



Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu untuk Pembuatan Plastik *Biodegradable* dengan Metode *Melt Intercalation*

Utilization of Sugarcane Bagasses for Making Biodegradable Plastics with the Melt Intercalation Method

ELVI KUSTIYAH^{1,4*}, DIAH NOVITASARI¹, LARAS ANDIA WARDANI², HAUDI HASAYA²,
MURWAN WIDIANTORO³

¹Teknik Kimia Universitas Bhayangkara Jakarta Raya

²Teknik Lingkungan Universitas Bhayangkara Jakarta Raya

³Teknik Industri Universitas Bhayangkara Jakarta Raya

⁴Teknik Metalurgi Universitas Indonesia

*elvikustiyah@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received 17 November 2021

Accepted 14 July 2023

Published 31 July 2023

Keywords:

Sugarcane bagasses

Bioplastic

Melt intercalation

ABSTRACT

Bagasse is an environmental problem that has not been fully utilized yet. Meanwhile, bagasse has a relatively high cellulose content which has the potential as a basic material for bioplastics production. This study aims to obtain biodegradable plastic by utilizing bagasse. The melt intercalation method or phase inversion technique is carried out through evaporation of the solvent after the printing process on a glass plate. The results showed that for the manufacture of bioplastics with the addition of chitosan and glycerol plasticizer, the optimum concentration of bagasse cellulose was at a concentration of 5% (w/v) with a percent elongation of 8.53% and a tensile strength of 7.68 MPa. Furthermore, the Fourier Transform Infra-Red (FTIR) characterization shows that there are OH, CH, and C=O functional groups in biodegradable plastics which are the constituent elements of each component such as cellulose, hemicellulose and lignin.

INFORMASI ARTIKEL

Histori artikel:

Diterima 17 November 2021

Disetujui 14 Juli 2023

Diterbitkan 31 Juli 2023

Kata kunci:

Ampas tebu

Bioplastik

Melt intercalation

ABSTRAK

Ampas tebu menjadi suatu permasalahan lingkungan yang masih belum banyak dimanfaatkan. Sementara itu, ampas tebu memiliki kandungan selulosa yang relatif tinggi, sehingga dapat berpotensi sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan plastik *biodegradable* dengan memanfaatkan limbah ampas tebu. Metode *melt intercalation* atau teknik inversi fase dilakukan melalui penguapan pelarut setelah proses pencetakan pada pelat kaca. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembuatan bioplastik dengan penambahan kitosan dan *plastisizer* gliserol, didapatkan konsentrasi optimum selulosa ampas tebu yaitu pada konsentrasi 5% (b/v) dengan persen *elongation* 8,53% dan kekuatan tarik 7,68 MPa. Selanjutnya, karakterisasi *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) menunjukkan bahwa terdapat gugus fungsi OH, CH dan C=O pada plastik *biodegradable* yang merupakan unsur penyusun komponen masing-masing seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin.

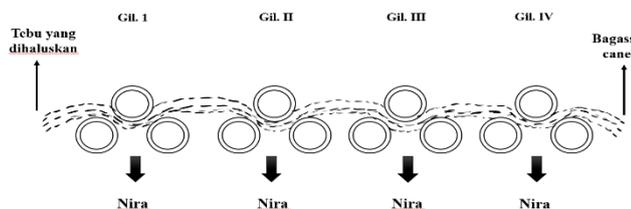
1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biopolimer merupakan solusi untuk memenuhi kebutuhan dunia akan bioplastik, baik sebagai kemasan maupun untuk produk pengganti plastik lainnya. Biopolimer merupakan produk plastik yang berbasis dari bahan alam sehingga memiliki sifat mudah terdegradasi secara alamiah dengan bantuan bakteri melalui proses biodegradasi. Penggunaan plastik biopolimer layaknya penggunaan plastik konvensional, tetapi plastik ini akan hancur terurai oleh serangan mikroorganisme maupun kondisi cuaca. Plastik biopolimer ini jika dibuang ke lingkungan, maka tidak meninggalkan jejak sampah karena bahannya dapat terurai secara sempurna di alam. Plastik biopolimer dapat diperoleh dengan melalui penambahan jenis biopolimer lainnya serta campuran selulosa dan gelatin untuk memperbaiki kekurangan dari sifat plastik biopolimer itu sendiri.

Sementara itu, ampas tebu sebagai salah satu hasil samping produk pertanian yang berpotensi dapat digunakan sebagai bahan baku biopolimer. Ampas tebu adalah hasil produksi limbah atau *non-product output* yang dihasilkan dari industri perkebunan tebu. Ampas tebu sangat mudah dijumpai karena termasuk salah satu limbah utama di industri gula. Ampas tebu ini merupakan limbah yang memiliki kandungan selulosa 45,96%, hemiselulosa 20,37% dan lignin 21,56% (Kalsum et al., 2020).

