



## Karakterisasi Bioplastik Berbahan Kombinasi Pati Jagung dan Tepung Jagung dengan Perekat Poli Vinil Alkohol (PVA) dan Pemlastis Gliserol

### *Characterization of Bioplastic Made from A Combination of Corn Starch and Corn Flour with Poly Vinyl Alcohol (PVA) Adhesive and Glycerol Plasticizer*

Sri Sutanti<sup>1\*</sup>, Mumpuni Asih Pratiwi<sup>1</sup>, Lucia Hermawati Rahayu<sup>1</sup>, Handika Gilang Ramadhan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi DIII Teknik Kimia Politeknik Katolik Mungunwijaya  
Jln. Sriwijaya 104 Semarang - 50241

\*Corresponding Author. Email: [butanti10@gmail.com](mailto:butanti10@gmail.com)

Received: 4<sup>th</sup> June 2022; Revised: 8<sup>th</sup> July 2022; Accepted: 10<sup>th</sup> July 2022

#### **Abstract**

The much-needed packaging materials are still dominated by synthetic plastics which are difficult to decompose and produce dioxin gas, thus polluting the environment and dangerous for humans. The solution is to use bioplastics. The study aims to determine the characteristics of bioplastics in the ratio (%) of corn starch to corn flour: 100:0; 80:20; 60:40; 40:60; 20:80; and 0:100. The study used RAL, and descriptive analysis. Starch suspension with a ratio of 1:20 as much as 100g/run was heated at a temperature of 70-80°C for 30 minutes while stirring added with 10% PVA solution and 1 mL of glycerol heated and stirred for 10 minutes, degassed for 10 minutes, molded and dried at 50-60°C for 24 hours. The resulted bioplastics were then characterized for their water resistance, film thickness, degradation, tensile strength, elongation at break, and morphology. The results showed that the addition of corn flour increased water resistance, film thickness, degradation time, tensile strength, and elongation at break. The best results in this study were obtained at a ratio of 0:100.

**Keywords:** *bioplastic, characterization, corn starch, corn flour, glycerol.*

#### **Abstrak**

Kebutuhan bahan pengemas masih didominasi plastik sintetis yang sulit terurai dan dapat menghasilkan gas dioksin, sehingga mencemari lingkungan dan berbahaya bagi manusia. Solusinya, menggunakan bioplastik. Penelitian ini bertujuan menentukan karakteristik bioplastik terbaik dengan perlakuan rasio (%) pati jagung dengan tepung jagung sebesar 100:0; 80:20; 60:40; 40:60; 20:80; 0:100. Penelitian menggunakan RAL, dan analisis deskriptif. Suspensi pati dengan air dengan rasio 1:20 sebanyak 100g/run, dipanaskan pada suhu 70-80°C selama 30 menit sambil diaduk, ditambah 10% larutan PVA, dan 1 mL gliserol, dipanaskan dan diaduk selama 10 menit, diberi perlakuan *degassing* 10 menit, dicetak, dan dikeringkan pada suhu 50-60°C selama 24 jam. Bioplastik yang dikarakterisasi: ketahanan air, ketebalan film, biodegradasi, *tensile strength*, *elongation at break*, dan morfologinya. Hasil penelitian menunjukkan, penambahan tepung jagung meningkatkan ketahanan air, ketebalan film, waktu degradasi, *tensile strength*, dan *elongation at break*. Hasil terbaik pada penelitian ini diperoleh pada rasio 0:100.

**Kata kunci:** bioplastik, karakterisasi, pati jagung, tepung jagung, gliserol.

Copyright © 2022 by Authors, Published by JITK. This is an open-access article under the CC BY-SA License (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>).

How to cite: Sutanti, S., Pratiwi, M., Pratiwi, M., Hermawati, L., Rahayu, L., & Ramadhan, H. (2022). Characterization of Bioplastic Made from A Combination of Corn Starch and Corn Flour with Poly Vinyl Alcohol (PVA) Adhesive and Glycerol Plasticizer. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 6(2), 89-96.

