

Available online at: <http://reactor.poltekatiptdg.ac.id/>

REACTOR
Journal of Research on Chemistry and Engineering

| ISSN Online 2746-0401 |



Sintesa dan Karakterisasi Bioplastik Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Modifikasi Penambahan *Plasticizer* Gliserol dan Sorbitol

Muhammad Zulfikar Luthfi ^{1,2}, Miftahurrahmah ^{2*}, Reni Sutri ², Dennis Farina Nury ¹

¹ Politeknik Industri Petrokimia Banten, Jl. Raya Karang Bolong, Cikoneng, Anyar, Serang, Banten, 42166, Indonesia

² Politeknik ATI Padang, Jl. Bungo Pasang, Koto Tengah, Padang, 25171, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: December 06, 2024

Revised: March 26, 2025

Accepted: April 03, 2025

KEYWORDS

Bioplastic, Characterization, Microfibrillated Cellulose, Plasticizer

CORRESPONDENCE*

Name: Miftahurrahmah

E-mail: miftahurrahmah@kemenperin.go.id

A B S T R A C T

Plastic waste is a global environmental issue due to its non-biodegradable nature. One potential solution is the development of eco-friendly bioplastics derived from natural materials. This study aims to develop bioplastics based on sago starch with the addition of microfibrillated cellulose (MFC) from empty palm oil fruit bunches as a reinforcing filler to enhance mechanical properties. Additionally, plasticizers such as glycerol and sorbitol were added to improve the elasticity of the bioplastic. The plasticizer concentrations used were 1, 5, 10, 20, and 30% w/w. Characterization was conducted through mechanical property tests (tensile strength, elastic modulus, and elongation percentage), morphological analysis using SEM, and structural analysis with Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR spectroscopy). The results showed that the addition of 5% glycerol produced a tensile strength of 26.39 MPa with an elongation of 1.2%, while 20% sorbitol yielded a tensile strength of 25.35 MPa with an elongation of 6.2%. Based on the Indonesian National Standard (SNI) for plastics, the combination of sago starch and MFC with 20% sorbitol provided the best mechanical properties, with a tensile strength of 25.35 MPa and an elongation percentage of 5.6%. In conclusion, sago starch-based bioplastic with MFC from oil palm empty fruit bunches has the potential to serve as an environmentally friendly alternative to synthetic plastics.

PENDAHULUAN

Plastik menyumbang signifikan terhadap pencemaran lingkungan, terutama ekosistem laut. Pada tahun 2021, Indonesia tercatat menghasilkan sampah sejumlah 30 juta ton dengan sampah plastik mencapai 17,7% dari total sampah tersebut [1]. Indonesia tercatat sebagai negara kedua setelah China yang paling banyak mencemari laut dengan plastik, dengan perkiraan total sampah plastik yang masuk ke laut berkisar antara 0,48 hingga 1,29 juta ton per tahun [2]. Pencemaran ini berdampak serius terhadap lingkungan, termasuk rusaknya ekosistem laut, terganggunya rantai makanan, dan ancaman bagi kehidupan biota laut akibat mikroplastik dan bahan kimia berbahaya yang terkandung dalam plastik. Studi menunjukkan bahwa lebih dari 30% perairan dunia telah

terkontaminasi limbah plastik dalam berbagai bentuk, mulai dari makroplastik hingga mikroplastik, yang dapat dikonsumsi oleh organisme laut dan mengganggu keseimbangan ekosistem. Kandungan berbahaya seperti bisfenol A (BPA) dan ftalat yang terlepas dari plastik juga dapat mengganggu sistem hormon pada biota laut, bahkan berpotensi masuk ke dalam rantai makanan manusia. Oleh karena itu, diperlukan solusi konkret untuk mengurangi pencemaran plastik, salah satunya dengan mengembangkan bioplastik sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan.

Bioplastik menjadi alternatif terbaik karena lebih ramah lingkungan [3]. Bioplastik adalah jenis plastik yang bisa terdegradasi secara alami oleh mikroorganisme tanpa menghasilkan sisa berbahaya atau racun bagi lingkungan [4]. Bioplastik telah dikembangkan dengan berbagai

bahan, seperti protein dari putih telur [4], gluten dari singkong [5], serta pati sagu [6], pati singkong [7], bengkuang [8], tongkol jagung [9], bonggol pisang [10], kapok [11], kulit pisang kepok [12] dan tandan kosong kelapa sawit [13].