Ampas tebu diperoleh dengan melewati berbagai proses seperti di Gambar 1. Dimulai dari panen tebu dari petani, selanjutnya melewati beberapa proses sampai diperoleh *bagasse cane* atau limbah ampas tebu yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal, sehingga memerlukan penanganan lebih lanjut.



Gambar 1. Proses penggilingan tebu

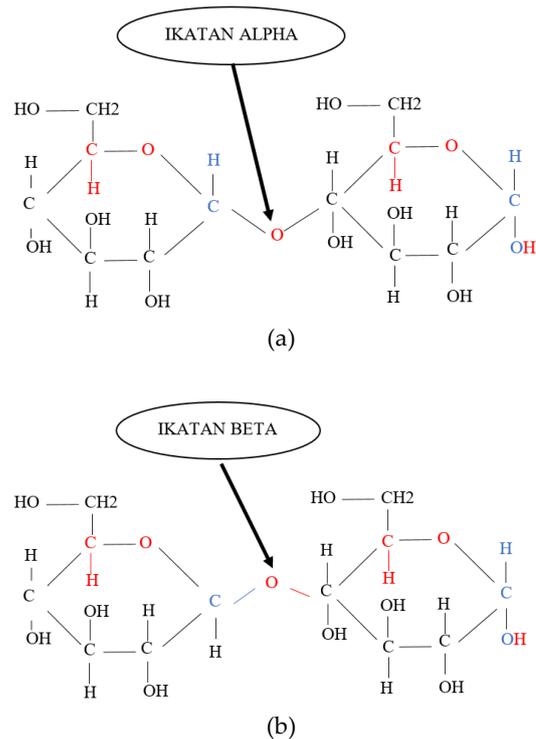
Limbah yang dipergunakan pada penelitian ini adalah hasil ampas tebu yang berasal dari proses penggilingan keempat sehingga ukuran partikel ampas tebu ini menjadi lebih kecil, sekitar 100 mesh (Harunsiyah et al., 2020). Dalam ukuran mikro, ampas tebu memiliki susunan kompleks dengan konsentrasi selulosa yang relatif tinggi sekitar 45%. Kandungan selulosa limbah tebu lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan lain seperti limbah kulit buah pinang yang mengandung 34,18% selulosa (Tamiogy et al., 2019). Selulosa yang berasal dari ampas tebu tersebut berbentuk seperti serabut, namun tidak larut di dalam air. Hal ini terjadi karena ampas tebu memiliki dinding sel yang berfungsi sebagai pelindung jaringan tumbuhan terutama pada bagian tangkai batang, dahan, dan lain-lain, terutama pada jenis tumbuhan berkayu. Oleh sebab itu, hasil limbah yang berupa ampas tebu dari proses penggilingan ke empat tersebut sangat potensial untuk digunakan sebagai bahan

baku alternatif untuk material komposit plastik biopolimer (Shih, et al. 2009).

Selulosa terdiri atas dua jenis, yaitu (Ciolacu et al., 2011):

1. selulosa α , jenis selulosa ini adalah selulosa yang memiliki rantai panjang dan bersifat tidak larut dalam larutan NaOH encer ataupun larutan basa kuat. Selulosa jenis ini memiliki derajat polimerisasi sebesar 600–1500.
2. selulosa β , di mana selulosa jenis ini adalah selulosa yang memiliki rantai pendek dan bersifat larut dalam larutan NaOH encer ataupun larutan basa kuat. Selulosa jenis ini memiliki derajat polimerisasi sebesar 15–90.

Perbedaan antara selulosa α dan β dapat dilihat di Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk ikatan selulosa (a) ikatan α dan (b) ikatan β (Ciolacu et al., 2011)

Bahan biopolimer berbasis ampas tebu ini memiliki sifat kaku, sehingga untuk memenuhi sifat fleksibilitasnya sebagai polimer diperlukan penambahan *plasticizer*. Salah satu *plasticizer* yang digunakan pada penelitian ini adalah gliserol. Penggunaan gliserol sudah dipelajari oleh Santana et al. (2018) untuk bioplastik berbasis *starch*. Gliserol berguna untuk meningkatkan elastisitas plastik biopolimer, dengan cara mengurangi derajat ikatan hidrogennya serta meningkatkan jarak antara molekul-molekul polimernya. Penggunaan gliserol sebagai *plasticizer* yang bersifat hidrofilik juga dapat meningkatkan kelarutan plastik biopolimer di dalam air (Bergo dan Sobral, 2007). Pada proses selanjutnya, biopolimer berbasis selulosa ampas tebu ini masih kurang kuat secara mekanis, sehingga masih memerlukan penguat tambahan. Dalam hal ini, beberapa peneliti seperti Ningrum et al., (2019) serta Susilowati dan Lestari (2019) menyarankan penggunaan kitosan sebagai penguat.

