

Pengaruh Penambahan Zat Aditif *Polyvinyl alcohol* (PVA) Terhadap Kualitas Plastik *Biodegradable* Berbasis Selulosa Bakteri-Gliserol Dari Air Kelapa (*Cocos nucifera*)

Fatima Rahmi AR, Ananda Putra*

Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Hamka Air Tawar Padang, Indonesia Telp. 0751 7057420

*anandap@fmipa.unp.ac.id

Abstract - Biodegradable plastics are plastics that can be decomposed or easily degraded by the activity of microorganisms. The aims of this study is to determine the effect of adding concentration variations of Polyvinyl alcohol additives to biodegradable plastics and determine the characteristics of the physical, mechanical and biodegradation of biodegradable plastics. This study used 3,5% glycerol as a plasticizer with PVA mass variations, namely 2 gr, 4 gr, 6 gr and 8 gr. The physical properties test results obtained, namely the percentage content and swelling test values, decreased as the mass of PVA was added. The optimum results of the characteristics of the mechanical properties of plastic are the addition of 8 gr PVA with a tensile strength value of 126.71 MPa, elongation of 4.19% and elasticity of 290.14 MPa. In biodegradation testing, tests were carried out on SB, SBG and SBG-PVA samples where with the addition of PVA the plastic degraded more slowly. Characteristics of functional groups using FTIR showed that no new functional groups were formed and the characteristics of plastic crystallinity using XRD for pure SB plastic were 63.68%, SBG was 67.94%, and SBG-PVA was 89.03%.

Keywords - Coconut Water, Polyvinyl Alcohol, Biodegradable Plastic, Bacterial Cellulose, Glycerol.

I. PENDAHULUAN

Plastik adalah senyawa polimer yang sangat berguna karena harganya yang murah dan memiliki keserbagunaan terutama dalam aplikasi kemasan [1]. Bahaya penggunaan plastik telah diarahkan oleh pemerintah global, perusahaan bisnis, dan komunitas lokal untuk memerangi penyebarannya di lingkungan. Kesalahan dalam pengurusannya dan kurang dimanfaatkan sebagai sumber daya membuat plastik berbahaya bagi lingkungan. Namun, karena fleksibilitas, daya tahan, dan harga yang terjangkau memicu inovasi pembuatan plastik lebih lanjut disetiap sektor yang memungkinkan [2].

Sebagai solusi untuk mengatasi masalah lingkungan maka dikembangkanlah kemasan plastik *biodegradable*. Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang akan terurai menjadi air (H₂O) dan gas karbondioksida (CO₂) setelah digunakan dan dibuang ke lingkungan disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme, namun dapat digunakan dengan cara yang sama seperti plastik konvensional [3]. Sudah banyak konsumen dan produsen mencoba menemukan bahan alternatif untuk menggantikan plastik dan mikroplastik, dan plastik *biodegradable* telah muncul sebagai pilihan yang layak. Beberapa plastik *biodegradable* telah menunjukkan sifat mekanik, sifat *degradable* dan fisikokimia yang sangat baik dalam berbagai penggunaan industri, diakui secara luas bahwa

plastik *biodegradable* belum menjadi pengganti yang layak untuk plastik sintetik [4]. Biodegradabilitas dari polimer penyusun plastik dapat ditingkatkan dengan memadukannya dengan bahan alami (bahan) seperti pati, kitin, atau selulosa [5].

Selulosa adalah senyawa organik, polisakarida, yang terdiri dari rantai linier beberapa ratus hingga ribuan unit glukosa [6]. Selulosa dianggap sebagai polimer berbasis bio dengan kelimpahan tertinggi dari sumber daya alam. Pemanfaatan selulosa sebagai bahan baku untuk bahan berbasis bio lebih disukai karena ketersediaannya yang mudah, pemanfaatan limbah dan efektivitas biaya [7]. Selulosa yang dihasilkan oleh bakteri dikenal sebagai selulosa bakteri (SB) [8].