Permalink/DOI: 10.32493/jitk.v6i2.20912



## PENDAHULUAN

Plastik menjadi bahan pengemas yang banyak dibutuhkan, dan sangat fleksibel sebagai pengemas untuk produk pangan maupun non-pangan. Namun demikian plastik yang banyak digunakan saat ini merupakan plastik sintetis yang sulit diurai oleh mikroorganisme yang membutuhkan waktu 300 – 500 tahun (Saputro dan Ovita, 2017). Sifat inilah yang menyebabkan sampah plastik menjadi menumpuk bahkan tak terkendali. Menurut Haryati, *et al* (2017) serta Saputro dan Ovita (2017), dari sampah yang menumpuk tersebut, 14 - 15% nya adalah sampah plastik sintetis. Sampah plastik ini dapat mencemari lingkungan, karena menghambat resapan air dan menghalangi sirkulasi udara di dalam tanah, bahkan dapat menghasilkan gas dioksin yang berbahaya bagi manusia.

Mengganti plastik sintetis dengan plastik yang mudah terurai (*biodegradable plastic*) sudah harus menjadi pilihan. Bioplastik dapat dibuat dari bahan alam yang mengandung polisakarida (pati, selulosa), protein, atau lemak (Sanjaya dan Puspita, 2011). Pada umumnya para peneliti bioplastik menggunakan pati sebagai bahan bakunya. Salah satu bahan alam sumber pati adalah jagung. Pada penelitian bioplastik kali ini juga berbasis jagung, karena jagung merupakan komoditas Indonesia dengan produksi jagung pipil kering 24,95 juta ton per Desember 2020 (Anonim, 2022), sehingga ketersediaan jagung cukup melimpah. Meskipun begitu, penggunaan jagung sebagai bahan *biodegradable plastic* jangan sampai mengganggu ketersediaan jagung untuk bahan pangan. Menurut Saputro dan Ovita (2017), *biodegradable plastic* dari pati mempunyai kelemahan pada sifat kekuatan mekanik dan ketahanan terhadap air. Oleh karenanya pada penelitian kali ini bioplastik dibuat dengan memadukan pati jagung dengan tepung jagung dengan diberi perekat Poli Vinil Alkohol (PVA) dan pemlastis gliserol. Penggunaan tepung jagung bertujuan agar serat kasar yang terkandung dalam tepung jagung menambah kekuatan mekanik dan ketahanan terhadap

air dari bioplastik pati jagung agar tidak mudah sobek atau “jebol” saat menerima beban, baik beban kering maupun basah. Menurut Lombu, *et al.* (2018), dalam tepung jagung terkandung pati 76,10% dan serat kasar 2,28%. PVA digunakan untuk merekatkan jaringan lembaran bioplastik agar lebih kuat, dan gliserol digunakan untuk meningkatkan fleksibilitas bioplastik supaya tidak kaku, sehingga mudah dibentuk dan lebih lentur. Sodium benzoat ditambahkan agar bioplastik tidak mudah berjamur.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio antara pati jagung dengan tepung jagung terhadap karakteristik bioplastik yang dihasilkan.

## BAHAN DAN METODE

Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor yaitu rasio (%) pati jagung dengan tepung jagung (100:0; 80:20; 60:40; 40:60; 20:80; dan 0:100) dengan pengulangan sebanyak tiga kali.

### Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: pati jagung dengan merk Maizenaku dibeli di Ramai Departement Store Jl. Mt. Haryono 942 Peterongan, Kec. Semarang Selatan (<https://g.co/kgs/L1mfy>) ; tepung jagung dengan menggiling biji jagung yang dibeli di Pasar Peterongan Kec. Semarang Selatan; sedang PVA, gliserol, *sodium benzoate*, *aquadest*, EM4, serta bahan-bahan untuk analisis didapatkan dari laboratorium Polteka Mangunwijaya.

Alat-alat yang digunakan meliputi: *size reduction (chooper)*, baskom plastik, *screen/ayakan*, *hotplate*, *beakerglass*, nampan plastik, termometer, *stopwatch*, *neraca digital*, oven, *glassware* lain, dan peralatan analisa. Sebagian besar peralatan ini sudah tersedia di laboratorium Polteka Mangunwijaya kecuali *chooper*, nampan plastik, dan baskom plastik dibeli di toko di Semarang.