Rumus molekul kitosan adalah $[C_6H_{11}NO_4]_n$ dan memiliki bobot molekul sebesar $2,5 \times 10^{-5}$ Dalton. Kitosan, jika dilihat dalam kasat mata, berbentuk serpihan dengan warna putih kekuningan, tidak memiliki bau, dan tidak memiliki

rasa. Kitosan digunakan sebagai bahan tambahan yang berfungsi untuk penguat. Penambahan kitosan dapat menyebabkan permeabilitas oksigen dari film plastik biopolimer tersebut meningkat. Permeabilitas oksigen yang meningkat juga akan diiringi dengan meningkatnya viskositas kitosan, namun tidak mempengaruhi tingkat transmisi uap air.

Metode *melt intercalation* dipertimbangkan untuk digunakan dalam pembuatan plastik biopolimer karena merupakan metode yang ramah lingkungan. Selain itu, metode *melt intercalation* juga digunakan karena metode ini tidak memerlukan penambahan pelarut organik. Penggunaan pelarut organik pada pembuatan plastik biopolimer dapat menjadi limbah yang mencemari lingkungan nantinya (Ningsih et al., 2019). Telah banyak penelitian sebelumnya yang berhasil menggunakan metode ini dalam pembuatan biopolimer, yaitu melalui sintesis pada pati ubi jalar (Aripin et al., 2017), pati umbi talas (Naki et al., 2021), pati umbi ubi ungu (Albar et al., 2021) dan limbah biji mangga (Septiosari et al., 2014). Pada penelitian Aripin et al. (2017), sintesis pati ubi jalar menggunakan *melt intercalation* menghasilkan biopolimer yang cukup baik dengan kuat tarik 19,23 MPa dan variasi terbaik pada 0,5% gliserol. Selain itu, penelitian Naki et al. (2021) dengan metode yang sama dan menggunakan sintesis pati umbi talas, menghasilkan kuat tarik terbaik pada variasi sampel *clay* 0,4 gr dengan hasil 37,5 MPa. Sementara itu, penelitian Albar et al. (2021) dengan bahan sintesis pati umbi ubi ungu menunjukkan hasil terbaik 1,5369 MPa dalam variasi kitosan 0%, dan penelitian Septiosari et al. (2014) yang menggunakan limbah biji mangga menghasilkan uji kuat tarik terbaik 6,2551 MPa dalam variasi gliserol 15%. Dengan meninjau hasil penelitian sebelumnya, penelitian kami menggunakan metode yang sama bertujuan untuk melakukan pembuatan biopolimer melalui sintesis pati pada limbah ampas tebu.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan plastik *biodegradable* dengan memanfaatkan limbah ampas tebu.

