

## PEMBUATAN BIOPLASTIK KOMPOSIT TAPIOKA DAN CARBOXYMETHYL CELLULOSE DENGAN PENAMBAHAN PIGMEN PUTIH TiO<sub>2</sub>

Ayu Septianingsih, Sari Purnavita<sup>\*</sup>, Mumpuni Asih Pratiwi, Lucia Hermawati Rahayu

Politeknik Katolik Mangunwijaya

\*Email: [saripurnavita.2018@gmail.com](mailto:saripurnavita.2018@gmail.com)

---

### Abstract

Plastic waste that is widely circulated in the community is synthetic plastic that is difficult to degrade by microorganisms. The solution to reduce synthetic plastic waste is to produce bioplastics. Bioplastics are environmentally friendly plastics and can be made from natural polymer materials such as tapioca. Tapioca-based bioplastics have the weakness of low mechanical strength so that the addition of reinforcing materials such as carboxymethyl cellulose is required. Furthermore, to increase the aesthetics, opaque properties, and white color of bioplastics can be done by adding TiO<sub>2</sub> pigments. This study aims to determine the effect of the combination of treatment ratios of the amount of tapioca to CMC and the amount of pigments on the characteristics of bioplastics. The independent variables in this study consisted of the ratio of the amount of tapioca: CMC (99%: 1%; 98%: 2%; 97%: 3%; 96%: 4%; 95%: 5%) and the amount of TiO<sub>2</sub> pigment (0.02 g, 0.04 g). The process of making bioplastics is carried out by adding starch and CMC, then adding sorbitol to the mixture. Next, a predetermined amount of TiO<sub>2</sub> was added to the mixture. The mixture was heated on a hotplate at 70°C with stirring using a magnetic stirrer for 40 minutes. The solution was then poured onto a plastic tray and dried in an oven at 55°C for 5 hours. The finished bioplastic was analyzed for its characteristics, including thickness, water resistance, degradability, tensile strength, elongation, and morphology. Increasing the amount of CMC increased the water resistance and tensile strength of the bioplastic, while decreasing the thickness, biodegradability, and elongation. Increasing the amount of TiO<sub>2</sub> decreased the water resistance, biodegradability, and tensile strength of the bioplastic, while increasing the thickness and elongation. Optimal conditions were found with a ratio of 96%:4% tapioca to CMC, with 0.2 grams of TiO<sub>2</sub> for the thickness, water resistance, and morphology tests.

**Keywords:** Bioplastic; CMC; Tapioca; TiO<sub>2</sub>

---

### Abstrak

Sampah plastik yang banyak beredar di lingkungan masyarakat adalah plastik sintetik yang sulit terdegradasi oleh mikroorganisme. Solusi untuk mengurangi sampah plastik sintetik adalah dengan memproduksi bioplastik. Bioplastik adalah plastik yang ramah lingkungan dan dapat dibuat dari bahan polimer alami seperti tapioka. Bioplastik berbahan dasar tapioka memiliki kelemahan yaitu kekuatan mekanik yang rendah sehingga diperlukan penambahan bahan penguat seperti carboxymethyl cellulose. Selanjutnya untuk menambah estetika, sifat tidak tembus pandang, dan warna putih dari bioplastik dapat dilakukan dengan penambahan pigmen  $\text{TiO}_2$ . Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi perlakuan rasio jumlah tapioka dengan CMC dan jumlah pigmen terhadap karakteristik bioplastik. Variabel bebas pada penelitian ini terdiri dari rasio jumlah tapioka : CMC (99% : 1%; 98% : 2%; 97% : 3%; 96% : 4%; 95% : 5%) dan jumlah pigmen  $\text{TiO}_2$  (0,02 g, 0,04 g). Proses pembuatan bioplastik dilakukan dengan menambahkan pati dan CMC, lalu menambahkan sorbitol ke dalam campuran. Selanjutnya ditambahkan  $\text{TiO}_2$  sebanyak variable yang telah ditentukan kedalam campuran. Kemudian melakukan pemanasan di atas hotplate dengan suhu  $70^\circ\text{C}$  dengan pengadukan menggunakan magnetic stirrer selama 40 menit. Kemudian larutan dituangkan pada nampan plastik lalu dilakukan pengeringan menggunakan oven pada suhu  $55^\circ\text{C}$  selama 5 jam. Bioplastik yang sudah jadi akan dilakukan proses analisis terhadap karakteristiknya yang meliputi ketebalan, ketahanan air, degradabilitas, kuat tarik, elongasi, dan morfologi. Semakin besar CMC yang ditambahkan berpengaruh terhadap kenaikan nilai ketahanan air dan kuat tarik bioplastik, serta menurunkan nilai ketebalan, biodegradasi dan elongasi bioplastik. Semakin besar jumlah  $\text{TiO}_2$  berpengaruh terhadap penurunan nilai ketahanan air, biodegradasi, dan kuat tarik bioplastik, serta menaikkan nilai ketebalan dan elongasi dari bioplastik. Kondisi optimum didapat pada perlakuan perbandingan tapioka dengan CMC sebesar 96%:4% dengan jumlah  $\text{TiO}_2$  0,2 gram untuk uji ketebalan, ketahanan air, dan morfologi bioplastik.

**Kata Kunci:** Bioplastik; CMC; Tapioka;  $\text{TiO}_2$

---

## 1. Pendahuluan

Pada tahun 2023 di Indonesia menghasilkan 18,3 juta ton sampah dan hampir 83% sampah tersebut tidak terkelola dengan baik [1]. Dampak dari banyaknya sampah plastik menimbulkan pencemaran lingkungan, hal ini dikarenakan sampah plastik yang berada di lingkungan sekitar adalah sampah plastik yang berasal dari plastik sintetik. Plastik sintetik merupakan plastik berbasis minyak bumi yang merupakan hidrokarbon sehingga sulit terurai oleh lingkungan, sehingga kurang ramah lingkungan [2].

Salah satu solusi untuk mengurangi sampah plastik sintetik yang sulit diurai oleh mikroorganisme adalah dengan memproduksi bioplastik. Bioplastik merupakan plastik yang ramah lingkungan dan dibuat dari bahan polimer alami seperti pati dan selulosa. Salah satu sumber daya alam yang mengandung pati dan ketersediaannya cukup melimpah adalah umbi singkong. Kandungan pati singkong sebesar 44-59% sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik. Pati singkong atau biasa disebut tapioka memiliki kadar amilosa berkisar 17% dan kadar amilopektin sekitar 87% [3]. Pati dengan kadar amilosa tinggi menghasilkan bioplastik yang lentur dan kuat [4]. Sedangkan amilopektin memberikan sifat plastik yang elastis.

Bioplastik yang dibuat dari bahan baku pati mempunyai kekurangan pada kekuatan mekanik yang rendah dan sifat hidrofilitas (kemampuan mengikat air). Sehingga untuk memperbaiki kekurangan dapat dilakukan dengan menambahkan bahan penguat seperti turunan selulosa [5].

Penambahan *carboxymethyl cellulose* (CMC) dapat meningkatkan kekuatan tarik pada bioplastik. Sifat hidrofilik dan gugus hidroksil pada molekul CMC menyebabkan bioplastik lebih mudah terdegradasi di alam sehingga tidak menimbulkan pencemaran lingkungan [6]. CMC berupa butiran atau serbuk dengan sifat *biodegradable*, larut kedalam air tetapi tidak larut pada pelarut organik. CMC dapat digunakan sebagai penstabil emulsi dan pengikat [7]. CMC bisa digunakan sebagai bahan untuk membentuk gel maupun *stabilizer* pada pembuatan bioplastik. Sifat kekuatan *film* pada bioplastik dari bahan baku pati dapat ditingkatkan dengan penambahan *Carboxy Methyl Cellulose* [8].

Pembuatan bioplastik dari berbagai bahan alam yang merupakan sumber pati telah banyak dilakukan. Penelitian tentang pembuatan *biodegradable film* dari bahan tapioka, CMC, dan Kitosan menunjukkan hasil bahwa penggunaan CMC mampu menstabilkan larutan plastik, dan membantu proses degradasi pada tanah [9]. Karakteristik bioplastik komposit pati singkong (tapioka) dan CMC yang baik memerlukan komposisi yang tepat antara jumlah pati dan jumlah CMC yang ditambahkan. Selanjutnya untuk menambah estetika, sifat tidak tembus pandang, kekuatan, dan warna putih dari bioplastik dapat dilakukan dengan penambahan pigmen seperti  $\text{TiO}_2$ .

Pigmen putih yang memiliki *hiding power* tinggi adalah *Titanium Dioxide* ( $\text{TiO}_2$ ) [10]. Penambahan konsentrasi  $\text{TiO}_2$  sangat mempengaruhi warna putih yang dihasilkan bioplastik komposit. Titanium dioksida dikategorikan sebagai bahan yang aman oleh *Food and Drug Administration*. Pada dasarnya penggunaan titanium dioksida tidak ada masalah selama penggunaannya tidak melebihi batas yang diizinkan, sehingga penggunaan  $\text{TiO}_2$  aman untuk ditambahkan sebagai pigmen pada bioplastik.

Sejauh penelusuran pustaka, belum ada yang melakukan pembuatan bioplastik dari campuran tapioka dengan CMC dan penambahan pigmen putih. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengetahui pengaruh kombinasi rasio tapioka dengan *carboxymethyl cellulose* dan jumlah pigmen  $\text{TiO}_2$  serta penentuan kondisi optimum untuk menghasilkan bioplastik dengan karakteristik baik.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan yaitu *beakerglass*, *hotplate*, oven, timbangan, *magnetic stirrer*, pengaduk, *erlenmeyer*, pipet tetes, cawan petri, thermometer, statif, klem, pisau dan nampan plastik.

### 2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi CMC, tapioka (pati singkong), sorbitol, aquades, dan  $\text{TiO}_2$ .

### 2.3 Variabel Penelitian

**Tabel 1. Variabel Penelitian**

Variabel Bebas		Variabel Terikat
Rasio Tapioka : CMC	Jumlah TiO <sub>2</sub>	
99% ; 1%	0,2 gram	Ketebalan bioplastik
98% : 2%	0,4 gram	Ketahanan air
97% : 3%		Biodegradasi
96% ; 4%		Morfologi
95% ; 5%		

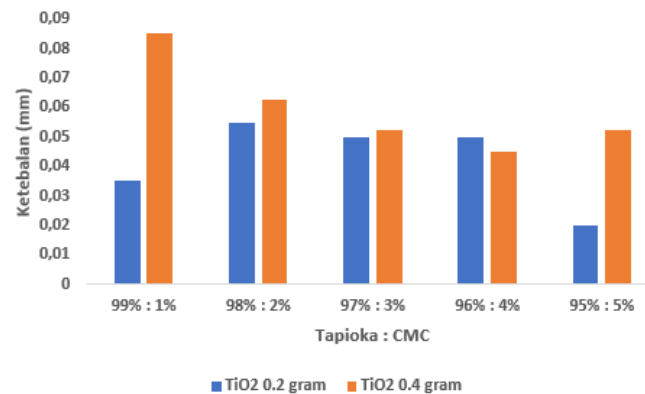
### 2.4 Prosedur Penelitian

Proses pembuatan bioplastik dilakukan dengan menambahkan tapioka dan CMC dengan perbandingan yang telah ditentukan sejumlah 2 gram. Kemudian ditambahkan plasticizer sorbitol sejumlah 30 ml, 100 ml aquadest ke dalam campuran tapioka dan CMC. Kemudian dilanjutkan dengan penambahan pigmen TiO<sub>2</sub> sesuai variabel yang telah ditentukan. Campuran dipanaskan pada suhu 70°C dengan menggunakan alat pemanas *hotplate* serta diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 40 menit. Kemudian dilakukan penuangan larutan ke dalam nampan plastik untuk dikeringkan pada suhu 55°C dengan menggunakan oven selama 5 jam. Bioplastik yang sudah jadi akan dilakukan proses analisis terhadap karakteristiknya.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Ketebalan bioplastik

Ketebalan bioplastik diukur dengan menggunakan mikrometer sekrup. Hasil nilai ketebalan dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1 Rerata Ketebalan Bioplastik**

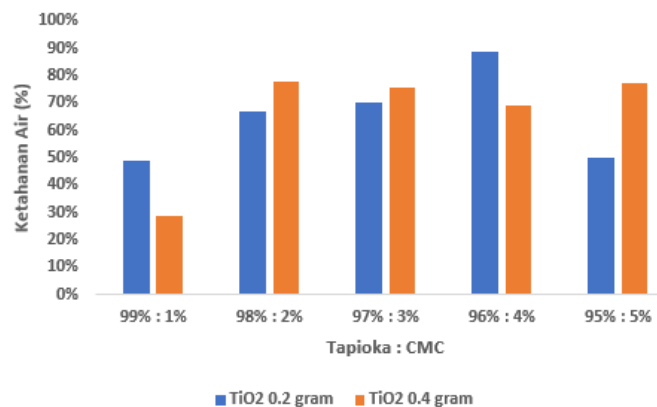
Dari data pada Gambar 1, pada perlakuan rasio tapioka dan CMC 95%:5% dan jumlah TiO<sub>2</sub> sebanyak 0,2 gram memberikan nilai ketebalan bioplastik 0,02 mm sedangkan ketebalan tertinggi diperoleh pada perlakuan 99%:1% dan jumlah TiO<sub>2</sub> sebanyak 0,4 gram yaitu sebesar 0,085 mm. Berdasarkan hasil penelitian, ketebalan bioplastik dipengaruhi oleh rasio tapioka dengan CMC dan dipengaruhi jumlah pigmen TiO<sub>2</sub>. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa total padatan dalam larutan dapat meningkatkan ketebalan bioplastik. Jika dilihat dari Gambar 1, ketebalan bioplastik

meningkat seiring dengan penambahan jumlah pigmen. Partikel dari pigmen bertindak sebagai bahan pengisi ruang diantara rantai polimer penyusun bioplastik, sehingga ketika jumlah pigmen ditingkatkan, partikel-partikel ini akan saling berdekatan dan membentuk jaringan yang lebih padat [11].

Selain pengaruh dari jumlah pigmen, rasio jumlah tapioka dan CMC juga berpengaruh terhadap ketebalan bioplastik. Sebagai bahan utama pembentuk matriks bioplastik, pati membentuk struktur dasar. Semakin tinggi konsentrasi pati, umumnya akan menghasilkan bioplastik yang lebih tebal. Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa nilai ketebalan bioplastik yang semakin meningkat seiring dengan penambahan jumlah pati [12]. CMC yang berfungsi sebagai bahan pengikat juga berpengaruh terhadap ketebalan bioplastik yang dihasilkan. CMC akan meningkatkan fleksibilitas bioplastik, namun juga dapat mempengaruhi ketebalan. Jika terlalu banyak CMC, bioplastik bisa menjadi lebih tipis karena struktur matriksnya lebih longgar. Penetapan nilai ketebalan bioplastik oleh *Japanese Industrial Standard* (JIS) yaitu kurang dari 0,25 mm. Rentang nilai ketebalan bioplastik hasil penelitian ini adalah 0,02 sampai 0,085 mm dan sudah memenuhi standar.

### 3.2. Ketahanan air bioplastik

Ketahanan bioplastik terhadap daya serap air dapat dilihat dari hasil persentase penambahan berat bioplastik setelah terjadi perendaman dalam air. Semakin sedikit air yang diserap maka bioplastik tersebut memiliki ketahanan air yang baik. Nilai ketahanan air bioplastik hasil penelitian tersaji pada Gambar 2.



**Gambar 2 Rerata Ketahanan Air Bioplastik**

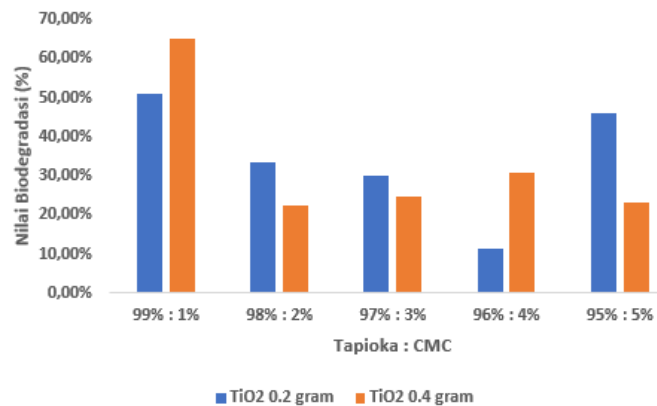
Dari pengujian nilai ketahanan air yang dilakukan, ketahanan air tertinggi diperoleh pada perlakuan rasio tapioka dengan CMC 96%:4% dan jumlah TiO<sub>2</sub> sebanyak 0,2g yaitu nilai ketahanan airnya sebesar 88,46%. Berdasarkan hasil penelitian, rasio tapioka dan CMC berpengaruh terhadap ketahanan air dari bioplastik itu sendiri. Pati sebagai bahan utama bioplastik bersifat hidrofilik, artinya mudah menyerap air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak CMC maka ketahanan air semakin meningkat dan akan turun pada satu perlakuan.

SNI menetapkan bahwa nilai ketahanan air produk bioplastik yaitu 99%. Dari penelitian ini dihasilkan nilai ketahanan air tertinggi adalah 88,46% sehingga nilai ketahanan air bioplastik yang dihasilkan masih dibawah standar. Namun ketahanan air lebih unggul jika dibandingkan dengan penelitian yang lain. Pembuatan bioplastik

pati singkong dengan penambahan selulosa mikrokristalin yang hanya memiliki ketahanan air tertinggi sebesar 39% [13].

### 3.3. Biodegradasi Bioplastik

Biodegradasi pada bioplastik adalah kemampuan bioplastik dapat terdegradasi secara alami oleh pengaruh mikroba. Semakin besar nilai biodegradasi bioplastik maka semakin lama pula bioplastik terurai oleh mikroorganisme. Data nilai biodegradasi bioplastik ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3 Rerata Nilai Biodegradasi**

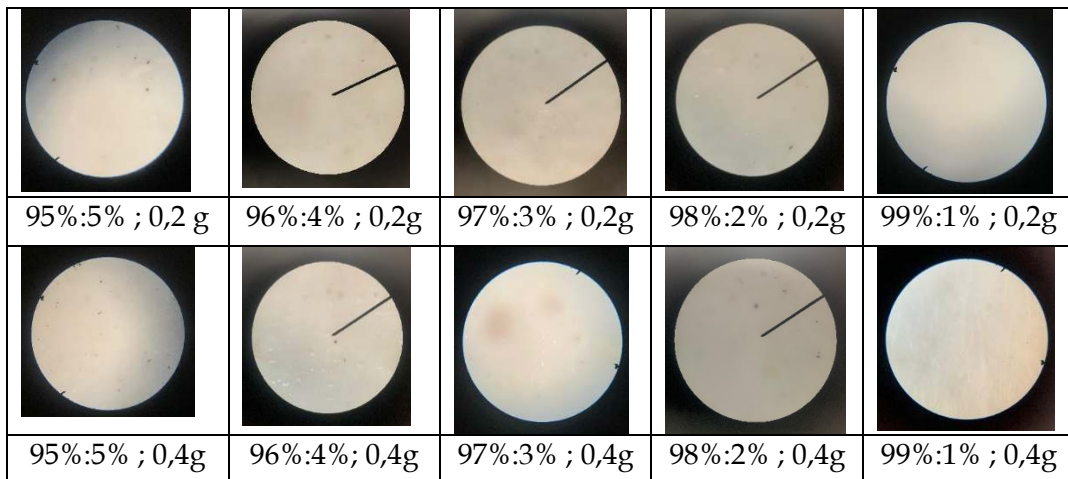
Dari grafik pada Gambar 4, nilai biodegradasi terendah diperoleh pada perlakuan 96%:4% dan jumlah TiO<sub>2</sub> sebanyak 0,2g yaitu sebesar 11,54% sedangkan biodegradasi tertinggi diperoleh pada perlakuan 99%:1% dan jumlah TiO<sub>2</sub> sebanyak 0,4g yaitu sebesar 65%. Berdasarkan hasil penelitian, biodegradasi bioplastik yang dihasilkan dipengaruhi oleh jumlah CMC. CMC sering ditambahkan pada pembuatan bioplastik sebagai salah satu komponen penting. Fungsi utama CMC adalah sebagai pengikat atau perekat (binder) yang membantu menyatukan partikel-partikel pati menjadi suatu struktur yang lebih kuat. Selain itu, CMC juga berfungsi sebagai plasticizer, yaitu zat yang membuat bioplastik menjadi lebih lentur. Dari grafik Gambar 7, bisa disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan CMC maka bioplastik yang dihasilkan semakin kuat atau semakin sedikit bioplastik yang mengalami degradasi (rusak). Sebaliknya, jika jumlah tapioka semakin banyak maka biodegradasi akan semakin cepat. Sama halnya dengan penelitian yang lain yaitu meningkatnya kadar selulosa pada bioplastik akan menyebabkan ikatan polimer pati dengan selulosa semakin kuat dan akan lebih sulit terurai secara alami[14].

Selain jumlah CMC pada bioplastik, degradasi juga dipengaruhi oleh jumlah pigmen yang ditambahkan. