

Pengaruh Variasi Konsentrasi Sorbitol dan Massa Selulosa terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Bioplastik

Sofiah¹⁾, Jaksen¹⁾, Siti Chodijah¹⁾, Taufikurrahman²⁾

¹⁾ Program Studi D-III Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

²⁾ Program Studi D-IV Teknik Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya

^{*)} *Correspondence Author*: sofiah@polsri.ac.id

Abstrak

Krisis lingkungan yang disebabkan oleh limbah plastik konvensional telah mendorong pengembangan bioplastik yang terbuat dari bahan alam terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah ampas kelapa dan eceng gondok sebagai sumber selulosa dalam produksi bioplastik ramah lingkungan. Metode yang digunakan adalah penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif, meliputi proses delignifikasi, pemutihan, formulasi bioplastik dengan penambahan kitosan, kaolin, dan sorbitol, serta pengujian karakteristik fisik bioplastik, seperti kekuatan tarik, elongasi, dan biodegradabilitas. Kegiatan dimulai dengan proses ekstraksi selulosa dari limbah ampas kelapa dan eceng gondok, dilanjutkan dengan pembuatan film bioplastik menggunakan metode *solvent casting* dengan penambahan variasi sorbitol sebagai *plasticizer*. Variasi perbandingan selulosa (1:1 dan 2:2 gram) dan sorbitol (2; 2,5; 3; 3,5; dan 4 mL) diuji untuk menentukan formulasi optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bioplastik dengan perbandingan selulosa 1:1 dan penambahan 4 mL sorbitol menghasilkan kekuatan tarik sebesar 0,0121 MPa, perpanjangan 26%, serta tingkat biodegradasi mencapai 57,30 %. Meskipun formulasi ini memberikan kinerja relatif lebih baik dibandingkan variasi lainnya, nilai kekuatan tarik yang diperoleh masih belum mencapai standar SNI 7188.7:2016. Penelitian ini menyimpulkan bahwa ampas kelapa dan eceng gondok memiliki potensi sebagai bahan baku bioplastik, sehingga menawarkan solusi alternatif untuk limbah plastik sambil meningkatkan pemanfaatan limbah organik lokal.

Kata Kunci: Bioplastik, Selulosa, Ampas Kelapa, Eceng Gondok.

PENDAHULUAN

Penggunaan plastik konvensional yang tidak terurai secara alami telah menyebabkan pencemaran lingkungan yang serius, terutama akibat akumulasi limbah plastik yang sulit terdegradasi. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup, Indonesia menghasilkan sekitar 5,4 juta ton sampah plastik setiap tahun atau sekitar 14% dari total produksi sampah (Aisha, 2023). Di samping itu, pembuatan plastik sintetis yang berasal dari bahan bakar fosil juga berperan dalam meningkatkan emisi karbon serta memperparah permasalahan krisis energi. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengembangan material alternatif yang lebih ramah lingkungan, seperti bioplastik berbahan alami yang mudah terurai (biodegradable), sebagai solusi strategis untuk menekan dampak negatif tersebut.

Salah satu bahan alami yang memiliki potensi besar adalah selulosa, yaitu biopolimer paling melimpah di alam yang tersusun atas rantai panjang glukosa dengan ikatan β -1,4-glikosidik sehingga mampu memberikan kekuatan mekanik yang baik (Sulcha, 2024). Limbah organik seperti ampas kelapa serta gulma air seperti eceng gondok diketahui mengandung selulosa dalam jumlah yang cukup tinggi, masing-masing sekitar 16% dan 60%. Perbedaan kadar selulosa tersebut menunjukkan adanya potensi karakteristik material yang berbeda, di mana eceng gondok cenderung memberikan kekuatan mekanik yang lebih tinggi, sedangkan ampas kelapa berpotensi meningkatkan fleksibilitas karena komposisi

lignoselulosanya (Lestari, 2021). Namun demikian, pemanfaatan kedua bahan tersebut secara bersamaan dalam satu sistem bioplastik masih belum banyak dikaji, khususnya terkait pengaruhnya terhadap keseimbangan sifat mekanik dan biodegradabilitas.