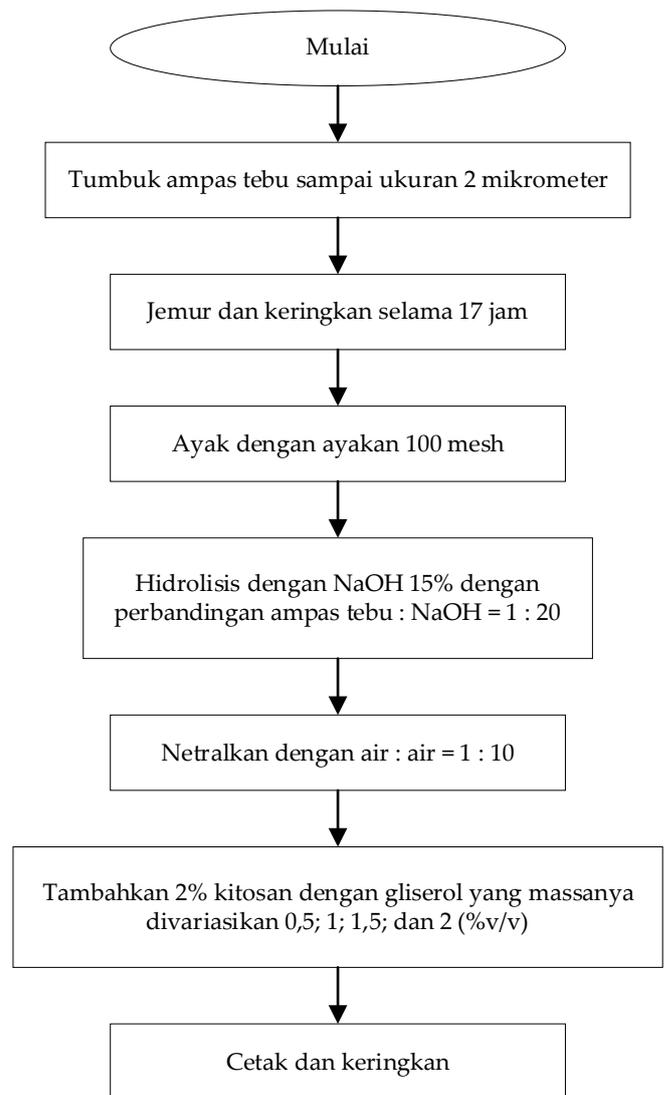
2. BAHAN DAN METODE

2.1 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini di antaranya: ampas tebu, kitosan, *plasticizer* gliserol, asam asetat, akuades, dan natrium hidroksida. Sedangkan alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya: ayakan 100 *mesh*, oven, spatula, neraca analitik, *magnetic stirrer*, gelas beker, blender, cetakan ukuran 20 × 20cm, dan *aluminium foil*.

2.2 Metode

Metode yang dilakukan pada penelitian ini dibagi atas tiga bagian yaitu, (1) preparasi pembuatan selulosa dari ampas tebu, (2) pembuatan bioplastik, dan (3) karakterisasi fisikokimia, yang selanjutnya akan diuraikan sebagai berikut:



Gambar 3. Tahapan pembuatan bioplastik dengan metode *melt intercalation*

2.2.1 Preparasi Pembuatan Selulosa dari Ampas Tebu

Preparasi pembuatan selulosa dengan bahan dasar dari ampas tebu dibagi menjadi beberapa tahapan, dimulai dengan ampas tebu dipotong-potong menjadi kurang lebih sebesar 1 cm. Ampas tebu yang telah dipotong-potong selanjutnya dicuci dengan air hingga bersih, dan dibilas kembali dengan menggunakan akuades. Ampas tebu yang telah bersih tersebut, selanjutnya dijemur di bawah terik matahari selama satu hari, dan dilanjutkan kembali pengeringannya menggunakan oven dengan suhu 90 °C selama 17 jam hingga kering. Ampas tebu yang kering tersebut selanjutnya diblender hingga halus dan diayak dengan pengayak ukuran 100 *mesh*. Hasil ayakan ampas tebu yang sangat halus tersebut siap untuk diproses lebih lanjut.

Proses selanjutnya adalah penimbangan ampas tebu halus sebanyak 20 gram yang dimasukkan ke dalam beker gelas 1.000 ml. Lalu ditambahkan larutan NaOH 15% dengan perbandingan 1:20 dengan air sebanyak 1.000ml. Larutan tersebut kemudian dipanaskan dengan suhu 110 °C selama 4 jam. Selanjutnya larutan tersebut disaring hingga terpisah antara larutan dengan endapan. Endapan yang diperoleh selanjutnya dicuci dengan air bersih dan dikeringkan pada

suhu 100 °C. Padatan kering yang dihasilkan selanjutnya dihidrolisis dengan menggunakan HCl 0,1 M sebanyak 200 ml (perbandingan 1:10). Setelah tahap hidrolisis dengan HCl, selanjutnya endapan dipanaskan kembali dengan suhu 105 °C selama 1 jam. Lalu, endapan yang dihasilkan dicuci kembali dengan menggunakan akuades hingga netral.

2.2.2 Pembuatan Bioplastik dengan Metode Melt Intercalation

Pembuatan plastik biopolimer ini menggunakan prinsip dasar termodinamika larutan. Hal ini ditunjukkan dengan keadaan larutan yang awalnya stabil menjadi tidak stabil karena terjadinya perubahan fase (*demixing*) dari air menjadi padat. Perubahan fase menjadi padat atau proses pemadatan, terjadi karena adanya transisi fase satu cair ke fase dua cair (*liquid-liquid demixing*). Proses pembuatan plastik biopolimer ini dilakukan dengan melalui penambahan bahan gliserol dan kitosan. Penambahan gliserol dengan beberapa variasi konsentrasi sebesar 0,5; 1; 1,5; dan 2 (%v/v), serta mencampurkannya 2% kitosan. Pembuatan bioplastik dengan variasi gliserol 0,5 ml dilakukan dengan mencampurkan kitosan dengan 100 ml akuades. Asam asetat 1% juga dicampurkan ke dalam larutan tersebut untuk melarutkan kitosan dengan sempurna. Selanjutnya ampas tebu sebanyak 4 gram dimasukkan dan dipanaskan pada suhu 90 °C, dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 40 menit. Setelah proses pemanasan tersebut, terlebih dahulu didiamkan selama kurang lebih selama 7 menit untuk mencegah terbentuknya gelembung-gelembung pada plastik biopolimer ini. Selanjutnya campuran tersebut dituangkan pada cetakan yang berbahan pelat kaca dengan ukuran 20 × 20cm. Cetakan yang telah terisi tersebut dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 60 °C selama 7 jam. Untuk variasi lain, campuran gliserol 1 ml dikeringkan di oven selama 10 jam, sedangkan gliserol 1,5 ml di oven selama 5 jam dan gliserol 2 ml di oven selama 6 jam. Tahap terakhir yaitu mengeluarkan campuran dari oven, kemudian dibiarkan pada suhu kamar hingga campuran dapat dilepas dari cetakan.

