

# Pengaruh Penambahan *Virgin Coconut Oil* (VCO) Terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradasi Plastik *Biodegradable* Berbasis Selulosa Bakteri –Polietilen Glikol (PEG) dari Air Kelapa (*Cocos nucifera*)

Adhitya Suryadinata<sup>1</sup>, Ananda Putra<sup>\*2</sup>

Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang  
Jl. Prof. Hamka Air Tawar Padang, Indonesia

anandap@fmipa.unp.ac.id

**Abstract** - Biodegradable plastics are plastics that are easily degraded by microorganisms. This study aims to determine the effect of adding virgin coconut oil additives to the mechanical properties and biodegradation of biodegradable plastic based on PEG bacterial cellulose from coconut water (*Cocos nucifera*). This study used 14% polyethylene glycol 400 as a plasticizer with variations in the volume of virgin coconut oil, namely 2 mL, 4 mL, 6 mL, and 8 mL. The mechanical properties tested here are looking at the tensile strength, elongation, and elasticity values. The maximum result from testing the mechanical properties obtained is the addition of 6 mL of virgin coconut oil with a *tensile strength* value of 71,81 MPa which already meets the SNI standard for synthetic plastics, which is in the range of 24,7-302 MPa, the elasticity value obtained is 1819,275 MPa, and 3.9% elongation value. In the biodegradation test, it was found that the 15-day burial was degraded by more than 50%, where the more virgin coconut oil was added, the plastic's biodegradability decreased, but this is still much better than plastic made from synthetic materials, which can take decades. The functional group analysis using FTIR did not show any other functional groups formed, and the results of the analysis of the degree of crystallinity on biodegradable plastics obtained that the degree of crystallinity of pure SB plastic was 83.75%, SBPEG was 70.68%, and SBPEG-V 6 mL 81.31%.

**Keywords** - Bacterial Cellulose, Biodegradable Plastic, Coconut Water, PEG, Virgin coconut oil.

## I. PENGANTAR

Plastik yang sulit terdegradasi termasuk salah satu masalah lingkungan serius yang harus segera diatasi, salah satu alternatif penanggulangan pencemaran limbah plastik adalah dengan plastik *biodegradable* yang memungkinkan plastik cepat terdegradasi [1]. Di Indonesia permasalahan limbah plastik masih belum bisa diatasi sampai dengan saat ini, sejalan banyaknya penambahan populasi penduduk menjadi penyebab banyaknya tambahan jumlah pemakaian plastik, hal ini tentu merupakan suatu permasalahan serius yang harus ditanggapi, yang mana pemakaian kemasan plastik konvensional masih banyak digunakan ditengah masyarakat karna harganya terbilang lebih murah dan mudah untuk di dapat [2].

Limbah plastik sintesis yang sangat sulit terurai di tanah akan menyebabkan berkurangnya mineral-mineral dalam tanah baik organik atau pun non organik yang berdampak pada kurangnya kesuburan tanah [3]. Dengan permasalahan ini plastik belum aman digunakan secara luas, oleh karena itu kemasan plastik membutuhkan bahan baku yang mudah terdegradasi secara hayati, bisa digunakan dalam jumlah

banyak, tidak mahal, tetapi bisa menghasilkan kemasan plastik dengan kualitas yang sama dengan kemasan pada umumnya [4].

Kemasan plastik dengan bahan baku organik dinilai lebih mudah terurai secara hayati, salah satunya ialah plastik *biodegradable*. Pada negara-negara maju telah lama melakukan penelitian tentang plastik *biodegradable* seperti Jerman. Dilihat dari segi kekuatan plastik *biodegradable* relatif sama dengan plastik sintesis [5]. Bahan-bahan yang bisa dipakai untuk bahan baku produksi plastik yang mudah terurai ialah turunan dari polisakarida seperti pati, selulosa dan agar-agar.

Polisakarida yang dipakai pada penelitian ini adalah selulosa. Selulosa termasuk biopolimer yang sangat melimpah di dunia yang sangat bermanfaat sebagai barang mentah dalam produksi kain, bioetanol dan bioplastik [6]. Selulosa bakteri merupakan selulosa yang disintesis dan disekresikan dari bakteri membentuk rantai selulosa dan dihubungkan membentuk membran selulosa, mempunyai struktur dan sifat fisik yang bisa dikatakan unik (memiliki kuat tarik mekanik dan porositas yang tinggi) dan tingkat kemurnian yang tinggi

banyak digunakan diberbagai bidang. Salah satu bakteri penghasil selulosa ialah *Acetobacter xylinum* [7] dengan menggunakan air kelapa sebagai media. Kandungan air kelapa kaya akan nutrisi diantaranya gula, protein, lemak dan mineral yang bermanfaat bagi pertumbuhan bakteri [8].

Berdasarkan uraian diatas guna meningkatkan pemanfaatan air kelapa menjadi plastik *biodegradable* dan melanjutkan penelitian terdahulu, untuk itu penulis ingin melakukan penelitian tentang “Pengaruh Penambahan Virgin Coconut Oil (VCO) Terhadap Sifat Mekanik Dan Biodegradasi Plastik Biodegradable Berbasis Selulosa Bakteri –Polietilen Glikol (PEG) Dari Air Kelapa (*Cocos nucifera*)”.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Alat

Peralatan yang digunakan dikelompokkan jadi dua yaitu untuk preparasi sampel dan karakterisasi. Alat untuk preparasi sampel adalah gelas laboratorium, wadah plastik ukuran 24x17x4 cm, panci pemasak, kompor, kain lap, koran, tisu gulung, saringan, karet, pengaduk, pisau, gunting, kertas pH, neraca analitik, dan oven. Peralatan untuk karakterisasi adalah alat Uji Tarik (*Universal Tensile Strength*), alat FTIR, dan XRD.

### B. Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan-bahan meliputi air kelapa tua dari limbah penjual santan di Patenggangan Air Tawar, inokulum *A. Xylinum* (Nata de coco lima bersaudara Siteba), Sukrosa, Asam Asetat, Pupuk Urea, Air, PEG 400 14%, NaOH 2% (Novalindo), dan VCO (Golden Khallazz).

### C. Prosedur Kerja

#### 1. Pembuatan medium

Pembuatan medium air kelapa tua dilakukan secara aseptis dengan memasukkan air kelapa tua sebanyak 600 mL, 60 gram gula, 6 gram urea dan di panaskan hingga mendidih, lalu tambahkan 12 mL asam asetat kemudian menambahkan plastisizer Polietilen Glikol (PEG) 400 14% sebanyak 10 mL dan VCO yang divariasikan kedalam panci. Medium dipanaskan sampai mendidih. Medium yang telah mendidih dipindahkan pada wadah plastik yang selanjutnya ditutup menggunakan kertas koran yang sudah disterilisasi terlebih dahulu. Kemudian medium dibiarkan sampai suhu kamar.

#### 2. Pembuatan selulosa PEG bakterial (SBPEG-V)

Medium-medium fermentasi didinginkan pada suhu kamar di dalam wadah plastik, diinokulasikan dengan starter *A. Xylinum* dengan perbandingan 10:1 (%v/v) dan difermentasikan pada suhu kamar sampai terbentuk selulosa bakterial sekurang-kurangnya 0,5 cm. Selama proses inokulasi berlangsung wadah tidak boleh digoyang.

#### 3. Pencucian dan pemurnian selulosa bakteri (SBPEG-V)

Selulosa bakterial yang telah terbentuk dicuci dengan aliran air dalam waktu +/- 24 jam, selanjutnya

direndam dengan NaOH 2% (%w/v) dalam waktu +/- 24 jam. Setelah itu dicuci lagi dengan air mengalir sampai bersih. Proses pembersihan dilakukan agar selulosa bakterial yang sudah terbentuk tidak menjadi bau dan busuk karna tumbuhnya jamur. Selulosa bakterial berhasil ditandai dengan terbentuknya lembaran tebal berwarna putih, tidak berjamur, tidak berlubang, dan tidak terdapat bercak hitam pada selulosa bakteri-PEG.

#### 4. Pembuatan lembaran plastik SBPEG-V

Selulosa PEG bakterial yang sudah dimurnikan kemudian dipotong sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan lalu di oven dengan suhu 105°C selama 60 menit. Lembaran selulosa PEG bakterial plastik siap untuk dikarakterisasi.

#### 5. Karakterisasi plastik *biodegradable*

##### a. Uji kuat tarik

*Tensile strength* dihitung dengan memakai alat *Tensile Strength Industries model SSB 0500*. Analisis kuat tarik plastik dilakukan melalui data yang diperoleh dari alat tensometer. Besarnya kuat tarik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma_t = \frac{F_{maks}}{A_o}$$

Dimana:

F maks = Gaya yang diberikan alat (N)

Ao = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)

σt = Kuat tarik (MPa)

##### b. Uji kuat putus (*elongasi*)

Pengukuran kuat putus menggunakan cara yang sama dengan pengujian *Tensile strength*. *Elongasi* dinyatakan dalam persentase, dihitung dengan memakai persamaan berikut:

$$\% \text{ Elongasi} = \frac{\text{regangan saat putus (mm)}}{\text{panjang awal (mm)}} \times 100\%$$

##### c. Uji biodegradasi

Analisis biodegradasi terhadap lembaran plastik SB dilakukan dengan menguburkan lembaran plastik di dalam tanah dengan ukuran 5 x 5 cm pada kedalaman tanah 15 cm. Proses pengukuran dilakukan selama 15 hari. Sebelum dikubur, plastik ditimbang massanya, kemudian dikubur di dalam tanah selama 15 hari dengan interval penimbangan setiap 3 hari. Plastik yang terurai dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ biodegradasi} = \frac{m - m_o}{m} \times 100\%$$

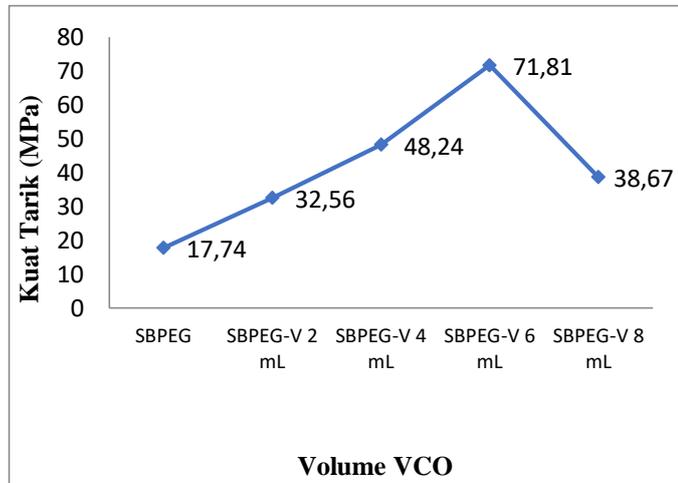
Dimana:

m = Massa sampel sebelum dikubur

m<sub>o</sub> = Massa sampel setelah dikubur

### III. PEMBAHASAN

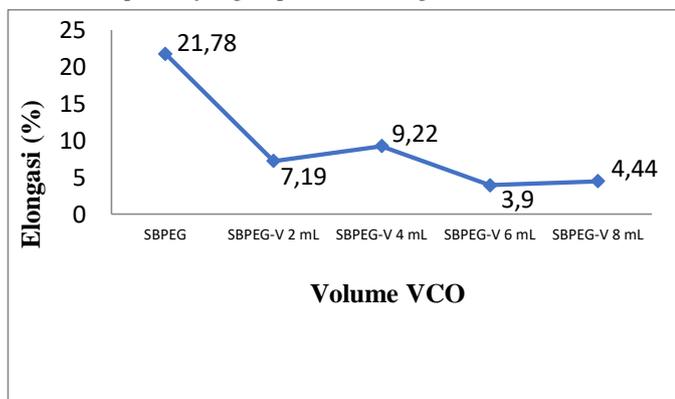
#### A. Uji kuat tarik (Tensile Strength)



Gambar 1. Grafik Uji Kuat Tarik

Berdasarkan gambar 1, dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tarik tertinggi pada penambahan volume VCO 6 mL sebesar 71,81 MPa. Peningkatan kuat tarik disebabkan penambahan VCO yang mana menghasilkan matriks film semakin kokoh, sehingga kekuatan yang diperlukan untuk memecah film menjadi lebih besar [9]. Hal ini dapat terjadi karena ikatan hidrogen yang terbentuk di dalam film plastik. Adanya ikatan hidrogen ini dapat mengakibatkan film plastik menjadi lebih kokoh dan akan semakin susah untuk putus [10]. Namun pada plastik SBPEG-V 8 mL didapat nilai kuat tarik yang menurun, disebabkan karena matriks pada plastik telah melewati titik jenuhnya, sehingga jika ditambahkan lagi menggunakan virgin coconut oil di atas 6 mL tidak akan mempengaruhi nilai kuat tariknya lagi. Berdasarkan pengujian kuat tarik, maka didapatkan plastik dengan kualitas yang terbaik pada plastik SBPEG-V 6 mL dan digunakan pada uji gugus fungsi (FTIR) dan kristanilitas (XRD).

#### B. Persen pemanjangan plastik biodegradable

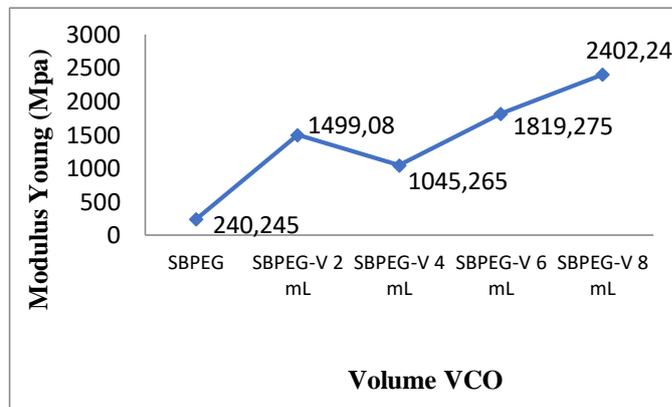


Gambar 2. Grafik Uji Elongasi

Berdasarkan gambar 2, menunjukkan nilai elongasi menurun sebanding dengan penambahan volume virgin coconut oil.

Nilai dari persen pemanjangan berbanding terbalik dengan nilai kuat tarik, dimana semakin tinggi volume virgin coconut oil yang ditambahkan maka molekul virgin coconut oil akan membentuk matriks film yang semakin kuat dan semakin sulit untuk putus yang mengakibatkan nilai perpanjangan atau elongasi menurun [11].

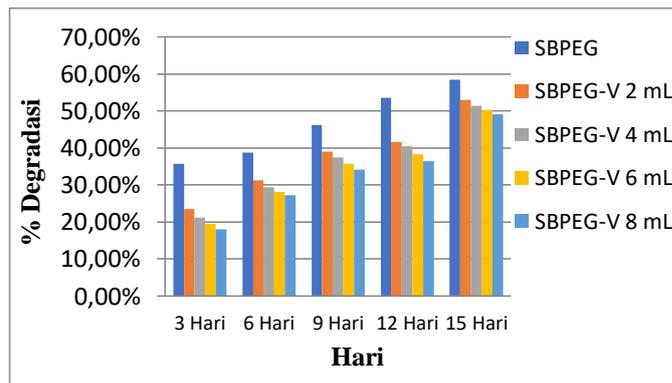
#### C. Elastisitas



Gambar 3. Grafik Uji Elastisitas

Dapat dilihat dari gambar 3, bahwa nilai elastisitas semakin tinggi seiring dengan bertambahnya volume VCO yang ditambahkan. Yang mana nilai elastisitas dipengaruhi oleh banyak polimer yang ditambahkan, dimana semakin besar volume VCO yang ditambahkan maka nilai elastisitas akan semakin besar. Tingginya volume VCO yang digunakan maka banyak polimer penyusun matriks semakin tebal dan mengakibatkan semakin besar energi yang dibutuhkan untuk memutus spesimen sehingga kuat tarik semakin besar, yang mana nilai kuat tarik berbanding lurus dengan elastisitas [11].

#### D. Uji biodegradasi

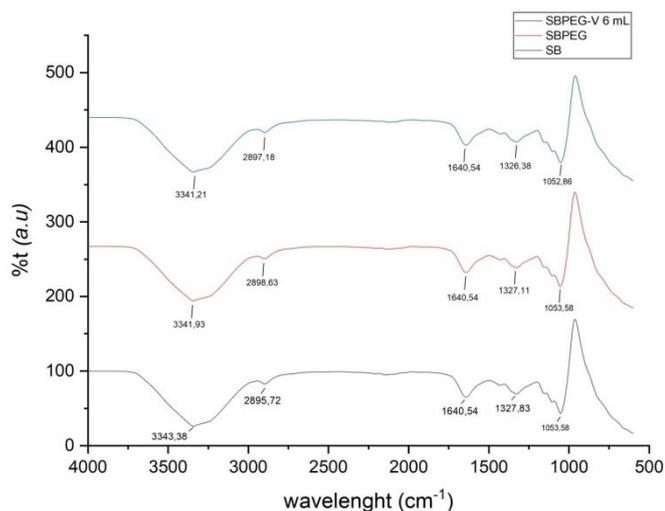


Gambar 4. Grafik Uji Biodegradasi

Berdasarkan gambar 4, dapat dilihat plastik *biodegradable* yang terdegradasi ditandai dengan mengalami kerusakan dan pengurangan massa setelah penguburan. Maulana [12] menyatakan bahwa plastik *biodegradable* mudah terdegradasi karena mengandung gugus hidroksil (OH) dan karboksil (CO) yang mudah terdegradasi di alam. dapat dilihat dari grafik diatas bahwasanya penambahan volume virgin coconut oil berbanding terbalik dengan persentase plastik yang

terdegradasi, semakin banyak virgin coconut oil yang ditambahkan pada plastik semakin lama plastik tersebut terdegradasi. Hal ini disebabkan oleh virgin coconut oil yang memiliki sifat hidrofobik dan anti mikroba sehingga sukar mengikat air yang menjadikan plastik sulit terdegradasi [13], yang mana kemampuan degradasi dari plastik berkaitan dengan kemampuan menyerap air. Semakin besar air suatu material maka lebih gampang terdegradasi. Air ialah media bagi sebagian besar bakteri dan mikroba terutama yang ada di dalam tanah. Sehingga kandungan air menjadikan plastik menjadi lebih mudah terdegradasi [14].

E. Analisis gugus fungsi (FTIR)



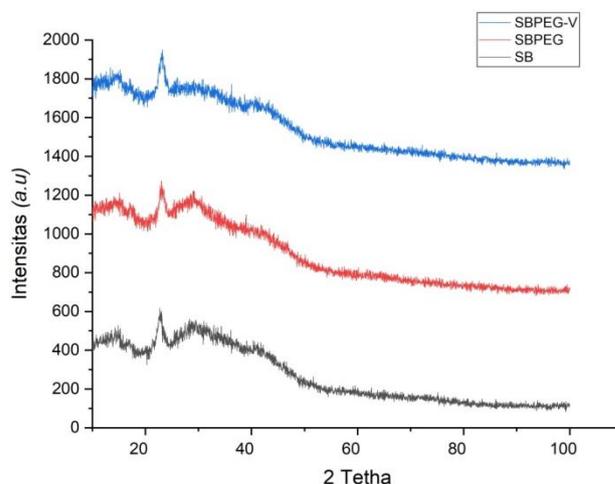
Gambar 5. Spektrum FTIR

Dari gambar 5, dapat dianalisis gugus fungsi yang terdapat pada SB, SBPEG, dan SBPEG-V 6 mL yaitu gugus O-H di bilangan gelombang antara 3500-3200 cm<sup>-1</sup>, ikatan C-H di bilangan gelombang antara 3000-2840 cm<sup>-1</sup>, ikatan C=C di bilangan gelombang antara 1675-1500 cm<sup>-1</sup>, ikatan C-O (ikatan β-glikosidik) di bilangan gelombang antara 1500-1000 cm<sup>-1</sup> [15]. Berdasarkan pengujian analisa gugus fungsi dengan FTIR ini menunjukkan tidak adanya gugus fungsi baru yang terbentuk, tetapi cuma mengalami pergeseran gugus fungsi. Pergeseran gugus fungsi ini disebabkan karena adanya penambahan PEG dan juga penambahan PEG-VCO pada SB. Hal ini menunjukkan pada proses pembuatan bioplastik yang disertai penambahan zat aditif hanyalah proses blending secara fisika karna tidak terdapat gugus fungsi baru. Adapun puncak-puncak yang muncul dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

