucheuma Cottonii* Terplastisasi Berpenguat Nanoselulosa. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 43(2), 82–94. <https://doi.org/10.24817/jkk.v43i2.6808>
- Nurhaliza, Y., Nurulhaq, F., Yudhanto, S. M., & Suryanti, V. (2022). Edible Film from Microcrystalline Cellulose (MCC) of Waste Banana (*Musa paradisiaca*) Stem and Chitosan. *Journal of Physics: Conference Series*, 2190(1), 1–5. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2190/1/012027>
- Owi, W. T., Ong, H. L., Sam, S. T., Villagracia, A. R., Tsai, C. kuo, & Akil, H. M. (2019). Unveiling the Physicochemical Properties of Natural Citrus aurantifolia Crosslinked Tapioca Starch/Nanocellulose Bionanocomposites. *Industrial Crops and Products*, 139, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111548>
- Pandian, A. M. K., Rajamehala, M., Singh, M. V. P., Sarojini, G., & Rajamohan, N. (2022). Potential Risks and Approaches to Reduce The Toxicity of disinfection by-product – A review. *Science of The Total Environment*, 822, 153323. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153323>
- Pine, A. T. D., Base, N. H., & Angelina, J. B. (2021). Produksi dan Karakterisasi Serbuk Selulosa dari Batang Pisang (*Musa paradisiaca* L.). *Jurnal Kesehatan Yamasi Makasar*, 5(2), 115–120.
- Proshad, R., Kormoker, T., Islam, M. S., Haque, M. A., Rahman, M. M., & Mithu, M. M. R. (2018). Toxic Effects of Plastic on Human Health and Environment : A Consequences of Health Risk Assessment in Bangladesh. *International Journal of Health*, 6(1), 1–5. <https://doi.org/10.14419/ijh.v6i1.8655>
- Rahmawati, C., Aprilia, S., Saidi, T., Aulia, T. B., & Ahmad, I. (2022). Preparation and Characterization of Cellulose Nanocrystals from Typha sp. as a Reinforcing Agent. *Journal of Natural Fibers*, 19(13), 6182–6195. <https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1904486>
- Ren, L., Yan, X., Zhou, J., Tong, J., & Su, X. (2017). Influence of Chitosan Concentration on Mechanical and Barrier Properties of Corn Starch/Chitosan Films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105, 1636–1643. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.02.008>
- Sartika, D., Syamsu, K., Warsiki, E., & Fahma, F. (2019). Optimization of Sulfuric Acid Concentration and Hydrolysis Time on Crystallinity of Nanocrystalline Cellulose: A Response Surface Methodology Study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 355(1), 012109. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/355/1/012109>
- Schmitz, E., Francis, J., Gutke, K., Nordberg Karlsson, E., Adlercreutz, P., & Paulsson, M. (2021). Chemical and Biochemical Bleaching of Oat Hulls: The Effect of Hydrogen Peroxide, Laccase, Xylanase and Sonication on Optical Properties and Chemical Composition. *Biotechnology Reports*, 30, 1–42. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2021.e00624>

- Shrestha, P., Sadiq, M. B., & Anal, A. K. (2021). Development of Antibacterial Biocomposites Reinforced with Cellulose Nanocrystals Derived from Banana Pseudostem. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2021.100112>
- Simó-Cabrera, L., García-Chumillas, S., Hagagy, N., Saddiq, A., Tag, H., Selim, S., AbdElgawad, H., Arribas Agüero, A., Monzó Sánchez, F., Cánovas, V., Pire, C., & Martínez-Espinosa, R. M. (2021). Haloarchaea as Cell Factories to Produce Bioplastics. *Marine Drugs*, 19(3), 1–28. <https://doi.org/10.3390/md19030159>
- Sjofjan, O., Adli, D. N., & Syahputra, R. H. (2021). The Effect of Replacing Maize with Re-Binding Banana Hump Flour on The Meat Quality, Footpad Color, and Feather or Hybrid Duck. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 883(1), 1–4. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/883/1/012059>
- Sui, X., Meng, Z., Dong, T., Fan, X., & Wang, Q. (2023). Enzymatic Browning and Polyphenol Oxidase Control Strategies. *Current Opinion in Biotechnology*, 81, 102921. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2023.102921>
- Trache, D., Tarchoun, A. F., Derradji, M., Hamidon, T. S., Masruchin, N., Brosse, N., & Hussin, M. H. (2020). Nanocellulose: From Fundamentals to Advanced Applications. In *Frontiers in Chemistry* (Vol. 8, Issue 392). <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00392>
- Tristantini, D., Dewanti, D. P., & Sandra, C. (2017). Isolation and Characterization of α -Cellulose from Blank Bunches of Palm Oil and Dry Jackfruit Leaves with Alkaline Process NaOH Continued with Bleaching Process H₂O₂. *AIP Conference Proceedings*, 1904(1), 020001–1–020001–020006. <https://doi.org/10.1063/1.5011858>
- Verma, R., Vinoda, K. S., Papireddy, M., & Gowda, A. N. S. (2016). Toxic Pollutants from Plastic Waste- A Review. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 701–708. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.069>
- Wardah, I., & Hastuti, E. (2015). Pengaruh Variasi Komposisi Gliserol dengan Pati Dari Bonggol Pisang, Tongkol Jagung, Dan Enceng Gondok Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Plastik Biodegradable. *Jurnal Neutrino*, 7(2), 77–85. <https://doi.org/10.18860/neu.v0i2.2994>
- Yu, H. M., Gupta, A., Gupta, R., & Husain, S. B. (2017). Investigation of Bioplastic Properties Developed From Acrylate Epoxidized Soybean Oil Through Ring Opening Polymerization Process. *Journal of Chemical Engineering and Industrial Biotechnology*, 1(1), 29–41. <https://doi.org/10.15282/jceib.v1i1.3718>