Selulosa bakteri adalah salah satu biomaterial berstruktur nano, menampilkan sifat unik dengan perspektif luas untuk aplikasi di berbagai bidang, termasuk membran komposit, obat-obatan, kulit buatan, pembuluh darah, dan bahan pengikat. Terdapat beberapa mikroorganisme yang mampu mensintesis selulosa, namun hanya *Acetobacter xylinum* yang cukup banyak dalam aplikasi industri. [9]. *Acetobacter* berhasil mengasimilasi berbagai gula dan menghasilkan selulosa tingkat tinggi dalam media cair. Mikroorganisme ini sederhana dan mampu membangun polimer dari bahan baku yang tersedia dan sumber bahan baku

sekunder, seperti sirup gula, pati, pati terhidrolisis, dan limbah produksi dekstran [10].

Kelapa adalah buah populer yang tumbuh secara luas di banyak negara tropis. Air kelapa mudah diakses dan dapat diubah menjadi produk lain, plastik *biodegradable* berbasis selulosa bakteri yang memiliki sejumlah keunggulan. Plastisizer dan aditif penting untuk meningkatkan karakteristik plastik [9]. Zat gizi makro yang terdapat pada air kelapa yaitu karbohidrat (KH), lemak (L), dan protein (P). Air kelapa tua mengandung 7,27% KH, 0,15% L, dan 0,29% P [11].

Pada penelitian ini digunakan gliserol dan PVA sebagai zat aditif. Gliserol dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas plastik, yang lebih ulet, lentur, dan licin. Gliserol memiliki berat molekul yang rendah sehingga dapat digunakan sebagai bahan dalam penggunaannya sebagai plastisizer [12]. Aditif ditambahkan ke plastik untuk meningkatkan ketahanannya. Polimer polivinil alkohol sintetik (PVA) bersifat hidrofilik, dapat terurai secara hayati, memiliki fleksibilitas yang baik, mudah diproduksi, dan tidak beracun. Selain itu PVA juga membentuk film dengan baik dan larut dalam air. Peningkatan konsentrasi polivinil alkohol dalam komposit *biodegradable* dapat dilakukan karena penambahan PVA dapat meningkatkan karakteristik mekanik komposit yang dihasilkan.

Melanjutkan dari penelitian Andriani (2019), mengenai pengaruh penambahan zat aditif kitosan terhadap kualitas plastik *biodegradable* berbasis selulosa gliserol bakteri dari air kelapa menunjukkan pengaruh yang cukup baik dari penambahan kitosan, namun masih memerlukan perlakuan lebih lanjut untuk mendapatkan plastik dengan kekuatan seperti plastik konvensional namun dapat terurai lebih cepat atau terkonversi lebih cepat di alam. Untuk itu pada penelitian ini digunakan zat aditif pengganti kitosan sebagai alternatif lain yaitu *Polyvinyl alcohol* (PVA). PVA diharapkan dapat meningkatkan kualitas plastik *biodegradable* dari penelitian sebelumnya, maka dari itu penelitian ini akan membahas tentang "Pengaruh Penambahan Zat Aditif *Polyvinyl alcohol* (PVA) terhadap Kualitas Plastik *Biodegradable* Berbasis Selulosa Bakteri-Gliserol dari Air Kelapa (*Cocos nucifera*)".

II. METODE PENELITIAN

A. Alat

Penelitian ini menggunakan peralatan dalam pembuatan dan karakterisasi selulosa bakteri diantaranya: peralatan gelas laboratorium, wadah plastik ukuran 24 x 17 x 4 cm, panci pemasak, kompor, kain lap, koran, tisu gulung, saringan, karet, pengaduk, pisau, gunting, kertas pH, neraca analitis, setrika, cawan penguap, oven, alat kuat tarik (*Tension Testing ASTM vol 03.10 tahun 1991*), *fourier transform infra red* (FTIR) dan *X-Ray Diffraction* (XRD).

B. Bahan

Pembuatan plastik *biodegradable* ini menggunakan bahan berbasis selulosa gliserol bacterial diantaranya: air kelapa, inokulum *A. xylinum*, Sukrosa, Asam asetat, Pupuk urea, Air, Gliserol, NaOH dan PVA.