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengembangkan bioplastik berbasis pati, kitosan, maupun selulosa tunggal, namun hasilnya masih menunjukkan keterbatasan pada aspek kekuatan mekanik, ketahanan terhadap air, serta stabilitas material (Ramadhani, 2020). Selain itu, penggunaan satu jenis biomassa saja umumnya belum mampu menghasilkan sifat bioplastik yang optimal dan seimbang (Thakur et al., 2018). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan inovatif melalui penggabungan beberapa sumber biomassa serta penambahan bahan aditif guna meningkatkan kinerja material.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini menghadirkan kebaruan melalui pemanfaatan kombinasi limbah ampas kelapa dan eceng gondok sebagai sumber selulosa dalam pembuatan bioplastik. Formulasi ini dipadukan dengan penambahan sorbitol sebagai *plasticizer*, serta kaolin dan kitosan yang berperan sebagai bahan penguat sekaligus meningkatkan ketahanan terhadap air. Pendekatan ini diharapkan mampu mengatasi keterbatasan penelitian sebelumnya dengan menghasilkan bioplastik yang memiliki keseimbangan sifat antara kekuatan mekanik, fleksibilitas, dan kemampuan biodegradasi. Selain itu, penelitian ini juga berkontribusi dalam optimalisasi pemanfaatan limbah biomassa lokal serta mendukung implementasi konsep ekonomi sirkular.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen laboratorium untuk mengkaji pengaruh variasi konsentrasi selulosa dan sorbitol terhadap sifat fisik dan biodegradabilitas bioplastik. Menggunakan selulosa dari ampas kelapa dan eceng gondok sebanyak 2 gr dan 4 gr, dimana setiap gram variasi merupakan campuran dari selulosa ampas kelapa dan eceng gondok (1:1 dan 2:2 gr). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan campuran selulosa dan variasi penambahan volume sorbitol 2 mL, 2,5 mL, 3 mL, 3,5 mL dan 4 mL, terhadap pengaruh dari karakteristik plastik *biodegradable* agar dapat dihasilkan plastik yang baik dan sesuai dengan SNI 7188,7;2016 tentang Mutu plastik *biodegradable*. Berikut variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

Variabel tetap

- Kitosan = 2 gr
- Kaolin = 1 gr
- Asam asetat = 1 % dalam 100 ml Aquadest

Variabel bebas

- Massa selulosa ampas kelapa dan selulosa eceng gondok (gr) = 1 : 1 dan 2 : 2
- Volume sorbitol = 2 mL, 2,5 mL, 3 mL, 3,5 mL dan 4 mL

Prosedur Penelitian

Proses Pembuatan Selulosa dari Ampas Kelapa dan Eceng Gondok

Dari 3 kg ampas kelapa dan 4 kg eceng gondok yang telah dibersihkan, kedua bahan tersebut dikeringkan dengan sinar matahari dan kemudian dioven pada suhu 60°C selama 60 menit. Setelah kering, bahan dihaluskan dengan blender dan diayak menggunakan ayakan 60 mesh. Serbuk yang dihasilkan kemudian dimasak dengan NaOH 5% pada suhu 70-80°C selama 60 menit hingga menjadi bubur coklat kehitaman, yang kemudian disaring dan dicuci hingga pH netral. Sampel dikeringkan kembali di oven pada suhu 70°C, dihaluskan, lalu direndam dalam NaOCl 5% pada suhu 70°C selama 60 menit untuk proses pemutihan. Selulosa yang diperoleh disaring, dicuci, dikeringkan, dan terakhir diayak dengan ayakan 80 mesh.

Pembuatan Bioplastik

Bahan-bahan berupa selulosa ampas kelapa dan eceng gondok (dengan variasi perbandingan 1:1

dan 2:2 gram), kitosan 2 gram, kaolin 1 gram, serta sorbitol (2, 2.5, 3, 3.5, dan 4 mL) disiapkan dengan pelarut asam asetat 1% dalam 100 mL aquadest. Proses dimulai dengan melarutkan kitosan dalam 80 mL asam asetat pada suhu 70–80°C hingga homogen, sementara kaolin dilarutkan dalam 20 mL aquadest sisa pada suhu 50°C. Larutan kaolin kemudian dicampurkan ke dalam larutan kitosan hingga tergelatinisasi, lalu ditambahkan selulosa dan sorbitol sesuai variasi. Campuran dipanaskan sambil diaduk pada suhu 70–80°C selama 30 menit hingga mengental, kemudian dicetak pada cetakan kaca 15×20 cm dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama ± 2 hari. Bioplastik yang telah kering dipotong menjadi ukuran 10×2 cm untuk uji kuat tarik dan 3×3 cm untuk uji serap air serta biodegradasi, masing-masing sebanyak 10 sampel.