Potensi sagu Indonesia sekitar 60% dari produksi sagu dunia. Angka produksi sagu jauh lebih besar dibandingkan konsumsinya yang masih 5 persen dari seluruh potensi sagu yang dapat dihasilkan secara nasional. Sagu berpotensi untuk menjadi bahan bioplastik [5]. Akan tetapi, bioplastik yang terbuat dari pati masih menghadapi sejumlah kekurangan seperti kekuatan mekanis yang kurang kuat, kurangnya stabilitas jangka panjang, dan kerentanannya terhadap air [14]. Tantangan utama dalam pengembangan bioplastik adalah meningkatkan sifat mekaniknya agar dapat bersaing dengan plastik berbasis minyak bumi. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk memperkuat bioplastik dengan penambahan filler sebagai penguat (*reinforcing*) guna meningkatkan kekuatan dan daya tahannya. Dalam penelitian ini, bioplastik berbasis pati sagu dikembangkan dengan penambahan selulosa dari tandan kosong kelapa sawit sebagai *filler*, sehingga diharapkan dapat menghasilkan material yang lebih kuat dan fleksibel. Dengan formulasi yang tepat, bioplastik ini dapat menjadi alternatif yang berkelanjutan untuk mengurangi ketergantungan terhadap plastik sintetis serta menekan dampak negatifnya terhadap lingkungan.

Microfibrillated Cellulose (MFC) dari biomassa mulai diterapkan sebagai penguat dalam pembuatan biokomposit. Jenis biomassa yang digunakan termasuk kulit ampas tebu, buah pir, bambu, dan tandan kosong kelapa sawit [9]. Kementerian Pertanian Republik Indonesia, mencatat produksi kelapa sawit dari tahun 2017-2019 mencapai $\pm 74.993.303$ ton yang diestimasi meningkat pada tahun 2020 dan 2021. Sebanyak 25-26% dari total produksi tersebut adalah tandan kosong yang menjadi produk samping dan sekitar 10 % yang baru dimanfaatkan dan sisanya masih menjadi limbah tidak terolah. TKKS memiliki kandungan 38.70% [15]. Oleh sebab itu limbah tandan kosong sawit berpotensi untuk pengembangan penelitian bioplastik berpenguat MFC tandan kosong kelapa sawit [16].

Plastik umumnya perlu memiliki sifat elastis, sehingga diperlukan penambahan bahan yang dapat memberikan elastisitas pada plastik, yang dikenal sebagai *plasticizer*. Senyawa yang sering digunakan sebagai *plasticizer* meliputi gliserol, sorbitol, propilen glikol, dan polietilen glikol [17]. Berdasarkan penelitian [16] menunjukkan penambahan gliserol 0,3% b/b menghasilkan nilai kuat tarik terbaik sebesar 4,535 Mpa. [6] membuat bioplastik dari MFC bambu dengan penambahan gliserol 0,3% b/b

menghasilkan nilai kuat tarik terbaik sebesar 17,99 Mpa. Penelitian [18] menyatakan mendapatkan hasil sifat fisik bioplastik terbaik dengan penambahan gliserol 37,5% sebagai *plasticizer*. Berdasarkan penelitian [19] mendapatkan hasil terbaik pada penambahan sorbitol 0,4% dengan kuat Tarik 10,33 MPa dan elongasi 5,29%. Berdasarkan penelitian [13] mendapatkan hasil sifat fisik bioplastik dengan selulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) terbaik dengan penambahan sorbitol 30% v/v yang memiliki kualitas bioplastik lebih lentur. Sorbitol sebagai *plasticizer* memberikan nilai kuat tarik dan elongasi yang lebih baik dibandingkan dengan gliserol [19].

Secara umum diketahui bahwa plasticizer gliserol dan sorbitol dapat meningkatkan fleksibilitas, elastisitas, dan daya tahan bioplastik berbasis pati yang secara alami cenderung kaku dan rapuh. Kedua bahan ini bersifat hidrofilik dan dapat berinteraksi dengan rantai polimer pati melalui ikatan hidrogen, sehingga menghasilkan distribusi yang lebih merata dalam matriks bioplastik [20]. Selain itu, gliserol dan sorbitol bersifat biodegradable dan aman bagi lingkungan, sehingga tidak menambah pencemaran plastik. Dari segi efek terhadap sifat mekanik, gliserol lebih efektif dalam meningkatkan fleksibilitas, tetapi dapat mengurangi kekuatan tarik karena sifatnya yang sangat plastis, sedangkan sorbitol memberikan keseimbangan antara fleksibilitas dan kekuatan mekanik karena lebih sedikit menyerap kelembaban, membuat bioplastik lebih tahan terhadap air [16].

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan formulasi sintesa bioplastik terbaik pada beberapa variasi penambahan gliserol maupun sorbitol. Dan bioplastik yang menunjukkan hasil terbaik dalam pengujian mekanik (kuat tarik dan elongasi), dianalisis dari segi struktur menggunakan FTIR dan morfologi menggunakan SEM.