C. Prosedur Kerja

1. Pembuatan Medium SBG-PVA

Ada 5 variasi PVA yang digunakan sebagai zat aditif yaitu:

- Medium AK dengan penambahan 0 gr PVA.
- Medium AK dengan penambahan 2 gr PVA.
- Medium AK dengan penambahan 4 gr PVA.
- Medium AK dengan penambahan 6 gr PVA.
- Medium AK dengan penambahan 8 gr PVA.

Pembuatan medium air kelapa dilakukan secara aseptis yaitu dengan memasukkan air kelapa sebanyak 600 mL, 60 gr gula, 6 gr urea dan dipanaskan hingga mendidih, lalu ditambahkan 12 mL asam asetat kemudian ditambahkan plastisizer gliserol 3,5% dan PVA yang divariasikan ke dalam panci. Medium dipanaskan sampai mendidih. Medium yang telah mendidih dipindahkan ke dalam wadah plastik dan selanjutnya ditutup dengan kertas koran yang telah disterilisasi terlebih dahulu. Kemudian medium dibiarkan sampai suhu kamar.

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

2. Pencucian dan Pemurnian Selulosa Bakteri Gliserol-PVA

Selulosa bakteri yang telah terbentuk dicuci dengan air mengalir selama ± 24 jam, kemudian direndam dengan NaOH 2% (%w/v) selama ± 24 jam. Setelah itu dicuci dengan air mengalir sampai pH 7. Proses pembersihan dilakukan agar selulosa bakteri yang sudah terbentuk tidak menjadi bau dan busuk karena tumbuhnya jamur. Selulosa bakteri berhasil ditandai dengan lembaran tebal berwarna putih, tidak berjamur, tidak berlubang dan tidak terdapat bercak hitam pada selulosa bakteri gliserol.

3. Pembuatan Lembaran Plastik SBG-PVA

SBG-PVA yang sudah dimurnikan kemudian dipotong dengan ukuran yang dibutuhkan, kemudian diletakkan pada wadah lalu dioven dengan suhu 105°C selama 1 jam agar kandungan airnya hilang. Lembaran SGB-P plastik telah siap dikarakterisasi.

4. Karakterisasi Sifat Fisik Plastik Biodegradable

a. Uji Kandungan Air

Uji kandungan air pada selulosa bakteri gliserol dimana selulosa dipotong dengan ukuran 5 cm x 5 cm, di timbang dengan neraca analitis. Kemudian selulosa bakteri gliserol PVA di letakkan di dalam cawan penguap dan di oven hingga kering, lalu ditimbang kembali plastik. Persen air yang terkandung dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\% KA = \frac{Bb - Bk}{Bb} \times 100\%$$

Dimana:

- %KA = Persen kandungan air
- Bb = Berat basah
- Bk = Berat kering

b. Uji Penggembungan (*swelling test*)

Masing-masing plastik dari selulosa bakteri gliserol PVA ditimbang dan dicatat sebagai berat awal. Lalu plastik direndam dalam 20 ml aquades dan dibiarkan selama 24 jam. Kemudian plastik diangkat dan permukaannya di lap dengan tisu, lalu ditimbang. Perlakuan ini dilakukan hingga berat plastik konstan. Dihitung persentase *swelling* dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\%DP = \frac{Bkn - Ba}{Ba} \times 100\%$$

Dimana:

- %DP = Persentase penggembungan
- Bkn = Berat konstan
- Ba = Berat awal

5. Karakterisasi Sifat Mekanik Plastik *biodegradable*

a. Uji Kuat Tarik

Kuat tarik diukur dengan menggunakan alat Tensile Strength industries model SSB 0500. Analisis kuat tarik plastik dilakukan melalui data yang diperoleh dari alat tensometer.