2.2.3 Karakterisasi Fisikokimia

- Uji FTIR (*Fourrier Transform Infra Red*)
Bioplastik yang telah dibuat selanjutnya dilakukan uji karakterisasi dengan menggunakan instrumen FTIR dengan spektrum 100-Perkin Elmer. Uji FTIR ini akan menampilkan gugus-gugus fungsi yang berada di dalam kandungan plastik biopolimer. Pengujian dilakukan dengan mengambil sampel yang dibentuk menjadi pelet dan dimasukkan ke dalam *tablet holder* yang sudah dilapisi pelet KBr. Selanjutnya, sampel dimasukkan ke dalam instrumen FTIR yang selanjutnya direkam dengan inframerah.

- Uji Kuat Tarik
Uji kuat tarik dilakukan untuk bioplastik hasil sintesis diawali dengan mengukur bioplastik dengan ukuran 25 × 20cm. Selanjutnya, bioplastik direndam di dalam akuades hingga mengembang. Setelah itu, bioplastik yang mengembang akan ditarik dengan menggunakan *Tensile Strength Analyzer*. Hasil kuat tarik dapat ditentukan dengan pemilihan beban maksimum hingga bioplastik tersebut tertarik hingga robek. Rumus uji kuat tarik dapat dilihat pada persamaan 1, sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F_{Max}}{A_0} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- σ = kuat tarik (N/m²)
- F_{max} = gaya maksimum (N)
- A_o = luas penampang awal (m²)

- Uji Elongasi
Bioplastik hasil sintesis ditentukan persen regangannya atau kekuatan tariknya dengan menggunakan *Tensile Strength Analyzer* melalui uji elongasi. Persen pemanjangannya atau elongasi didasarkan atas pemanjangan bioplastik saat putus. Uji Elongasi dapat dihitung menggunakan Persamaan 2 seperti di bawah ini:

$$\epsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

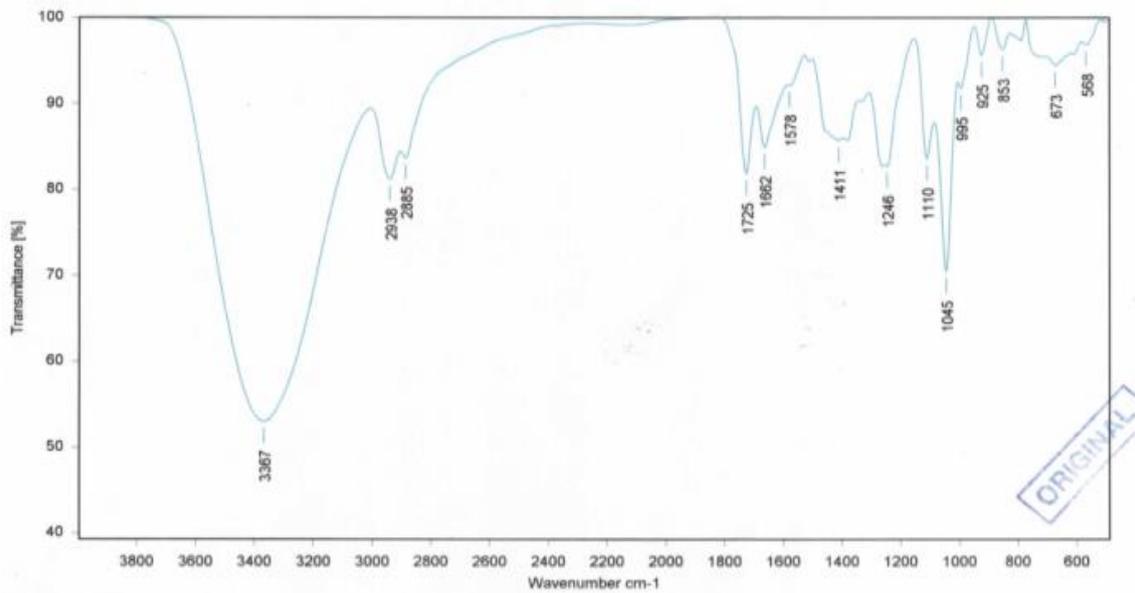
- ε = persen elongasi (%)
- L₀ = panjang awal benda uji (m)
- L₁ = panjang akhir benda uji (m)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