METODOLOGI

Metode penelitian ini terdapat beberapa langkah diantaranya persiapan bahan baku, pemisahan selulosa, sintesa bioplastik, dan karakterisasi bioplastik. Pada penelitian ini menggunakan beberapa bahan diantaranya adalah pati sagu dari PT. Pati Sagu Metro – Bogor sebagai bahan utama yang dimodifikasi dengan penambahan *dispersing agent Kalium Chlorida* (KCL) 1% diproduksi oleh PT. Cakra Kimia Retallindo, TKKS dari PT. Mutiara Agam (Agam – Sumatera Barat), Toluene teknis dari CV. Planet Kimia, alkohol dari CV. Wahana Scientific, Kalium Hidroksida (KOH) dari CV. Wahana Scientific, Hidrogen peroksida (H₂O₂) teknis 50% dari CV. Wahana Scientific, Sodium Hipoklorit

(NaOCl) dari CV. Wahana Scientific, Aquades dari CV. Novalindo, kertas saring dari CV. Wahana Scientific, *plasticizer liquid glycerol* MERCK dan serbuk sorbitol dari Shagufta Laboratory.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *mini crusher (laboratory handmade)*, *Sieving (ABM Test Sieving analysys)*, *oven (Mommert)*, *Ultrasonic (Elmasonic)*, *Hot plate (Thermo Scientific)*, Timbangan analitik (*Ohaus*), *Magnetic stirrer*, cetakan akrilik (*laboratory handmade*) dan *beaker glass (IWAKI Asahi Glass)*.

Persiapan Bahan Baku

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

TKKS dipotong ukuran 10 cm, lalu dicacah untuk mempermudah proses penggilingan. Proses penggilingan menggunakan *mini crusher* sehingga menghasilkan TKKS dalam bentuk kecil. Serbuk TKKS kemudian diayak dengan ayakan berukuran 100 mesh untuk memastikan keseragaman ukuran. Serbuk TKKS dicuci dengan air panas bersuhu 90°C tiga kali untuk membersihkan debu dan kotoran yang ada [21].

Pati Sagu

Pati sagu diproses dengan proses pengeringan dan pengayakan. Pengeringan dilakukan selama 15 menit di bawah sinar matahari kemudian dilanjutkan dengan pengayakan menggunakan ayakan berukuran 100 mesh.

Pemisahan Selulosa

Pada tahapan ini, TKKS yang sudah bersih pada tahap sebelumnya akan diproses kembali untuk mendapatkan *Microfibrillated Cellulose (MFC)* bubuk. Berikut ini tahapan prosesnya yaitu:

- 1) *Dewaxing*: Ekstraksi maserasi dilakukan selama 6 jam menggunakan campuran pelarut toluen dan alkohol dengan perbandingan 2:1 pada suhu 110 °C [6]. Proses ini menghilangkan lilin dari TKKS, dan memungkinkan senyawa polar serta non-polar yang tersisa dari tahap sebelumnya untuk larut dalam pelarut.
- 2) *Delignifikasi*: Serbuk TKKS dicampur dengan larutan kalium hidroksida (KOH) 2% b/v di dalam beaker glass 500 ml pada suhu 90°C dan diaduk selama 4 jam [6]. Tujuan dari proses ini adalah untuk memecah lignin.
- 3) *Bleaching*: Untuk membuat serbuk TKKS lebih putih, dilakukan proses *bleaching*, dengan tujuan untuk mengikat lignin yang masih tersisa. Langkah ini melibatkan pencampuran hasil dari proses delignifikasi yang telah dipisahkan dengan larutan hidrogen peroksida (H₂O₂) 2% v/v pada suhu 80-90°C dengan pengadukan selama 1,5 jam di dalam

beaker glass 500 mL. Tahapan selanjutnya yaitu pemurnian selulosa agar menjadi bening digunakan sodium hipoklorit (NaOCl). Serbuk TKKS direndam dalam larutan sodium hipoklorit (NaOCl) pada suhu 70-75°C selama 2 jam hingga selulosa berwarna putih [18].

- 4) *Pengeringan*: Hasil saring dari langkah pemurnian selulosa dimasukkan ke dalam oven pada suhu 70 °C selama 6 jam [22]. Setelah itu, serbuk diproses dengan *planetary ball mill (PBM)* hingga berbentuk bubuk, lalu diayak untuk memperoleh ukuran 150 mesh dan mendapatkan keseragaman ukuran.

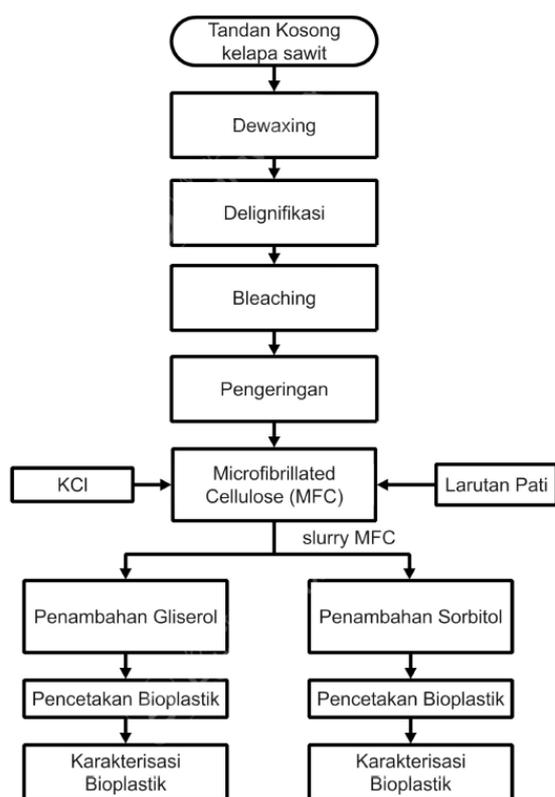
Sintesa Bioplastik

Pada tahapan Sintesa bioplastik akan melalui empat tahap:

- 1) Pembuatan bubur MFC. Bubur ini dibuat dengan cara mencampurkan MFC bubuk dan KCl. Campuran tersebut menggunakan *ultrasonic homogenizer* untuk proses sonikasi. Larutan MFC yang digunakan adalah 10% b/b dan *dispersing agent* KCl sebanyak 1% b/b.
- 2) Pembuatan larutan pati. Caranya adalah dengan melarutkan 4 gram pati sagu ke dalam 100 mL air, kemudian mengambil 30 mL dari larutan tersebut [16].
- 3) Pencampuran larutan bubur MFC dan larutan pati. Pencampuran dilakukan dengan rasio yang telah ditentukan. Campuran tersebut selanjutnya dipanaskan hingga suhu 90 °C sambil diaduk [6]. Setelah 15 menit pemanasan, *plasticizer* (gliserol atau sorbitol) ditambahkan ke dalam campuran tersebut dengan konsentrasi tertentu. Variasi konsentrasi penambahan sorbitol yaitu 1%, 5%, 10%, 20%, dan 30% b/b. Variasi konsentrasi penambahan gliserol yaitu 1%, 5%, 10%, 20%, dan 30% b/b.
- 4) Pencetakan bioplastik. Pencetakan menggunakan cetakan akrilik. Kemudian dibiarkan pada suhu ruangan selama 72 jam untuk proses pengeringan. Setelah itu, produk siap untuk tahap pengujian.

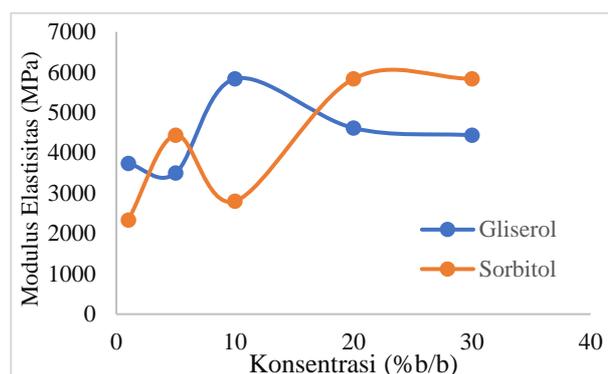
Karakterisasi Bioplastik

Bioplastik selanjutnya diuji secara mekanik (modulus elastisitas, persen elongasi dan kuat tarik), secara struktur (FTIR), dan morfologi (SEM) [21]. Secara umum bagan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Alur Proses Sintesa Bioplastik

pada penambahan gliserol sebagai *plasticizer*, didapatkan nilai modulus elastisitas tertinggi pada konsentrasi *plasticizer* 10% yaitu sebesar 5837,58 MPa dan nilai modulus elastisitas terendah pada konsentrasi *plasticizer* 5% yaitu sebesar 3736,04 MPa. Sedangkan pada penambahan sorbitol sebagai *plasticizer*, didapatkan nilai modulus elastisitas tertinggi pada konsentrasi *plasticizer* 30% yaitu sebesar 5837,60 MPa dan nilai modulus elastisitas terendah pada konsentrasi *plasticizer* 5% yaitu sebesar 2335,03 MPa. Berikut adalah grafik perbandingan konsentrasi *plasticizer* (gliserol dan sorbitol) terhadap modulus elastisitas, kuat Tarik, dan elongasi.



Gambar 2. Hubungan Konsentrasi dengan Modulus Elastisitas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Mekanik

Pengujian menggunakan standar ASTM D-88202 menggunakan alat *Universal Testing Machine Com-Ten*, di laboratorium Metalurgi Universitas Andalas-Padang. Hasil Pengujian Mekanik dapat dilihat pada Tabel 1.

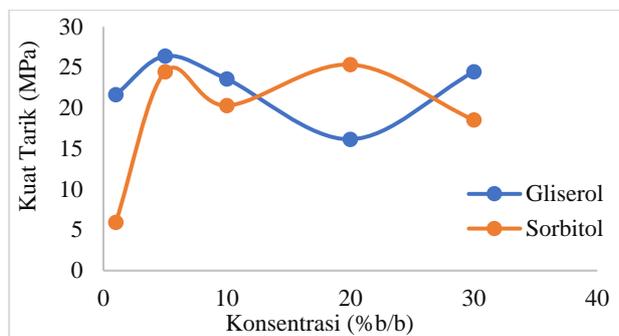
Tabel 1. Hasil Pengujian Mekanik (Modulus Elastisitas, Elongasi, dan Kuat Tarik)

No. Sampel	Modulus Elastisitas (MPa)	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)
R1G	3736,04	21,65	2,7
R2G	3502,54	26,39	1,2
R3G	5837,58	23,58	3,7
R4G	4616,2	16,16	0,1
R5G	4436,55	24,47	2,3
R1S	2335,03	5,93	0,7
R2S	4436,55	24,47	0,6
R3S	2802,03	20,31	1,2
R4S	5837,55	25,35	5,4
R5S	5837,60	18,53	6,2

Modulus elastisitas merupakan nilai kekakuan film bioplastik terhadap ekstensibilitas. Nilai modulus elastisitas yang besar menunjukkan bahwa bahan tersebut bersifat kaku. Berdasarkan grafik Gambar 2,

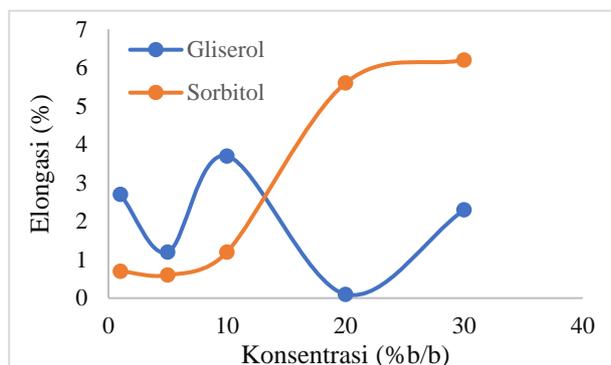
Pada perbandingan kedua jenis *plasticizer*, didapatkan nilai modulus elastisitas dengan konsentrasi *plasticizer* gliserol 10% dan sorbitol 30% tidak jauh berbeda, yaitu 5837,58 MPa dan 5837,60 MPa. Sementara untuk nilai modulus elastisitas terendah untuk kedua *plasticizer* didapat pada konsentrasi 5% yang menunjukkan adanya perbesaran nilai modulus elastisitas suatu bahan akan semakin kaku material bahan tersebut, sehingga energi yang besar diperlukan untuk menarik material tersebut hingga putus [16].

Berdasarkan grafik Gambar 3, pada penambahan gliserol sebagai *plasticizer*, didapatkan nilai kuat tarik tertinggi pada konsentrasi *plasticizer* 5% yaitu sebesar 26,39 MPa dan nilai kuat tarik terendah pada konsentrasi *plasticizer* 20% yaitu sebesar 16,16 MPa. Penambahan konsentrasi gliserol dapat mengurangi nilai kuat tarik. Hal ini disebabkan sifat gliserol yang melemahkan ikatan internal molekul antar molekul, sehingga mengurangi gaya tarik antar rantai polimer yang berdekatan. Akibatnya, daya regang menurun dan kekuatannya berkurang, menyebabkan penurunan kuat tarik [17]. Pada penambahan sorbitol sebagai *plasticizer*, didapatkan nilai kuat tarik tertinggi pada konsentrasi *plasticizer* 20% yaitu sebesar 25,35 MPa dan nilai kuat tarik terendah pada konsentrasi *plasticizer* 5% yaitu sebesar 5,93 MPa.



Gambar 3. Hubungan Konsentrasi dengan Kuat Tarik

Pada perbandingan kedua jenis *plasticizer*, didapatkan nilai kuat tarik tertinggi pada penggunaan gliserol 5% yaitu sebesar 26,39 MPa. Menurut peneliti terdahulu, penggunaan *plasticizer* cenderung menurunkan kuat tarik dan meningkatkan persen *elongasi*. Nilai kuat tarik pada penggunaan gliserol 5% lebih tinggi daripada bioplastik pati sagu yang menggunakan bahan penguat MFC yaitu 17,99 MPa [6]. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7818:2014 standar kuat tarik plastik minimum > 13,7 Mpa. Sehingga Nilai kuat tarik yang diperoleh pada pembuatan bioplastik dengan penambahan *plasticizer* gliserol 5%, dan sorbitol 20% telah memenuhi standar SNI.



Gambar 4. Hubungan Konsentrasi dengan Elongasi

Berdasarkan grafis diatas, pada penambahan gliserol sebagai *plasticizer*, didapatkan persen pemanjangan (*elongasi*) tertinggi pada konsentrasi *plasticizer* 10% yaitu sebesar 3,7% dan persen pemanjangan terendah pada konsentrasi *plasticizer* 20% yaitu sebesar 0,1%. Penelitian [16] menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang digunakan, semakin tinggi nilai pemanjangan dari suatu bahan. Namun pada konsentrasi tertentu penambahan *plasticizer* akan membuat nilai pemanjangan berkurang, karena *plasticizer* mempengaruhi ikatan kohesi antar polimer dan film yang dihasilkan akan lebih lunak dan mudah putus [9].

Pada penambahan sorbitol sebagai *plasticizer*, didapatkan persen pemanjangan tertinggi pada

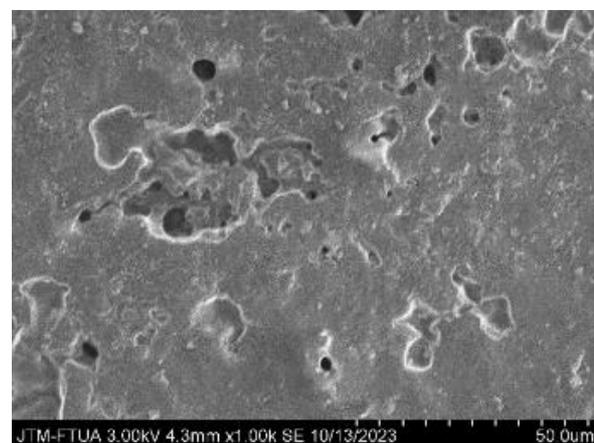
konsentrasi *plasticizer* 30% yaitu sebesar 6,2% dan persen pemanjangan terendah pada konsentrasi *plasticizer* 5% yaitu sebesar 0,6% semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang digunakan, semakin tinggi nilai pemanjangan dari suatu bahan. Sorbitol termasuk senyawa hidrofilik yang mempunyai berat molekul rendah, yang mampu memperlebar jarak antar molekul, memberikan sifat fleksibel, dan mengurangi kerapuhan [23].

Uji Morfologi

Uji morfologi dilakukan untuk mengamati permukaan bioplastik agar dapat mengetahui sejauh mana *plasticizer* dan filler, seperti mikrofiltrasi selulosa (MFC), terdispersi dalam matriks bioplastik. analisis morfologi ini sangat penting untuk menyesuaikan sifat bioplastik agar memenuhi standar yang telah ditetapkan, terutama dalam aspek mekanik seperti kuat tarik, elastisitas, dan daya tahan. Gambar 5 berikut merupakan hasil dari pengamatan menggunakan SEM dengan perbesaran 1000x pada sampel dengan penambahan *plasticizer* gliserol dan sorbitol yang mempunyai nilai kuat tarik tertinggi (R2G dan R4S).



(a)



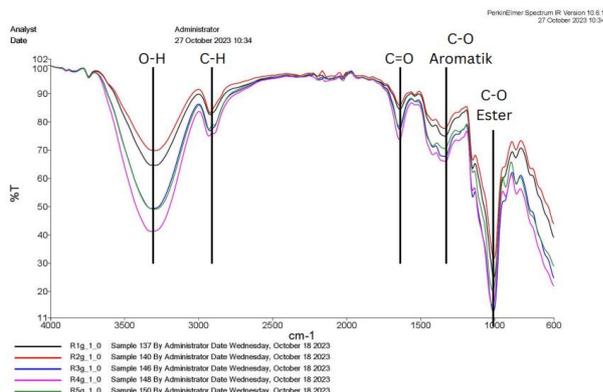
(b)

Gambar 5. Hasil uji SEM dengan perbesaran 1000x pada penambahan *plasticizer* (a) gliserol 5% dan (b) sorbitol 20%

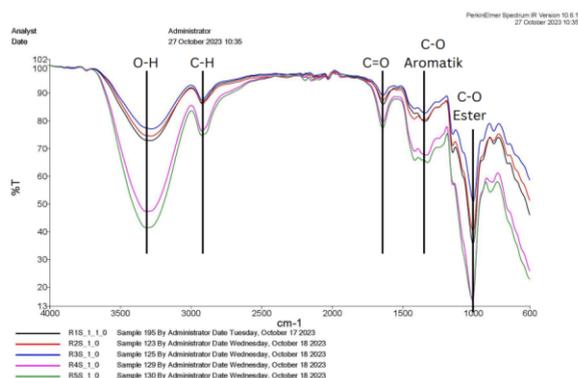
Bioplastik dengan *plasticizer* sorbitol terlihat memiliki struktur yang lebih berongga. Struktur berongga ini membuat bioplastik dengan *plasticizer* sorbitol memiliki nilai elastisitas yang lebih tinggi (5,6%) dibanding dengan bioplastik dengan *plasticizer* gliserol (1,2%). Sorbitol adalah senyawa hidrofilik dengan berat molekul rendah yang meningkatkan jarak antar molekul, menciptakan sifat fleksibel dan mengurangi kerapuhan [11], [23].

Uji Struktur atau Gugus Fungsional (FTIR)

Analisa FTIR dilakukan untuk menganalisa struktur bioplastik dengan penambahan sorbitol dan gliserol dengan adanya *dispersing agent* KCl. Hasil analisa FTIR menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan pada frekuensi gelombang yang dihasilkan dan tidak terdapat penambahan gugus baru. Pada hasil Analisa FTIR sebagaimana ditampilkan pada gambar 6 dan 7, terlihat puncak-puncak gugus pembentuk selulosa yang sudah terpenuhi, yaitu gugus O-H pada gelombang 3650-3200 cm^{-1} , C-H pada 3300-2700 cm^{-1} dan C-O pada 1250-1050 cm^{-1} . Hasil ini sama dengan penelitian silviana dan rahayu menunjukkan gugus O-H pada pati sagu muncul pada frekuensi gelombang 2939,51 cm^{-1} dan C-O pada frekuensi gelombang 1002,98 cm^{-1} [6].



Gambar 6. Overlay hasil analisis FTIR bioplastic dengan *plasticizer* gliserol



Gambar 7. Overlay hasil analisis FTIR bioplastic dengan *plasticizer* sorbitol

Dari *Overlay* diatas dapat dianalisa masing-masing sampel memiliki frekuensi peak yang sama. Perbedaan terlihat pada ketajaman peak dari masing-masing sampel. Pada frekuensi 3322,74 – 3281,79 cm^{-1} merupakan ikatan O-H hidroksil yang terkandung pada masing-masing sampel. Ini merupakan gugus hidroksil yang terdapat pada pati sagu yang berperan sebagai matriks. Frekuensi 2931,84-2922,19 cm^{-1} merupakan gugus fungsi C-H alkana dari pati sagu sebagai matriks [24]. Frekuensi 1644,61-1639,80 cm^{-1} merupakan gugus fungsi C-O ester dan frekuensi 1015,20-1002,38 cm^{-1} C-O ester dari pati sagu. Frekuensi 1356,02-1232,61 cm^{-1} merupakan C-O aromatic ester.

KESIMPULAN

Berdasarkan sifat mekanik plastik dengan acuan nilai SNI 7818:2014 dengan standar kuat tarik plastik minimum >13,7 MPa dan persen perpanjangan 21% - 220%, maka dapat disimpulkan pembuatan bioplastik dari pati sagu dengan MFC tandan kosong kelapa sawit dan penambahan *plasticizer* sorbitol 20%, memiliki nilai sifat mekanik plastik yang paling baik dari segi nilai kuat tarik (25,35 MPa) dan persen pemanjangan (5,6 %) apabila dibandingkan dengan *plasticizer* gliserol. Hasil uji morfologi dengan SEM menunjukkan bahwa sorbitol memiliki struktur berongga yang mengakibatkan sifat elastisitas yang lebih baik dibanding gliserol. Adapun analisa struktur dengan FTIR tidak menunjukkan adanya penambahan gugus fungsi baru.

ACKNOWLEDGEMENT

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Politeknik ATI Padang yang telah memberikan dana hibah dengan nomor kontrak 1183/BPSDMI/ATI-PADANG/V/2023 tanggal 22 Mei 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. I. Pratiwi, N. R. Ariyani, C. K. Sari, and A. Rahman, "The Effectiveness of Using Eco-Friendly Bag to Support Sustainable Development Goals: A Review," *J. Presipitasi Media Komun. dan Pengemb. Tek. Lingkung.*, vol. 21, no. 1, pp. 1–11, 2024, doi: 10.14710/presipitasi.v21i1.1-11.
- [2] J. R. Jambeck *et al.*, "Plastic waste inputs from land into the ocean," *Science (80-.)*, vol. 347, no. 6223, pp. 768–771, 2015, doi: 10.1126/science.1260352.
- [3] K. Wijayanti, *Bio-degradable Bioplastics sebagai Plastik Ramah Lingkungan. SOIJST Vol. 1 (1):131-153*. 2018. doi: 10.31219/osf.io/a6hbk.
- [4] A. Jerez, P. Partal, I. Martínez, C. Gallegos, and A. Guerrero, "Protein-based bioplastics: Effect of thermo-mechanical processing," *Rheol. Acta*, vol.

- 46, no. 5, pp. 711–720, 2007, doi: 10.1007/s00397-007-0165-z.
- [5] E. Kamsiati, H. Herawati, and E. Y. Purwani, “POTENSI PENGEMBANGAN PLASTIK BIODEGRADABLE BERBASIS PATI SAGU DAN UBIKAYU DI INDONESIA / The Development Potential of Sago and Cassava Starch-Based Biodegradable Plastic in Indonesia,” *J. Penelit. dan Pengemb. Pertan.*, vol. 36, no. 2, p. 67, 2017, doi: 10.21082/jp3.v36n2.2017.p67-76.
- [6] S. Silviana and P. Rahayu, “Pembuatan Bioplastik Berbahan Pati Sagu dengan Penguat Mikrofibril Selulosa Bambu Terdispersi KCl Melalui Proses Sonikasi,” pp. 151–156, 2017.
- [7] D. F. Nury, M. Z. Luthfi, and M. P. Ramadhan, “Optimization of the drying process of edible film-based cassava starch using response surface methodology,” *BIO Web Conf.*, vol. 77, 2023, doi: 10.1051/bioconf/20237701005.
- [8] S. Elfina, N. Jamarun, S. Arief, and A. Djamaan, “Sintesis Precipitate Calcium Carbonat Sebagai Filler Pada Plastik Ramah Lingkungan,” *React. J. Res. Chem. Eng.*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.52759/reactor.v1i1.4.
- [9] I. D. G. A. Wiradipta, “Pembuatan Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Selulosa Dari Tongkol Jagung,” *Dep. Phys. Fac. Math. Nat. Sci. Tenth Nop. Technol. Inst.*, p. 90, 2017.
- [10] I. Nafianto, “Pembuatan Plastik Biodegradable dari Limbah Bonggol Pisang Kepok dengan Plasticizer Gliserol dari Minyak Jelantah dan Komposit Kitosan dari Limbah Cangkang Bekicot (*Achatina fullica*),” *Integr. Lab J.*, vol. 7, no. 1, pp. 75–89, 2019.
- [11] Rahmatullah, R. W. Putri, M. Rendana, U. Waluyo, and T. Andrianto, “Effect of Plasticizer and Concentration on Characteristics of Bioplastic Based on Cellulose Acetate from Kapok (*Ceiba pentandra*) Fiber,” *Sci. Technol. Indones.*, vol. 7, no. 1, pp. 73–83, 2022, doi: 10.26554/sti.2022.7.1.73-83.
- [12] D. F. Nury, A. H. Maulana, I. T. A. Wicaksana, and J. R. H. Panjaitan, “Potensi Kulit Pisang Kepok sebagai Biodegradable Plastic: Pengaruh Konsentrasi Plasticiser terhadap Yield Ekstrak Kulit Pisang,” *JoASCE (Journal Appl. Sci. Chem. Eng.)*, vol. 2, no. 2, pp. 1–7, 2024.
- [13] C. Andahera, I. Sholikhah, D. A. Islamiati, and M. D. Pusfitasari, “Pengaruh Penambahan Jenis Dan Konsentrasi Plasticizer Terhadap Kualitas Bioplastik Berbasis Selulosa Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit,” *Indones. J. Pure Appl. Chem.*, vol. 2, no. 2, p. 46, 2019, doi: 10.26418/indonesian.v2i2.36901.
- [14] F. Xie, E. Pollet, P. J. Halley, and L. Avérous, “Starch-based nano-biocomposites,” *Prog. Polym. Sci.*, vol. 38, no. 10–11, pp. 1590–1628, 2013, doi: 10.1016/j.progpolymsci.2013.05.002.
- [15] M. M. A. K, S. MI, and I. RA, “Eco-friendly bioprocessing oil palm empty fruit bunch (OPEFB) fibers into nanocrystalline cellulose (NCC) using white-rot fungi (*Tremetes Versicolor*) and cellulase enzyme (*Trichoderma Reesei*),” *J Fibers Polym Compos*, vol. 1, no. 2, pp. 148–163, 2022.
- [16] P. Rahayu, M. Z. Luthfi, F. Ikhsandy, and A. K. Yahya, “Penambahan agen pendispersi terhadap morfologi, sifat mekanik, dan biodegradabilitas bioplastik pati sagu dengan penguat selulosa mikro fiber tandan kosong sawit,” pp. 21–30, 2023.
- [17] F. Cipta Ismaya, N. H. Fithriyah, and T. Y. Hendrawati, “Pembuatan Dan Karakterisasi Edible Film Dari Nata De Coco Dan Gliserol,” *J. Teknol.*, vol. 13, no. 1, p. 81, 2021.
- [18] Isroi, A. Cifriadi, T. Panji, N. A. Wibowo, and K. Syamsu, “Bioplastic production from cellulose of oil palm empty fruit bunch,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 65, no. 1, 2017, doi: 10.1088/1755-1315/65/1/012011.
- [19] A. D. Putra, V. S. Johan, and R. Efendi, “Pembuatan Edible Film Pati Sukun,” *Jom Fak. Pertan.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–15, 2017.
- [20] L. K. Unsa and G. A. Paramastri, “Kajian Jenis Plasticizer Campuran Gliserol dan Sorbitol Terhadap Sintesis dan Karakterisasi Edible Film Pati Bonggol Pisang Sebagai Pengemas Buah Apel,” *J. Kompetensi Tek.*, vol. 10, no. 1, pp. 35–47, 2018.
- [21] D. P. Rahayu and E. Nurhayati, “Pemanfaatan Activated Spent Bleaching Earth sebagai Adsorben untuk Menyisihkan Rhodamine-B: Studi Adsorpsi Secara Batch,” *Envirotek. J. Ilm. Tek. Lingkung.*, vol. 15, no. 1, pp. 91–97, 2023.
- [22] Dian Purwitasari Dewanti, “Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan,” *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 19, no. 1, 2018.
- [23] S. D. Hardiningtyas, D. Winarsih, and B. Ibahim, “Efek Penambahan Sorbitol terhadap Karakteristik Film Bioplastik Berbasis Kitosan dan Agar,” *J. Pascapanen dan Bioteknol. Kelaut. dan Perikan.*, vol. 19, no. 1, p. 17, 2024, doi: 10.15578/jpbkp.v19i1.949.
- [24] W. T. Wulandari, A. Rochliadi, and I. M. Arcana, “Nanocellulose prepared by acid hydrolysis of isolated cellulose from sugarcane bagasse,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 107, no. 1, 2016, doi: 10.1088/1757-899X/107/1/012045.