Besarnya kuat tarik bisa dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

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

Dimana:

- F maks = Gaya yang diberikan alat (N)
- Ao = Luas penampangan (mm²)
- σt = Kuat Tarik (MPa)

b. Uji Kuat Putus (Elongasi)

Pengukuran kuat putus dilakukan dengan cara yang sama dengan pengujian kuat tarik. Elongasi dinyatakan dalam persentase, dihitung dengan cara:

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

c. Uji Elastisitas (*Modulus Young*)

Elastisitas adalah ukuran kekakuan suatu bahan. Semakin kecil nilai elastisitas, maka semakin baik plastik yang dihasilkan. Nilai

modulus young (MPa) dapat ditentukan dengan perbandingan nilai kuat tarik dan nilai perpanjangan saat putus.

d. Uji biodegradasi

Analisis biodegradasi lembaran plastik SGB dilakukan dengan mengubur lembaran plastik didalam tanah dengan ukuran 5x5 cm pada kedalaman tanah 4 cm. Proses penguburan dilakukan selama 15 hari. Sebelum dikubur, plastik ditimbang massanya, kemudian dikubur didalam tanah selama 15 hari dengan interval penimbangan setiap 3 hari. Plastik yang terurai dapat dihitung melalui persamaan berikut:

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

Dimana:

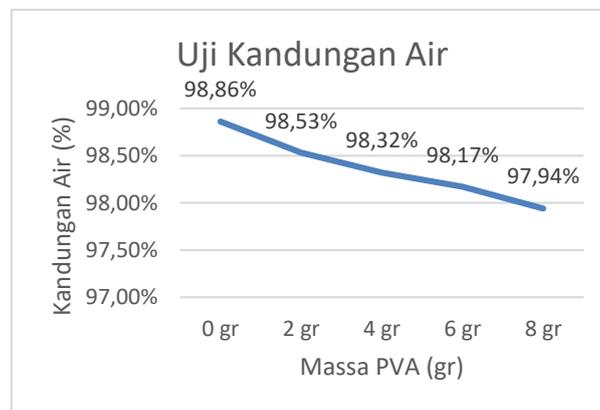
- m = Massa sampel sebelum dikubur
- m_o = Massa sampel setelah dikubur

III. PEMBAHASAN

A. Karakterisasi Sifat Fisik Plastik *Biodegradable*

1. Kandungan Air SBG-PVA

Uji kandungan air merupakan salah satu uji fisik mengetahui presentase kandungan air yang ada pada selulosa bakteri gliserol-PVA. Kadar air adalah parameter penting untuk melihat pengaruh penambahan aditif dan plastisizer terhadap kandungan air plastik *biodegradable*. Adapun pengaruh penambahan zat aditif PVA terhadap kualitas plastik *biodegradable* berbasis selulosa bakteri gliserol adalah sebagai berikut.

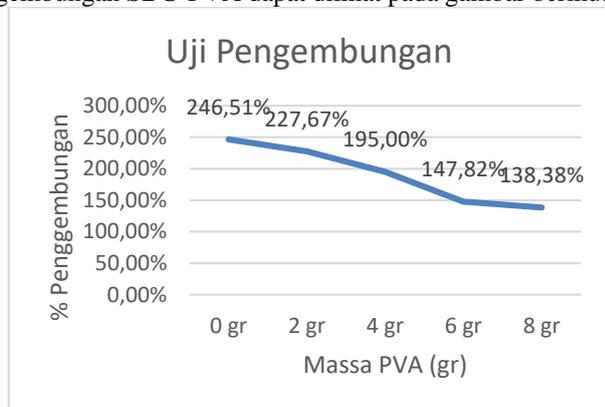


Gambar 1. Grafik Uji Kandungan Air SBG-PVA

Berdasarkan gambar dapat dilihat bahwa semakin banyaknya penambahan PVA maka kandungan air dari plastik semakin kecil. Konsentrasi air pada selulosa dapat digantikan oleh PVA. PVA banyak digunakan sebagai pembentuk film karena memiliki sifat *biodegradable*. PVA membentuk gel yang cepat mengering dan membentuk lapisan transparan dan kuat [13]. Selain manfaat PVA yang baik dalam pembuatan kemasan PVA juga tahan terhadap minyak dan lemak [14].