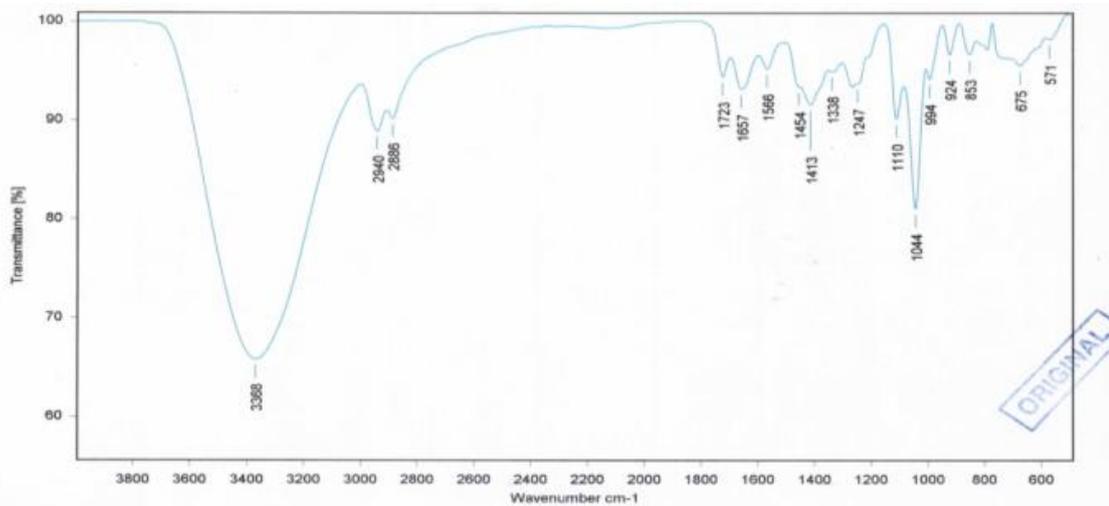
Plastik biopolimer atau bioplastik yang dihasilkan dari penelitian ini merupakan hasil dari variasi massa gliserol 0,5; 1; 1,5; dan 2 (%v/v). Hasil masing-masing variasi tersebut dicetak dengan ukuran 20 × 20 cm dan selanjutnya dikeringkan pada oven dengan suhu 60 °C. Bioplastik yang telah kering tersebut selanjutnya dilakukan uji karakterisasi fisikokimia, yaitu uji spektrometer FTIR dan Uji *Tensile Strength*/elongasi. Analisa dari hasil uji karakterisasi dapat ditinjau pada subbab berikut:

3.1 Analisa FTIR (*Fourrier Transform Infra Red*)

Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian FTIR sampel biopolimer berbasis selulosa ampas tebu dengan variasi gliserol 0,5% dan 2%. Rincian mengenai hasil panjang gelombang yang dihasilkan oleh bioplastik yang tersintesis dan terbaca oleh instrumen FTIR dapat dilihat pada Tabel 1.



(a)



(b)

Gambar 4. Spektrum FTIR ampas tebu dengan gliserol (a) 0,5% dan (b) 2%

Tabel 1. Hasil analisa FTIR terhadap gugus utama biopolimer dan campurannya

Komponen	Panjang gelombang (cm ⁻¹)		
	-OH	-CH	-NH
Kitosan	3382	2920	1657
Pati (ampas tebu)	3388	2929	-
Gliserol	3286	2880-2935	-
Pati+Kitosan+0,5% Gliserol	3367	2938	1662
Pati+Kitosan+2 % Gliserol	3368	2940	1657

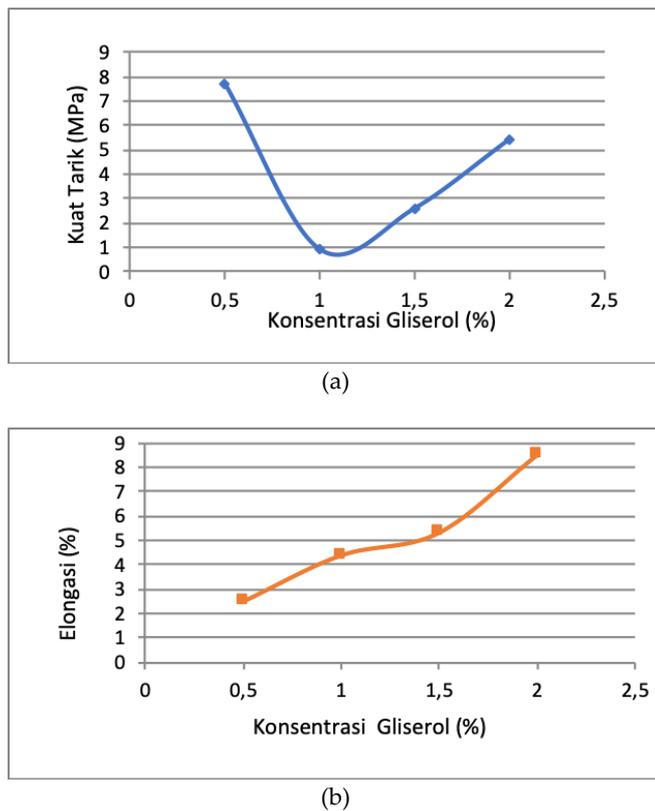
(Sumber: Shih *et al.*, 2009)

Jika dibandingkan dengan penelitian Shih *et al.* (2009) dengan hasil FTIR sampel penelitian menunjukkan bahwa sampel bioplastik tersebut memiliki kemiripan dengan gugus -OH dari kitosan, pati, dan gliserol; gugus -CH dari kitosan, pati, dan gliserol; dan gugus -NH dari kitosan. Berdasarkan Gambar 4, terlihat bahwa penambahan ampas tebu dan gliserol tidak menunjukkan terbentuknya gugus fungsi baru. Proses pembuatan bioplastik kitosan-pati yang disertai penambahan aditif merupakan proses *blending* secara fisika

(Hermansyah dan Marbun, 2012). Setiap penambahan pati dan gliserol pada bioplastik ini akan menurunkan nilai transmisi yang artinya tidak adanya reaksi kimiawi dan ikatan yang terbentuk antara pati dengan kitosan atau kitosan-pati-dan aditif.

3.2 Sifat Mekanis

Hasil penelitian menunjukkan kesesuaian antara gliserol dan elastisitas biopolimer membuat film biopolimer semakin elastis (Gambar 6). Hal ini dikarenakan gliserol yang berfungsi sebagai *plasticizer* atau aditif dapat memberikan efek lentur pada bioplastik. Nilai uji elongasi perobekan dapat meningkat, namun nilai kekakuan polimer atau *tensile strength* menjadi menurun atau kecil. Gambar 5 menjelaskan tentang (a) grafik hubungan antara konsentrasi gliserol dengan *tensile*, dan (b) grafik hubungan antara konsentrasi gliserol dengan elongasi dari biopolimer pati berbasis limbah tebu.



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi gliserol sebagai *plasticizer* terhadap (a) *tensile* (kuat tarik) dan (b) elongasi biopolimer

Dari Gambar 5 tersebut, penambahan konsentrasi *plasticizer* gliserol dapat mempengaruhi sifat mekanik bioplastik. Hal ini dapat dibuktikan dengan meningkatnya kuat tarik dan elongasi. Pada (Gambar 5a), bioplastik dengan konsentrasi *plasticizer* gliserol 0,5% mempunyai kuat tarik sebesar 7,68 MPa, sedangkan pada konsentrasi *plasticizer* gliserol 1% mengalami penurunan dengan nilai kuat tarik 0,93 MPa, selanjutnya pada *plasticizer* gliserol 1,5% naik kembali dengan kuat tarik 2,61 MPa, kemudian terakhir, *plasticizer* gliserol 2% mempunyai kuat tarik 5,43 MPa. Sedangkan (Gambar 5b) menunjukkan peningkatan nilai elongasi seiring dengan penambahan konsentrasi gliserol, seperti gliserol 0,5% dengan nilai elongasi 2,54 %, gliserol 1% dengan nilai elongasi 4,42%, gliserol 1,5% dengan nilai elongasi 5,35% dan terakhir gliserol 2% dengan nilai elongasi 8,53%. Sedangkan untuk *tensile strength* (kuat tarik) bioplastik menunjukkan pada konsentrasi gliserol 1% mengalami penurunan, tetapi pada gliserol 1,5% mengalami kenaikan seiring bertambahnya konsentrasi gliserol.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa hasil optimum bioplastic adalah sebesar 8,53% untuk uji *elongation* dan 7,68 MPa untuk uji tarik, yang didapat dari variasi penambahan kitosan dan *plasticizer* gliserol 0,5% dengan konsentrasi selulosa ampas tebu 5% (b/v). Sedangkan tinjauan secara mikro dengan karakterisasi FTIR menghasilkan grafik untuk gugus-gugus fungsi OH, CH, dan C=O pada *biodegradable* plastik yang merupakan unsur

penyusun komponen masing-masing yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin.