### Pembuatan tepung jagung dan larutan PVA.

Biji jagung digiling menggunakan *chooper* sampai halus, kemudian *discreening* dengan ukuran *screen 100 mesh*. Sedangkan larutan PVA dibuat dengan melarutkan PVA dalam *aquadest* dengan rasio 1:10. Proses pelarutan PVA dibantu dengan pengadukan hingga semua PVA larut.

### Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik mengacu penelitian Purnavita dan Utami (2018) serta Sutanti dan Dewi (2018).

Pada penelitian Purnavita dan Utami (2018) hanya dilakukan satu tahap proses dengan pemanasan pada suhu 80°C tanpa proses *degassing*. Sedangkan pada penelitian Sutanti dan Dewi (2018) dilakukan dua tahap proses, yaitu gelatinasi suspensi pati, kemudian pencampuran dengan bahan aditif. Kedua tahap ini dilakukan pada suhu 70°C, dan selanjutnya dilakukan proses *degassing* untuk mencegah pembentukan *buble*.

Pada penelitian ini mengkombinasikan prosedur dari dua penelitian tersebut. Pada penelitian ini dilakukan dalam dua tahap proses pemanasan: tahap pertama gelatinasi suspensi pati, dan tahap ke dua untuk pencampuran dengan bahan aditif. Pemanasan dilakukan pada suhu 70–80°C. Kemudian dilakukan *degassing* untuk mencegah *buble*.

Campuran pati jagung dengan tepung jagung sesuai rasio (%) yang ditentukan (100:0; 80:20; 60:40; 40:60; 20:80; 0:100) dibuat suspensi dalam *aquadest* dengan rasio 1 : 20 hingga diperoleh suspensi sebanyak 100g. Kemudian ditambahkan *sodium benzoate* sebanyak 0,25 gram. Selanjutnya suspensi ini dipanaskan pada suhu 70 – 80°C selama 30 menit disertai pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm. Kemudian ditambahkan larutan PVA sebanyak 10% dan gliserol sebanyak 1 mL, sambil terus dipanaskan pada suhu 70 – 80°C disertai pengadukan, selama 10 menit. Selanjutnya dilakukan proses *degassing* (pengadukan tanpa pemanasan) selama 10 menit untuk

mengeluarkan udara yang masih terperangkap di dalam adonan agar tidak menimbulkan *buble* pada lembaran bioplastik. Adonan bioplastik kemudian dituang ke dalam cetakan nampan plastik berukuran 14 cm × 20 cm, dan diratakan, kemudian didinginkan hingga suhu kamar. Adonan bioplastik dalam cetakan selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 50 – 60°C selama 24 jam. Hasil bioplastik dari oven kemudian didinginkan hingga suhu kamar. Lembar bioplastik selanjutnya dikarakterisasi meliputi: uji ketahanan air, ketebalan, morfologi menggunakan mikroskop perbesaran 100×, dan biodegradasi menggunakan bakteri EM4, serta uji kekuatan tarik (*tensile strength*) dan perpanjangan putus (*elongation at break*).

### Uji karakteristik bioplastik

Uji karakteristik bioplastik yang dihasilkan dari penelitian ini mengacu pada Ban, *et al.* (2005) dalam Sariningsih *et al.* (2018)

Ketahanan air bioplastik diuji melalui uji daya serap air (*water uptake*). Sampel bioplastik hasil penelitian dengan ukuran 2 cm × 2 cm ditimbang (berat kering =  $W_0$ ). Sampel kemudian direndam dalam wadah berisi *aquadest* selama 10 detik. Selanjutnya sampel diambil dari rendaman, dan air yang menempel di permukaan sampel dilap menggunakan *tissue*, kemudian ditimbang (berat basah =  $W$ ). Perendaman dilakukan beberapa kali sampai diperoleh berat basah yang konstan. Daya serap air dihitung dengan persamaan:

$$\frac{W - W_0}{W} \times 100\%$$

Ketahanan air = 100% - Daya serap air (%)

Uji ketebalan bioplastik diukur secara manual menggunakan *micrometer test* dengan ketelitian 0,0001 mm. Pengukuran dilakukan pada lima titik yang berbeda, kemudian hasilnya dirata-rata.