2. Uji Penggembungan (*Swelling Test*) SBG-PVA

Uji pengembangan merupakan tahap uji mengetahui terjadinya ikatan dalam suatu polimer yang ditentukan dengan adanya penambahan berat setelah dilakukan perendaman atau terjadi penyerapan air. Oleh sebab itu swelling termasuk hal penting untuk mengetahui ketahanan suatu plastik [15]. Pengaruh penambahan variasi PVA terhadap persentase pengembangan SBG-PVA dapat dilihat pada gambar berikut.



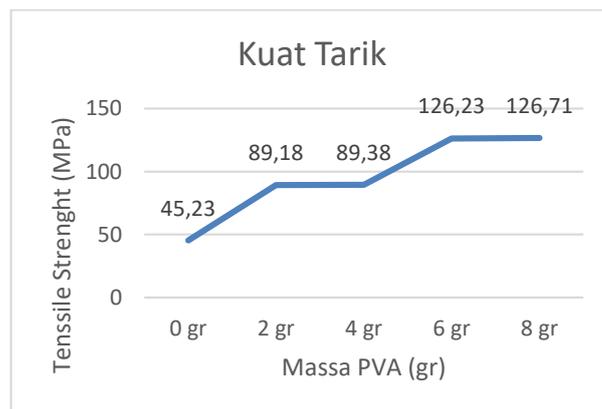
Gambar 2. Grafik Uji Pengembangan

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat, terjadi penurunan tingkat pengembangan. Semakin banyak konsentrasi PVA maka semakin rendah persentase pengembangan SBG-PVA. Hal ini menunjukkan bahwa PVA berikatan baik dengan selulosa bakteri, dengan ditamhkannya PVA dapat memperbaiki sifat lengket, basah dan kemudahan menyerap air SBG karena PVA mampu membentuk film dengan baik [16]. PVA juga termasuk bahan yang semikristalin sehingga menyebabkan air sulit untuk berdifusi. Persentase pengembangan tertinggi yaitu pada variasi 0 gr PVA sedangkan persentase terendah yaitu dengan penambahan 8 gr PVA.

B. Karakterisasi Sifat Mekanik Plastik Biodegradable

1. Uji Kuat Tarik

Kuat tarik (tensile strength) adalah tarikan maksimum yang dapat dicapai suatu sampel sampai dapat bertahan sebelum putus. Pengujian kuat tarik dilakukan pada plastik untuk mengetahui gaya maksimum yang dapat ditahan plastik sebelum putus. Kuat tarik merupakan analisa penting dalam pembuatan plastik biodegradable untuk menentukan keberhasilan pembuatan plastik yang kuat namun dapat terdegradasi lebih cepat di alam. Plastik ditarik menggunakan alat Tensile Strength dengan ukuran plastik 10x3 cm. pengaruh penambahan PVA terhadap kuat tarik plastik SBG-PVA dapat dilihat pada gambar.

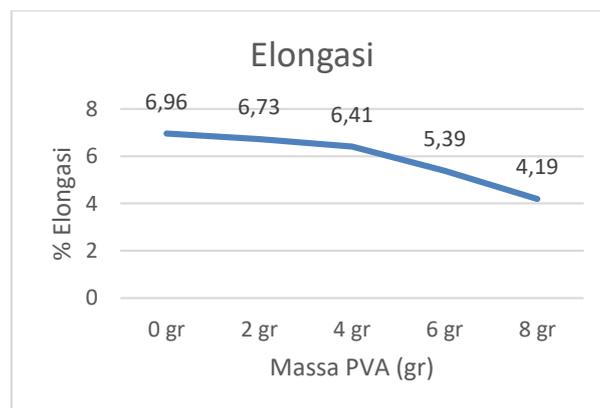


Gambar 3. Pengaruh Penambahan PVA Terhadap Uji Kuat Tarik SBG-PVA

Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa seiring penambahan konsentrasi PVA maka semakin tinggi nilai kuat tarik yang dihasilkan. Hal tersebut terjadi karena pada PVA terdapat gugus hidroksil (-OH), gugus hidroksil pada PVA dapat berikatan dengan gugus hidroksil pada gliserol sehingga plastik yang dihasilkan lebih padat dan kuat [17]. Nilai kuat tarik tertinggi yaitu pada SBG-PVA 8gr sebesar 126,71 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak PVA yang ditambahkan maka plastik yang dihasilkan semakin kuat dan mampu mencapai nilai SNI kuat tarik plastik konvensional.