TABEL 1  
BILANGAN GELOMBANG PUNCAK SPEKTRA

Sampel	Puncak (cm <sup>-1</sup> )			
	O-H	C-H	C=C	C-O
SB	3343,38	2895,72	1640,54	1053,58
SBPEG	3341,93	2898,63	1640,54	1053,58
SBPEG-V	3341,21	2897,18	1640,54	1052,86

F. Karakteristik kristanilitas plastik SBPEG-V (XRD)



Gambar 6. Difraktogram XRD SBPEG-V

Berdasarkan gambar 6, dapat dilihat difraktogram plastik *biodegradable* dari air kelapa tanpa penambahan virgin coconut oil menunjukkan material yang berbentuk amorf dan kristalin, hasil ini sesuai dengan penelitian Maneking [16] plastik *biodegradable* berbentuk material semikristalin yang mana material terdiri dari unit kristalin dan amorf.

Berdasarkan perhitungan derajat kristanilitas pada plastik *biodegradable* didapatkan derajat kristanilitas plastik SB murni sebesar 83,75%, hal ini SB murni memiliki struktur amorf sebesar 16,25%. Untuk derajat kristanilitas SBPEG sebesar 70,68% dan struktur amorf nya sebesar 29,32%. Dan untuk derajat kristanilitas SBPEG-V 6 mL sebesar 81,31% dan struktur amorf nya sebesar 18,69%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan virgin coconut oil menaikkan derajat kristanilitas plastik *biodegradable*. Derajat kristanilitas akan mempengaruhi daya degradasi plastik *biodegradable*, dimana plastik *biodegradable* dengan nilai derajat kristanilitas yang rendah akan mudah terdegradasi daripada nilai kristanilitas yang tinggi [16]. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rohaeti [17] bagian amorf pada plastik *biodegradable* akan mudah terdegradasi, karena bagian amorf akan mudah diserang oleh mikroorganisme pengurai dalam tanah. Bagian amorf dari polimer merupakan bagian yang kurang teratur, selain itu

amorf lebih banyak mengandung gugus fungsi yang berperan sebagai substrat dari pada kristalin.

Sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Moeljopawiro [18] menjelaskan bahwa semakin tinggi derajat kristanilitas maka nilai kuat tarik juga akan semakin tinggi. Hal ini juga terlihat dari hasil penelitian saat ini yang mana nilai kuat tarik plastik SBPEG-V 6 mL lebih tinggi daripada nilai kuat tarik plastik SBPEG.

#### IV. KESIMPULAN

Dapat disimpulkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut:

1. Pengaruh penambahan zat aditif virgin coconut oil pada SBPEG terhadap pengujian biodegradasi didapatkan hasil pada penguburan selama 15 hari terdegradasi lebih dari 50% yang mana semakin banyak virgin coconut oil yang ditambahkan kemampuan biodegradasi plastik semakin menurun tetapi ini masih jauh lebih baik dari pada plastik dari bahan sintesis yang bisa mencapai puluhan tahun. Analisis FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi pada SBPEG-V, namun tidak ditemukan gugus baru. Pada analisis kristanilitas menunjukkan persentase derajat kristanilitas plastik SBPEG-V lebih tinggi dari pada plastik SBPEG.
2. Kualitas plastik SBPEG-V terbaik didapatkan pada penambahan VCO 6 mL dengan nilai *tensile strengt* dan elastisitas sebesar 71,81 MPa dan 1819,275 MPa.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih pada departemen kimia fakultas matematika dan ilmu pengetahuan alam universitas negeri padang yang telah mengizinkan dan memberikan fasilitas laboratorium kimia dalam penyelesaian penelitian ini.