Parameter Pengamatan

Parameter yang akan diamati pada penelitian ini yaitu, pengujian sifat mekanik dengan menggunakan standar uji ASTM D638 (kuat tarik dan elongasi), ketebalan, serta uji biodegradasi.

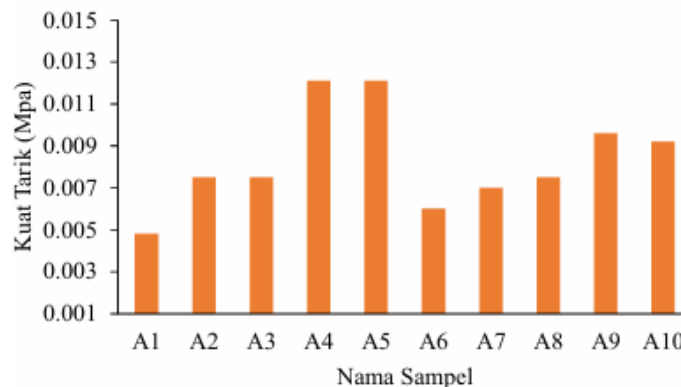
HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Hasil Produk Bioplastik

Hasil Uji Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Nilai kuat tarik diperoleh dari besarnya gaya maksimum yang mampu ditahan oleh sampel bioplastik hingga material tersebut mengalami kerusakan atau terputus. Berikut hasil analisa pengaruh variasi selulosa dan sorbitol terhadap uji kuat tarik yang dapat dilihat pada Gambar 2.



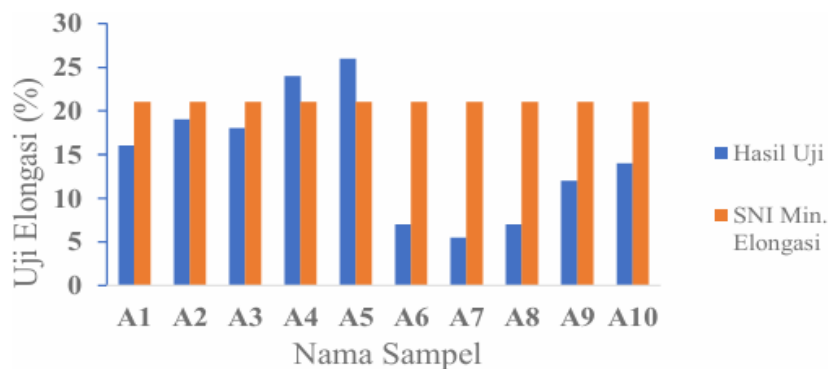
Gambar 2. Grafik Pengaruh Variasi Campuran Selulosa dan Plasticizer Sorbitol Terhadap Uji Kuat Tarik pada Bioplastik

Hasil uji kuat tarik menunjukkan bahwa formulasi dengan rasio selulosa ampas kelapa dan eceng gondok 1:1 dengan penambahan 4 mL sorbitol, 2 gr kitosan, dan 1 mL kaolin menghasilkan nilai

tertinggi sebesar 0,0121 MPa. Namun, nilai ini masih jauh di bawah standar SNI 7188.7:2016 (minimum 8,5 MPa). Rendahnya nilai kuat tarik tersebut diduga disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain interaksi antar matriks polimer yang belum optimal, distribusi filler yang kurang homogen, serta penggunaan sorbitol sebagai plasticizer yang cenderung meningkatkan fleksibilitas namun menurunkan kekuatan tarik. Selain itu, kemungkinan masih adanya kandungan lignin atau hemiselulosa yang tidak terdegradasi sempurna dalam bahan baku juga dapat menghambat pembentukan ikatan antar rantai selulosa, sehingga struktur bioplastik menjadi kurang kompak dan mudah mengalami deformasi saat diberi beban. Hal ini juga yang menunjukkan bahwa penambahan sorbitol dapat meningkatkan sifat mekanik bioplastik. Rasio selulosa 1:1 terbukti lebih stabil dalam mendistribusikan beban dibandingkan 2:2, yang cenderung menyebabkan kerapuhan.

Hasil Uji Daya Regang dan Fleksibilitas

Elongasi merupakan ukuran kemampuan suatu bahan untuk meregang ketika dikenai gaya tarik. Nilai perpanjangan putus digunakan untuk menilai tingkat elastisitas plastik, semakin tinggi nilai ini, maka semakin elastis plastik tersebut. Berikut pengaruh variasi campuran selulosa dan *plasticizer* sorbitol terhadap uji elongasi yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Variasi Campuran Selulosa dan Sorbitol Terhadap Uji Elongasi pada Bioplastik

Nilai tertinggi pada hasil analisis uji elongasi juga didapatkan pada formulasi 1:1 dengan 4 mL sorbitol, yaitu sebesar 26%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan sorbitol sebagai plasticizer mampu meningkatkan elastisitas bioplastik melalui pembentukan interaksi baru antara molekul sorbitol dan rantai polimer, sehingga mengurangi gaya tarik-menarik antar rantai polimer. Keberadaan sorbitol juga menurunkan tingkat kristalinitas dan meningkatkan mobilitas rantai polimer, yang menyebabkan struktur bioplastik menjadi lebih fleksibel dan lentur. Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa semakin tinggi proporsi selulosa yang ditambahkan, maka persentase elongasi bioplastik semakin menurun. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan selulosa berkontribusi terhadap penurunan elastisitas bioplastik. Penurunan ini disebabkan oleh sifat selulosa yang kaku akibat struktur kristalinnya serta adanya ikatan hidrogen yang kuat antar rantai.

Hasil analisa sejalan dengan hasil penelitian (Maladi, 2019), yang menjelaskan bahwa serat selulosa membatasi mobilitas rantai polimer, sehingga bioplastik menjadi lebih kaku (rigid) dan kurang lentur.

Hasil Uji Biodegradabilitas

Pengujian biodegradasi bertujuan mengukur kecepatan degradasi plastik *biodegradable* oleh mikroorganisme dalam suatu lingkungan. Tanah dipilih sebagai media uji karena mengandung beragam

mikroorganisme (seperti bakteri, jamur, dan alga) dalam jumlah besar, sehingga mampu mendukung proses degradasi secara optimal.

Uji biodegradasi untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan sampel film plastik sampai mengalami degradasi. Penentuan % biodegradasi menggunakan persamaan:

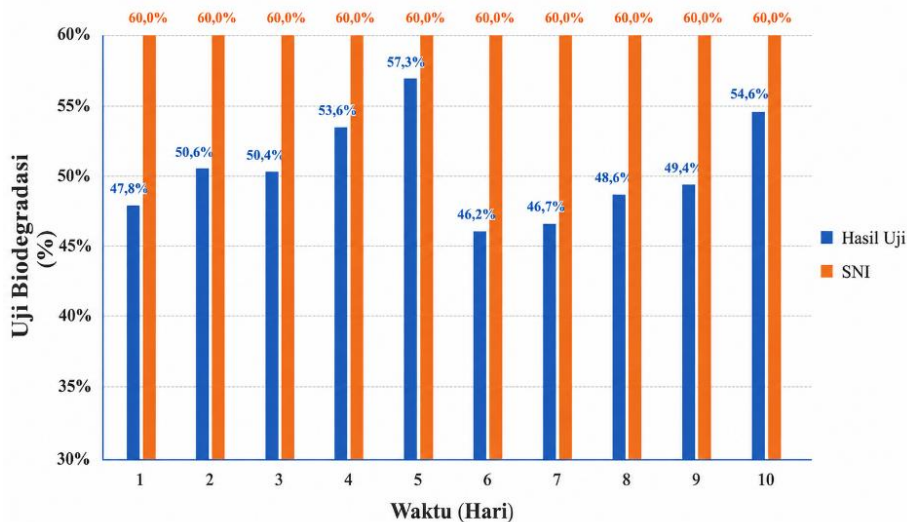
$$\text{Biodegradasi} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

W_1 : berat awal sampel

W_2 : berat akhir sampel

Pengamatan dilakukan sebanyak dua kali selama periode pengujian. Pengaruh variasi campuran selulosa dan sorbitol terhadap uji biodegradasi pada bioplastik dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Pengaruh variasi campuran selulosa dan sorbitol terhadap uji biodegradasi pada *bioplastik*

Berdasarkan analisa, pada hari ke-5 bioplastik masih belum mengalami perubahan yang terlalu signifikan, hanya saja berat bioplastik pada hari ke-5 terjadi pengurangan berat sekitar 10% sampai 30% dari berat awal bioplastik. Baru pada hari ke-10 pengujian, bioplastik menunjukkan perubahan fisik yang nyata. Warna bioplastik yang semula kuning berubah menjadi lebih kecoklatan, sementara struktur permukaannya menipis dibandingkan kondisi sebelum pengujian.

Namun, hasil analisa grafik menunjukkan persentase biodegradasi bioplastik belum memenuhi standar SNI 7188.7:2016 yang mensyaratkan tingkat biodegradasi minimal 60% dalam waktu satu minggu (7 Hari). Rendahnya nilai biodegradasi ini disebabkan oleh kandungan selulosa, kitosan, dan kaolin yang bersifat resisten terhadap penguraian mikroba. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Rohman, 2016), yang menjelaskan bahwa peningkatan kadar kitosan menyebabkan struktur molekul bioplastik menjadi lebih kompak karena sifat kitosan yang tahan terhadap degradasi mikrobial, sehingga menghambat proses penguraian.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi selulosa dari ampas kelapa dan eceng gondok, dengan bantuan sorbitol, kitosan, dan kaolin, dapat menghasilkan bioplastik dengan sifat fisik yang mendekati standar minimum untuk aplikasi ringan. Meskipun nilai kuat tarik belum memenuhi standar industri, pendekatan ini berkontribusi pada studi bahan alternatif dari biomassa lokal

dan memperluas pemahaman tentang interaksi formulasi bioplastik berbasis selulosa majemuk. Ini membuka peluang untuk penelitian lanjutan yang fokus pada optimasi formulasi dan aplikasi komersial berskala kecil.

KESIMPULAN

Produk bioplastik yang dihasilkan pada uji kuat tarik terbaik sebesar 0,0121 MPa pada variasi sampel A5, elongasi 26% pada variasi sampel A5, dan degradasi terbaik sebesar 57%. Hasil analisa berdasarkan SNI 7188.7:2016, sebagian variasi sampel masih belum memenuhi SNI, hal tersebut dikarenakan variasi yang digunakan masih kurang baik dan kurang optimal untuk ukuran bioplastik *biodegradable*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisha, N. W. (2023). Pengaruh bank sampah terhadap jumlah sampah plastik di Indonesia. *Jurnal Alternatif: Jurnal Ilmu Hubungan Internasional*, 14(1), 68–73.
<https://ejournal-jayabaya.id/Alternatif/article/view/57>
- Ariyanto, F. (2015). *Pemanfaatan sampah sabut kelapa dan eceng gondok sebagai media tumbuh utama jamur konsumsi* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
<https://repository.its.ac.id/71144/>
- Irwandani, N. (2022). *Studi awal pengujian biopolimer kulit singkong dengan crosslinker Cr³⁺ sebagai bahan alternatif dalam penanggulangan water coning* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
<https://repository.uir.ac.id/12043/1/173210725.pdf>
- Lestari, Y. P. I. (2021). *Optimasi Konsentrasi HCl pada Proses Hidrolisis untuk Pembuatan Maladi*, I. (2019). *Pembuatan bioplastik berbahan dasar pati kulit singkong (Manihot utilissima) dengan penguat selulosa jerami padi, polivinil alkohol dan bio-compatible zink oksida* (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta).
<https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/47669>
- Mikrokristalin Selulosa (MCC) dari Eceng Gondok*. *Journal of Innovation Research and Knowledge*. <https://bajangjournal.com/index.php/JIRK/article/view/1750>
- Nisah, K. (2023). *Pemanfaatan ekstrak chitin dari limbah kulit udang sebagai biokoagulan dan film bioplastik untuk menguraikan dampak pencemaran lingkungan*.
<https://share.google/sXBQXrFcx03e2yH>

- Rohman, M. A. (2016). *Pengaruh penambahan glutaraldehida terhadap karakteristik film bioplastik kitosan terplastis carboxy methyl cellulose (CMC)* (Doctoral dissertation, Universitas Airlangga).
<https://repository.unair.ac.id/57144/>
- Ramadhani, M. Y., & Hadianoro, S. (2020). *Review: Pengaruh Konsentrasi Larutan Kitosan sebagai Coating Agent terhadap Daya Serap Air pada Bioplastik dari Pati Singkong dan Gluten*. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 6(2). DOI: 10.33795/distilat.v6i2.136.
<https://jurnal.polinema.ac.id/index.php/distilat/article/view/2179>
- Sulkha, A. (2024). *Pembuatan bioplastik ramah lingkungan berbahan pati kentang dengan variasi komposisi selulosa ampas tebu* (Doctoral dissertation, UIN Sumatera Utara Medan).
<https://repository.uinsu.ac.id/23717/>
- Thakur, V. K., Thakur, M. K., & Raghavan, P. (2018). *Progress in Green Polymer Composites from Lignin for Multifunctional Applications: A Review*. *Carbohydrate Polymers*, 181, 118–134. Elsevier.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861717311145>