Uji biodegradasi bioplastik dilakukan dengan menggunakan bakteri *Effective Microorganism 4* (EM4). Sampel bioplastik hasil penelitian dengan ukuran 1 cm × 1 cm dimasukkan ke dalam tabung reaksi 10 mL,



kemudian ke dalam tabung reaksi tersebut dituangkan larutan EM4. Selanjutnya rendaman bioplastik ini dibiarkan pada suhu kamar, dan diamati setiap hari untuk mengetahui degradasi bioplastik terjadi pada hari ke berapa.

Uji kekuatan tarik (*tensile strength*) dilakukan di laboratorium UNIKA Soegijopranoto. Uji *tensile strength* dilakukan dengan cara ujung sampel (tebal dan panjang tertentu) dijepit mesin, kemudian alat akan menarik sampel sampai putus. Nilai *tensile strength* diperoleh dari hasil bagi tegangan maksimum dengan luas penampang melintang (hasil perkalian tebal dengan panjang awal sampel). Uji *tensile strength* dilakukan tiga kali, kemudian dirata-rata dan dihitung menggunakan persamaan :

$$\tau = \frac{F_{max}}{A}$$

Keterangan:

$\tau$  : kekuatan tarik (MPa)

$F_{max}$  : tegangan maksimum (N)

A : luas penampang melintang (mm<sup>2</sup>)

Uji perpanjangan putus (*elongation at break*) juga dilakukan di laboratorium UNIKA Soegijopranoto, dan dilakukan dengan cara yang sama dengan uji *tensile strength*. Perpanjangan putus dihitung dengan persamaan:

$$\text{Elongation (\%)} = \frac{\text{Regangan saat putus (mm)}}{\text{Panjang awal (mm)}} \times 100\%$$

Uji morfologi untuk mengetahui gambaran permukaan film bioplastik. Uji morfologi dilakukan dengan mengamati permukaan bioplastik berukuran 2 cm × 2 cm menggunakan mikroskop perbesaran 100x

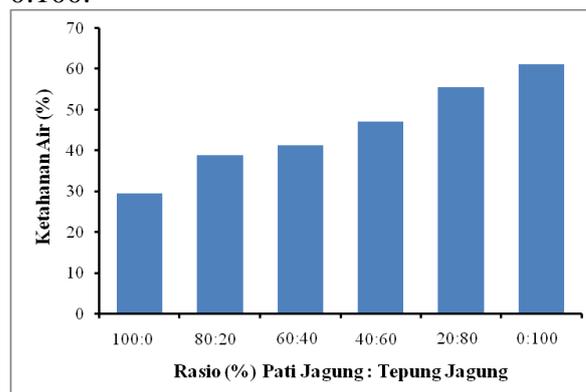
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Ketahanan Air Bioplastik

Untuk uji ketahanan air bioplastik ditunjukkan pada Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan bahwa penambahan tepung jagung dapat menurunkan daya serap air atau meningkatkan ketahanan air dari

bioplastik. Hasil terbaik diperoleh pada rasio 0:100.

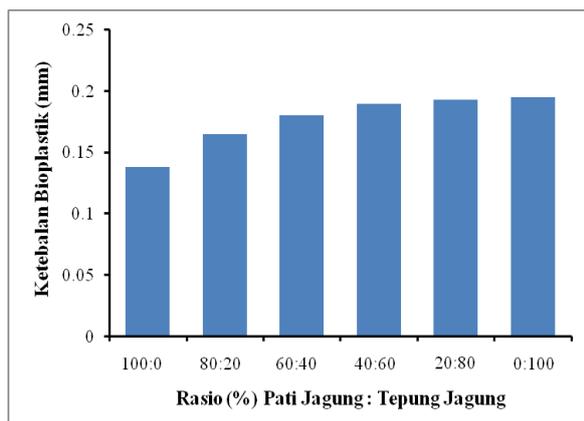


**Gambar 1.** Pengaruh rasio pati jagung dengan tepung jagung terhadap ketahanan air.

Menurut Darni, *et al.* (2014), penambahan selulosa selain sebagai bahan pengisi, juga bertujuan untuk mengurangi sifat hidrofilik pada pati, karena karakteristik selulosa yang tidak larut dalam air atau bersifat hidrofobik. Ditinjau dari ikatan kimia, selulosa memiliki ikatan hidrogen yang kuat sehingga sulit untuk bergabung dengan air akibatnya kemampuan untuk menyerap air akan semakin menurun. Sedangkan menurut Lani, *et al.*, (2014), penambahan selulosa akan membentuk struktur jaringan antara selulosa dengan komponen bioplastik, sehingga meningkatkan ketahanan film terhadap air. Penambahan selulosa menyebabkan jalur difusi molekul air ke dalam komposit menjadi berliku-liku (*tortuous path*) sehingga menghalangi resapan air masuk ke film. Hal ini selaras dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Indriani (2016) tentang aplikasi selulosa tandan kosong kelapa sawit sebagai *reinforcement agent* pada komposit *thermoplastic starch*-polivinil alkohol.

### Hasil Uji Ketebalan Bioplastik

Hasil uji ketebalan bioplastik ditampilkan pada Gambar 2.

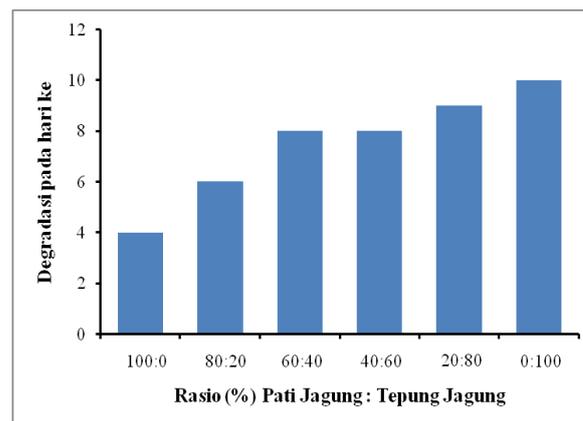


**Gambar 2.** Pengaruh rasio pati jagung dengan tepung jagung terhadap ketebalan bioplastik.

Pada Gambar 2 terlihat bahwa penambahan tepung jagung pada pati jagung dapat menaikkan ketebalan bioplastik yang dihasilkan. Hasil penelitian ini sejalan dengan pendapat dari Lisdayana, *et al.* (2018) yang telah melakukan penelitian tentang film komposit *thermoplastic starch* (TPS) - *Poly vinyl alcohol* (PVA) - nanoselulosa, bahwa penambahan nanoselulosa akan meningkatkan kristalinitas dalam metrik komposit. Hal ini akan menyebabkan terjadinya aglomerasi/ penggumpalan yang dapat menurunkan plastisitas film, dan berdampak pada meningkatnya ketebalan bioplastik.

#### Hasil Uji Biodegradasi dengan EM4

Proses dekomposisi bahan organik dengan EM4 berlangsung secara fermentasi. Menurut Yuniwati, *et al.* (2017), dan Widyaningsih, *et al.* (2012), mikroorganisme seperti bakteri EM4 akan menghasilkan enzim yang dapat memutus rantai polimer dari bioplastik. Akibatnya bioplastik akan mengalami degradasi/perubahan fisik (“hancur”) karena terjadi pemutusan rantai polimer menjadi pendek-pendek. Laju degradasi juga dipengaruhi oleh tingkat daya serap air dari bahan bioplastik. Air dapat menjadi media kondusif bagi mikroorganisme untuk memasuki matriks bioplastik, dan mendegradasi rantai polimer bioplastik. Hasil uji degradasi bioplastik pada penelitian ini disajikan pada Gambar 3.



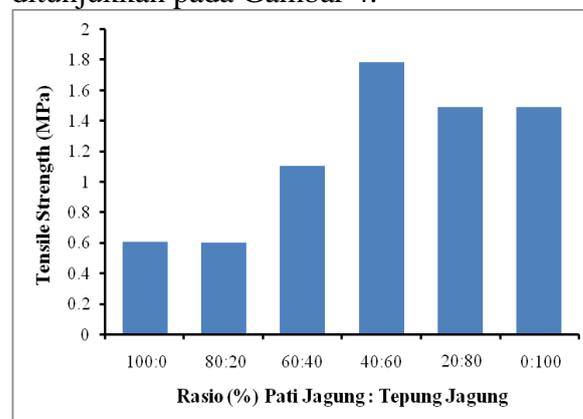
**Gambar 3.** Pengaruh rasio pati jagung dengan tepung jagung terhadap waktu degradasi.

Pada Gambar 3 nampak bahwa semakin banyak penambahan tepung jagung menyebabkan semakin lama bioplastik terdegradasi. Bioplastik berbahan kombinasi pati jagung dan tepung jagung mulai terdegradasi oleh bakteri EM4 pada kurun waktu 6 sampai 10 hari.

Data hasil penelitian menunjukkan lama waktu degradasi bioplastik jauh lebih singkat dibandingkan dengan plastik sintesis pada umumnya yang mencapai ratusan tahun lamanya (300 – 500 tahun) seperti yang disampaikan oleh Saputro dan Ovita (2017).

#### Hasil Uji Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Hasil uji kekuatan tarik atau *tensile strength* yang menjadi salah satu karakteristik penting untuk bahan pengemas ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Pengaruh rasio pati jagung dengan tepung jagung terhadap *tensile strength*.

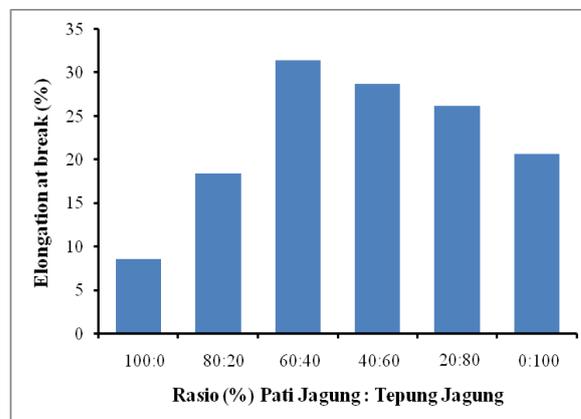


Pada Gambar 4 terlihat bahwa penambahan tepung jagung menyebabkan peningkatan kekuatan tarik (*tensile strength*) yang cukup signifikan terhadap bioplastik berbahan pati jagung. Hasil yang sama juga diperoleh pada penelitian Khairunnisah (2019) yang melakukan penelitian bionanokomposit pati sukun/PVA yang diinkoperasi dengan nanoserat selulose dan aloe vera. Apabila dibandingkan dengan bioplastik dari pati jagung tanpa penambahan tepung jagung, maka komposit bioplastik yang diperoleh dari campuran pati jagung-tepung jagung dengan rasio 40:60 mengalami peningkatan *tensile strength* sebesar 200%. Selulosa dalam tepung jagung akan meningkatkan kristalinitas dan menyebabkan aglomerasi/ penggumpalan dalam matrik pati jagung. Hal ini menyebabkan fleksibilitas bioplastik menurun meskipun ada penambahan pemlastis gliserol. Menurut Fransisca (2013), salah satu faktor yang mempengaruhi *tensile strength* adalah afinitas atau ikatan antar molekul penyusun bioplastik. Aglomerasi/gumpalan dalam matrik pati akan meningkatkan tegangan antar molekul yang berdampak pada meningkatnya *tensile strength*. Pada penelitian ini (Gambar 4), rasio 40:60 mempunyai nilai *tensile strength* yang maksimal. Hal ini diprediksi sebaran tepung di dalam matrik pati jagung terjadi dengan baik. Sebaran ini tentunya juga terbantu dengan adanya gliserol sebagai pemlastis, sehingga tidak menghalangi interaksi pati dengan perekat PVA, dan berdampak pada kekuatan tarik yang merata. Pada rasio 20:80, dimana jumlah tepung jagung jauh lebih banyak dari pada pati jagung, maka aglomerasi/gumpalan yang terbentuk juga semakin banyak. Gumpalan ini akan menghambat interaksi antara molekul pati dengan PVA sebagai perekat, sehingga kekuatan matrik pati menjadi berkurang, yang menyebabkan menurunnya *tensile strength*.

#### Hasil Uji *Elongation at Break*

Hasil uji *elongation at break* dari bioplastik hasil penelitian ini ditunjukkan

pada Gambar 5. Seperti halnya *tensile strength*, *elongation at break* bioplastik juga dipengaruhi oleh interaksi antar molekul penyusunnya.