2. Persen Pemanjangan (Elongasi)

Uji kuat putus merupakan perubahan panjang maksimum plastik sebelum putus saat mengalami peregangan. Pemanjangan atau elongasi penting untuk mengetahui bagaimana kemampun plastik menahan beban sebelum terputus. Pengaruh penambahan PVA terhadap nilai elongasi plastik SBG-PVA dapat dilihat pada gambar berikut.



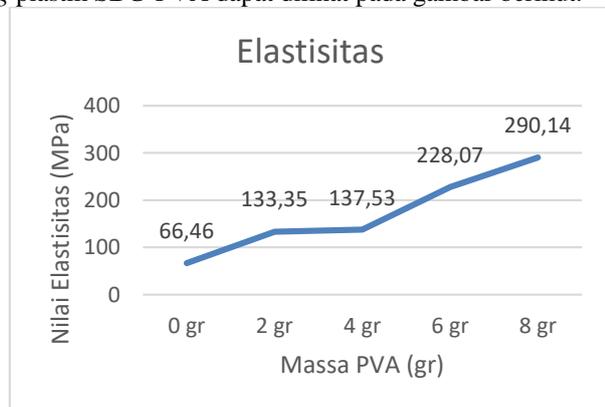
Gambar 4. Pengaruh Penambahan PVA Terhadap Elongasi SBG-PVA

Berdasarkan gambar 4, semakin banyak konsentrasi PVA yang ditambahkan, maka semakin rendah % pemanjangan yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena PVA dapat mengurangi sifat keplastisan dan kelenturan dari plastik akibat ikatan-ikatan hidrogen yang terbentuk pada plastik [3]. Nilai elongasi tertinggi didapatkan pada selulosa bakteri gliserol tanpa

penambahan PVA yaitu sebesar 6,86% sedangkan nilai elongasi terendah yaitu pada penambahan PVA 8 gr sebesar 4,19 %.

3. Elastisitas (Modulus Young)

Elastisitas adalah tingkat kekakuan plastik *biodegradable* yang dihasilkan. Pengaruh penambahan PVA terhadap *modulus young* plastik SBG-PVA dapat dilihat pada gambar berikut.

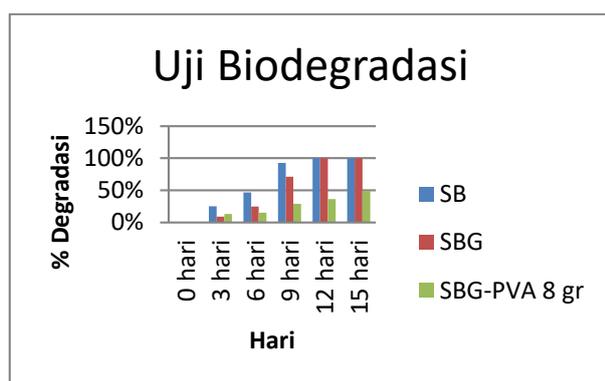


Gambar 5. Pengaruh Penambahan PVA Terhadap Elastisitas SBG-PVA

Berdasarkan gambar 5, dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya konsentrasi PVA maka nilai elastisitas plastik SBG-PVA semakin meningkat. Pada variasi 8 gr PVA didapatkan nilai tertinggi yaitu sebesar 209,14 MPa dan nilai terendah elastisitas yaitu tanpa penambahan PVA sebesar 66,46 MPa. Nilai elastisitas berbanding lurus dengan nilai kuat tarik. Semakin besar nilai elastisitas plastik, semakin kuat menahan beban dan tidak mudah sobek [18].

4. Uji biodegradasi.

Biodegradasi merupakan proses suatu mikroorganisme mampu mendegradasi atau memecah suatu polimer. Uji biodegradasi merupakan uji untuk mengetahui tingkat ketahanan plastik *biodegradable* terhadap mikroorganisme pengurai, suhu serta kelembaban tanah.