#### REFERENSI

- [1] T. Narancic *et al.*, "Biodegradable Plastic Blends Create New Possibilities for End-of-Life Management of Plastics but They Are Not a Panacea for Plastic Pollution," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 52, no. 18, pp. 10441–10452, 2018, doi: 10.1021/acs.est.8b02963.
- [2] H. H. dan E. Y. P. Elmi Kamsiati, "potensi pengembangan plastik biodegradable berbasis pati sago dan ubikayu di indonesia The Development Potential of Sago and Cassava Starch-Based Biodegradable Plastic in Indonesia," vol. 36, pp. 67–76, 2017, doi: 10.21082/jp3.v36n2.2017.p67-76.
- [3] P. Purwaningrum, "Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik Di Lingkungan," *Indones. J. Urban Environ. Technol.*, vol. 8, no. 2, p. 141, 2016, doi: 10.25105/urbanenvirotech.v8i2.1421.
- [4] Y. Darni and H. Utami, "Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum," *J. Rekayasa Kim. Lingkung.*, vol. 7, no. 2, pp. 1–1, 2009.
- [5] I. Vroman and L. Tighzert, "Biodegradable polymers," *Materials (Basel)*, vol. 2, no. 2, pp. 307–344, 2009, doi: 10.3390/ma2020307.
- [6] D. P. Dewanti, "Cellulose potential of empty fruit bunches waste as the raw material of bioplastics," *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 19, no. 1, p. 81, 2018.
- [7] R. A. Ifadah *et al.*, "strain improvement acetobacter xylinum menggunakan ethyl methane sulfonate ( ems ) sebagai upaya peningkatan produksi selulosa bakteri Strain Improvement Acetobacter xylinum by Ethyl Methane Sulfonate ( EMS ) to Enhance Bacterial Cellulose Production," vol. 4, no. 1, pp. 273–282, 2016.
- [8] F. Yelli, "penggunaan air kelapa dan aspirin untuk preservasi ubi

- jalar (ipomea batatas) secara in vitro," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., vol. 19, no. 1, pp. 35–42, 2020.
- [9] F. Hidayat, S. Syaubari, and R. Salima, "Pemanfaatan pati tapioka dan kitosan dalam pembuatan plastik biodegradable dengan penambahan gliserol sebagai plasticizer," *J. Litbang Ind.*, vol. 10, no. 1, p. 33, 2020, doi: 10.24960/jli.v10i1.5970.33-38.
- [10] A. N. Aini, N. Riyati, F. Restiandika, and R. A. S. Lestari, "Plastik Biodegradable Limbah Nasi," *Semin. Nas. Tek. Kim. ECOSMART*, pp. 203–209, 2018.
- [11] R. E. A. dan Suyatno, "pengaruh konsentrasi karagenan terhadap sifat fisik dan mekanik edible film dari pati bonggol pisang dan karagenan dengan plasticizer gliserol." 2015.
- [12] M. I. Maulana, I. Syahbanu, and Harlia, "Sintesis dan Karakterisasi Material Konduktif Film Komposit Polipirrol (PPy)/Selulosa Bakteri," *Jkk*, vol. 6, no. 3, pp. 11–18, 2017.
- [13] S. N. Y. Putri *et al.*, "Pengaruh Mikroorganisme, Bahan Baku, Dan Waktu Inkubasi Pada Karakter Nata: Review," *J. Teknol. Has. Pertan.*, vol. 14, no. 1, p. 62, 2021, doi: 10.20961/jthp.v14i1.47654.
- [14] M. Jannah, "Analisis Penambahan Gula Jagung Terhadap Karakteristik dan Degradasi Plastik Biodegradable Air Pati Ubi Kayu ( manihot utilisima ) Jurusan Fisika , Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang," vol. 1, no. April, pp. 81–88, 2014.
- [15] Dachriyanus, *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. 2004.
- [16] E. Maneking, H. F. Sangian, and S. H. J. Tongkukut, "Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Biomassa dengan Plasticizer Gliserol," *J. MIPA*, vol. 9, no. 1, p. 23, 2020, doi: 10.35799/jmuo.9.1.2020.27420.
- [17] E. Rohaeti, "Karakterisasi Biodegradasi Polimer," *Prosiiding Semin. Nas. Penelitian, Pendidik. dan Penerapan MIPA*, vol. 47, pp. 248–257, 2009.
- [18] S. Moeljopawiro, B. Setiaji, and L. Sembiring, "Sifat Fisikokimiawi Selulosa Produksi Isolat Bakteri," *J. Agritekologi*, vol. 35, no. 4, pp. 434–440, 2015.