PERSANTUNAN

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang besar kepada Universitas Bhayangkara Jakarta Raya sebagai tempat afiliasi penulis atas dukungan atas pembiayaan publikasi penelitian, dan tak lupa ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada semua pihak yang terlibat dan ikut membantu proses penelitian ini sehingga menjadi suatu publikasi yang dapat berguna untuk aplikasi teknologi bioplastik yang ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Albar, A., Rahmaniah, R. & Ihsan, I. (2021). Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Pati Umbi Uwi Ungu, Plasticizer Gliserol dan Kitosan. *Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi*, 15(3), 253–257. doi: 10.24252/teknosains.v15i3.20183.
- Aripin, S., Saing, B., & Kustiyah, E. (2017). Studi pembuatan bahan alternatif plastik biodegradable dari pati ubi jalar dengan plasticizer gliserol dengan metode melt intercalation. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 6(2), 79–84. doi: 10.22441/jtm.
- Bergo, P. & Sobral, P. J. A. (2007). Effects of plasticizer on physical properties of pigskin gelatin films. *Food Hydrocolloids*, 21(8), 1285–1289. doi: 10.1016/j.foodhyd.2006.09.014.
- Ciolacu, D., Ciolacu, F. & Popa, V. I. (2011). Amorphous cellulose - Structure and characterization', *Cellulose Chemistry and Technology*. 45(1–2), 13–21.
- Harunsyah, H., Sari, R., Yunus, M., Fauzan, R. (2020). Pemanfaatan Serat Ampas Tebu Sebagai Bahan Biodegradable foam Pengganti Styrofoam Sebagai Bahan Kemasan Makanan Yang Ramah Lingkungan. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 4(1), 135–140.
- Hermansyah, H. & Marbun, E. S. (2012). Sintesis Bioplastik Dari Pati Ubi Jalar Dengan Penguat Logam ZnO dan Penguat Alami Clay. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Kalsum, U., Robiah, R. & Yokasari, Y. (2020). Pembuatan Bioplastik Dari Ampas Tahu Dan Ampas Tebu Dengan Pengaruh Penambahan Gliserol Dan Tepung Maizena. *Jurnal Distilasi*, 5(2), 34–37. doi: 10.32502/jd.v5i2.3031.
- Naki, M. S., & Wake, I. A. M. (2021). Pemanfaatan pati umbi talas (*Colocasia esculenta* L.) sebagai bahan pembuatan bioplastik. *Action Research Literate (ARL)*, 5(1), 7–13. <https://doi.org/10.46799/arl.v5i1.6>.
- Ningrum, E. O., Ardiani, L., Rohmah, N.A., Puspita, N.F. (2019). Modifikasi Biokomposit Kitosan dari Cangkang Rajungan (*Portunus Pelagicus*) dan Pektin untuk Aplikasi Edible Film. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, Jurusan Teknik Kimia, (April), 4–9.
- Ningsih, E. P., Ariyani, D., Sunardi. (2019). Pengaruh

- Penambahan Carboxymethyl Cellulose Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Ubi Nagara (*Ipomoea batatas* L.). Indonesian Journal of Chemical Research, 7(1), 77–85. <https://doi.org/10.30598/ijcr.2019.7-sun>.
- Santana, R. F., Bonomo, R. C. F., Gandolfi, O. R. R., Rodrigues, L. B., Santos, L. S., dos Santos Pires, A. C., ... & Veloso, C. M. (2018). Characterization of starch-based bioplastics from jackfruit seed plasticized with glycerol. *Journal of Food Science and Technology*, 55, 278-286. doi:10.1002/app.42697.
- Septiosari, A., Latifah, L., & Kusumastuti, E. (2014). Pembuatan dan karakterisasi bioplastik limbah biji mangga dengan penambahan selulosa dan gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2). DOI 10.15294/IJCS.V6I2.12272.
- Shih, C. M., Shieh, Y. T. & Twu, Y. K. (2009). Preparation and characterization of cellulose/chitosan blend films. *Carbohydrate Polymers*, 78(1), 169–174. doi: 10.1016/j.carbpol.2009.04.031.
- Susilowati, E. & Lestari, A. E. (2019) 'Preparation and Characterization of Chitosan-Avocado Seed Starch (KIT-PBA) Edible Film', *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, 4(3), 197–204. doi: 10.20961/jkpk.v4i3.29846.
- Tamiogy, W. R., Kardisa, A., Hisbullah,. & Aprilia, S. (2019) 'Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Kulit Buah Pinang sebagai Filler pada Pembuatan Bioplastik', *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 14(01), 63–71. DOI: <https://doi.org/10.23955/rkl.v14i1.11517>.