Gambar 6. Pengaruh penambahan PVA terhadap Biodegradasi SBG-PVA

Berdasarkan gambar 6, Hasil uji biodegradasi plastik SBG-PVA menunjukkan bahwa dengan penambahan PVA menurunkan tingkat biodegradasi. Hal ini terjadi karena meskipun PVA memiliki sifat *biodegradable*, namun PVA merupakan polimer sintetik yang dihasilkan dari minyak bumi [19]. Plastik dengan penambahan PVA lebih kuat karena gugus

–OH pada PVA mengalami interaksi dengan gugus –OH pada gliserol sehingga menghasilkan ikatan yang lebih kuat sehingga lebih lama terdegradasi.

IV. KESIMPULAN

Dapat disimpulkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut:

1. Penambahan variasi *polyvinyl alcohol* pada plastik *biodegradable* dapat mempengaruhi persentase kandungan air, persentase pengembangan, nilai kuat tarik, elongasi, elastisitas, dan nilai biodegradasi pada plastik *biodegradable* berbasis selulosa bakteri-gliserol.
2. Penambahan variasi *polyvinyl alcohol* pada plastik SBG menurunkan % kandungan air dan % pengembangan seiring dengan penambahan massa PVA. Nilai kuat tarik tertinggi didapatkan pada variasi penambahan 8 gr PVA, nilai elongasi menurun dan nilai elastisitas meningkat seiring penambahan variasi massa PVA. Pada uji biodegradasi pada kondisi optimum plastik SBG-PVA 8 gr lebih sulit terdegradasi daripada plastik SB dan SBG, pada penguburan selama 15 hari didapatkan hasil plastik terdegradasi sudah mencapai 49,06%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih pada Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang yang telah memberi izin dan memberikan fasilitas Laboratorium Kimia dalam pelaksanaan penelitian ini. Terimakasih kepada Ibu Dra. Suryelita, M.Si dan Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D selaku dosen pembahas skripsi. Serta tim penelitian yang telah berpartisipasi dalam penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- [1] T. Mekonnen, P. Mussone, H. Khalil, and D. Bressler, "Progress in bio-based plastics and plasticizing modifications," *J. Mater. Chem. A*, vol. 1, no. 43, pp. 13379–13398, 2013, doi: 10.1039/c3ta12555f.
- [2] K. R. Vanapalli *et al.*, "Challenges and strategies for effective plastic waste management during and post COVID-19 pandemic," *Sci. Total Environ.*, vol. 750, p. 141514, 2021
- [3] K. Dermawan, R. A. Sigit Lestari, and M. Kasmiyatun, "Pembuatan Plastik Biodegradable dari Pati Biji Nangka dengan Penambahan Polyvinyl Alcohol (PVA) dan Sorbitol," *CHEMTAG J. Chem. Eng.*, vol. 1, no. 1, p. 18, 2020.
- [4] T. D. Moshood, G. Nawanir, F. Mahmud, F. Mohamad, M. H. Ahmad, and A. AbdulGhani, "Biodegradable plastic applications towards sustainability: A recent innovations in the green product," *Clean. Eng. Technol.*, vol. 6, p. 100404, 2022, doi: 10.1016/j.clet.2022.100404.
- [5] S. M. Al-Salem *et al.*, "Thermal response and degressive reaction study of oxo-biodegradable plastic products exposed to various degradation media," *Int. J. Polym. Sci.*, vol. 2019, 2019.
- [6] J. Chutrtong and W. Chutrtong, "Paper for Chromatographic Technique from Coconut Pulp Cellulose," *Procedia Manuf.*, vol. 32, pp. 969–974, 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2019.02.310.
- [7] K. Thinkohkaew, N. Rodthongkum, and S. Ummartyotin, "Coconut husk (Cocos nucifera) cellulose reinforced poly vinyl alcohol-based hydrogel composite with control-release behavior of methylene blue," *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 9, no. 3, pp. 6602–6611, 2020, doi: 10.1016/j.jmrt.2020.04.051.
- [8] P. Sharma, M. Mittal, A. Yadav, and N. K. Aggarwal, "Bacterial