**Gambar 5.** Pengaruh rasio pati jagung dengan tepung jagung terhadap *elongation at break*

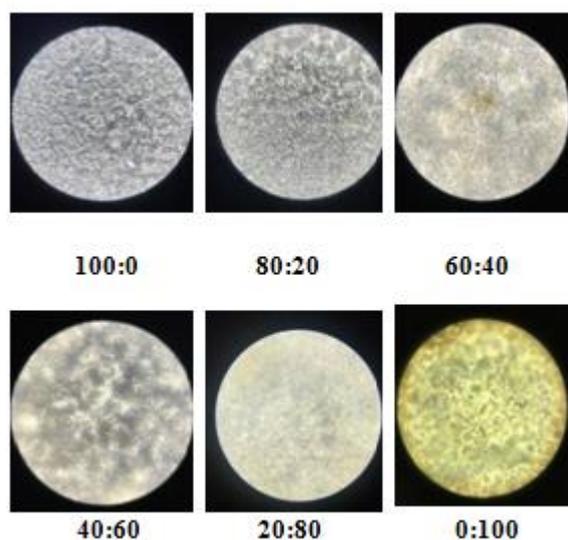
Penambahan gliserol sebagai pemlastis akan menurunkan interaksi antar molekul dalam matrik, sehingga meningkatkan mobilitas polimer, dan berdampak pada meningkatnya fleksibilitas bioplastik (Farahnaky, *et al.*, 2013). Bila fleksibilitas meningkat, maka *elongation at break* juga meningkat. Pada bioplastik yang dihasilkan dengan rasio 60:40 terjadi peningkatan *elongation* sebesar 270% jika dibandingkan dengan bioplastik yang dihasilkan dengan rasio 100:0. Pada penambahan tepung jagung yang semakin banyak juga menimbulkan aglomerasi atau gumpalan yang semakin banyak di dalam matrik, sehingga menghambat gliserol untuk berinteraksi dalam matrik. Akibatnya fleksibilitas menurun (menjadi kaku), yang berarti *elongation at break* juga menurun.

#### Hasil Uji Morfologi

Uji morfologi bioplastik hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium Polteka Mangunwijaya disajikan pada Gambar 6. Dari hasil uji morfologi, semakin banyak penambahan tepung jagung (40:60; 20:80; dan 0:100) tampak gumpalan yang besar-besar dan rongga yang lebih lebar (struktur permukaan kasar). Sebaliknya, bioplastik yang tanpa penambahan tepung jagung (100:0) tampak gumpalan yang kecil-kecil



dengan rongga yang rapat (*dense*). Hal ini sesuai dengan penjelasan oleh Lisdayana, dkk. (2018), bahwa penambahan selulosa akan meningkatkan kristalinitas yang menyebabkan terjadinya aglomerasi/gumpalan di dalam metrik komposit.



Gambar 6. Hasil uji morfologi bioplastik

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang kami lakukan kali ini dapat disimpulkan bahwa penambahan tepung pada pati sebagai bahan baku pembuatan bioplastik dapat memperbaiki karakteristik bioplastik yang dihasilkan. Penambahan tepung dapat meningkatkan ketahanan air, menambah ketebalan, dan meningkatkan kekuatan mekanik bioplastik serta mudah terurai (waktu degradasi maksimum hanya 10 hari). Diharapkan bioplastik hasil penelitian ini bisa menjadi alternatif sebagai bahan pengemas pengganti plastik sintetis yang *non-biodegradable*.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Kami Tim Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Pimpinan dan LPPM Polteka Mangunwijaya, Tim Pengelola jurnal JITK, Tim Review, dan semua yang telah membantu penelitian dan publikasi kami.

## DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2022. Inilah 10 provinsi produsen jagung terbesar Indonesia. Kementerian

Pertanian Republik Indonesia. <https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=4639>

Darni, Y., Sitorus, T. M., Hanif, M. (2014). Produksi bioplastik dari sorgum dan selulosa secara termoplastik. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 10(2): 55-62. DOI:

<https://doi.org/10.23955/rkl.v10i2.2420>

Farahnaky, A., Saberi, B., Majzooobi, M. (2013). Effect of Glycerol on Physical and Mechanical Properties of Wheat Starch Edible Films. *Journal of Texture Studies*, 44(3): 176-186

<https://doi.org/10.1111/jtxs.12007>

Fransisca, D., Zulferiyenni, Susilawati. (2013). Pengaruh konsentrasi tapioka terhadap sifat fisik *biodegradable* film dari bahan komposit selulosa nanas. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, 18(2):196-205.

DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jtihp.v18i2.196%20-%2020205>

Haryati, S., Rini, A. S., Safitri, Y. 2017. Pemanfaatan biji durian sebagai bahan baku plastik *biodegradable* dengan *plasticizer* gliserol dan bahan pengisi CaCO<sub>3</sub>. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(1): 1–8.

Lani, N. S., Ngadi, N. Johari, A., Jusoh, M. 2014. Isolation, characterization, and application of nanocellulose from oil palm empty fruit bunch fiber as nanocomposites. *Journal of Nanomaterials*:1-9

<http://dx.doi.org/10.1155/2014/702538>

Indriani, S.M. 2016. Aplikasi Nanofiber Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai *Reinforcement Agent* pada Komposit *Thermoplastic Starch-Polivinil Alkohol (TPS-PVA)*. Institute Pertanian Bogor. Tidak Dipublikasikan.

Khairunnisah. 2019. Karakterisasi Bionanokomposit Pati Sukun/PVA yang Diinkorporasi dengan Nanoserat Selulosa dan Aloe Vera. Universitas Sumatera Utara. Tidak dipublikasikan.

Lisdayana, N., Fahma, F., Sunarti, T. C., Iriani, E. S. 2018. Thermoplastic starch–PVA nanocomposite films reinforced with nanocellulose from oil palm empty



- fruit bunches (OPEFBs): Effect of starch type. *Journal of Natural Fibers*, 17(7): 1069-1080.  
<https://doi.org/10.1080/15440478.2018.1558142>
- Lombu, W. K., Wisaniyasa, N. W., Wiadnyani, S. (2018). Perbedaan karakteristik kimia dan daya cerna pati tepung jagung dan tepung kecambah jagung (*zea mays* l.). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 7(1): 43- 51.  
DOI: <https://doi.org/10.24843/itepa.2018.v07.i01.p05>
- Purnavita, S. dan Utami, W. T. 2018 Pembuatan Plastik *biodegradable* dari pati aren dengan penambahan *aloe vera*, *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*. 3(2): 31-35.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.31942/inteka.v3i2.2488>
- Sanjaya, I. G. dan Puspita, T. (2011). Pengaruh penambahan *khitosan* dan *plasticizer* gliserol pada karakteristik plastik *biodegradable* dari pati limbah kulit singkong. Laporan penelitian, FTI ITS, Surabaya.
- Saputro, A. N. C. dan Ovita, A. L. 2017. Sintesis dan karakterisasi bioplastik dari kitosan-pati ganyong (*canna edulis*). *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2(1):13-21,  
DOI: <https://doi.org/10.20961/jkpk.v2i1.8526>
- Sariningsih, N., Putra, Y. P., Pamungkas, W. (2018). Edible film from polyblend of ginger starch, chitosan, and sorbitol as plasticizer. *Materials Science and Engineering* 333 (2018) 012083. doi:10.1088/1757-899X/333/1/012083
- Sutanti, S. dan Dewi, C. K. 2018 Karakterisasi bioplastik berbahan kolang-kaling dengan monogliserida dari minyak kelapa. *Inovasi Teknik Kimia*, 3(2): 48-53.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.31942/inteka.v3i2.2491>
- Widyaningsih, S., Kartika, D., dan Nurhayati, Y. T. 2012. Pengaruh penambahan sorbitol dan kalsium karbonat terhadap karakteristik dan sifat biodegradasi film dari pati kulit pisang. *Molekul*, 7(1): 69 – 81.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.20884/1.jm.2012.7.1.108>
- Yuniawati, M., Handayani, R., Kristanti, S. W., dan Wikaningtyas, U. 2017. Pemanfaatan umbi gadung dan serat daun nanas untuk pembuatan plastik biodegradable. *Jurnal Teknologi Technoscintia*, 9(2): 147-154.  
DOI: <https://doi.org/10.34151/technoscintia.v9i2.174>