- cellulose: Nano-biomaterial for biodegradable face masks – A greener approach towards environment,” *Environ. Nanotechnology, Monit. Manag.*, vol. 19, no. August 2022, 2023, doi: 10.1016/j.enmm.2022.100759.
- [9] R. Andriani and A. Putra, “Effect of the Safety of Chitosan Additive to Biodegradable Plastic Quality Based on Cellulose of Bacterial Glycerol from Coconut Water (*Cocos Nucifera*),” *Int. J. Sci. Res. Eng. Dev.*, vol. 2, no. 4, pp. 392–396, 2019, [Online]. Available: www.ijrsred.com
- [10] P. D. Kasi, E. P. Tenriawaru, and R. Ridwan, “Bacterial Cellulose Production from Combination of Coconut Water and Sago Wastewater,” *Proc. Int. Conf. Nat. Soc. Sci.*, no. September, pp. 33–37, 2019, doi: <https://doi.org/10.30605/iconss.44>.
- [11] S. Ibrahim, “Potensi Air Kelapa Muda Dalam Meningkatkan Kadar Kalium,” *Indones. J. Nurs. Heal. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 9–14, 2020.
- [12] G. Pandu Lazuardi, dan Sari Edi Cahyaningrum Jurusan Kimia FMIPA, and F. Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, “Dan Pati Singkong Dengan Plasticizer Gliserol Preparation and Characterization Based Bioplastic Chitosan and Cassava Starch With Glycerol Plasticizer,” *UNESA J. Chem.*, vol. 2, no. 3, pp. 161–166, 2013.
- [13] T. Andini, Y. Yusriadi, and Y. Yuliet, “Optimasi Pembentuk Film Polivinil Alkohol dan Humektan Propilen Glikol pada Formula Masker Gel Peel off Sari Buah Labu Kuning (*Cucurbita moschata Duchesne*) sebagai Antioksidan,” *J. Farm. Galen. (Galenika J. Pharmacy)*, vol. 3, no. 2, pp. 165–173, 2017, doi: 10.22487/j24428744.0.v0.i0.8773.
- [14] M. Maryam, D. Rahmad, and Y. Yunizurwan, “Sintesis Mikro Selulosa Bakteri Sebagai Penguat (Reinforcement) Pada Komposit Bioplastik Dengan Matriks PVA (Poli Vinil Alkohol),” *J. Kim. dan Kemasan*, vol. 41, no. 2, p. 110, 2019, doi: 10.24817/jkk.v41i2.4055.
- [15] S. Nurfauzi *et al.*, “SIFAT DEGRADASI PADA PLASTIK BIODEGRADABLE CMC Concentration And Drying Temperature Effect On Mechanical Properties And Degradation Properties Of Biodegradable Plastics Based On Cornstarch,” *Keteknikan Pertan. Trop. dan Biosist.*, vol. 6, no. 1, pp. 90–99, 2018.
- [16] S. Purnavita and V. C. Dewi, “Polivinil Alkohol,” vol. 2, pp. 14–22, 2021.
- [17] V. S. Wahyuni and S. B. Etika, “Pemanfaatan Pati Ubi Jalar (*Ipomoea batatas L.*) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik Biodegradable dengan Penambahan Plasticizer Gliserol,” *J. Period. Jur. Kim. UNP*, vol. 11, no. 1, p. 51, 2022, doi: 10.24036/p.v11i1.113295.
- [18] M. Flury and R. Narayan, “Biodegradable plastic as an integral part of the solution to plastic waste pollution of the environment,” *Curr. Opin. Green Sustain. Chem.*, vol. 30, p. 100490, 2021, doi: 10.1016/j.cogsc.2021.100490.
- [19] F. Sarlinda, A. Hasan, and Z. Ulma, “Pengaruh Penambahan Serat Kulit Kopi dan Polivinil Alkohol (PVA) terhadap Karakteristik Biodegradable Foam dari Pati Kulit Singkong Effect of Addition of Coffee Peel Fiber and Polyvinyl Alcohol on Characteristics of Biodegradable Foam from Cassava Peel St,” *J. Pengendali. Pencemaran Lingkungan*, vol. 4, no. 2, pp. 9–20, 2022.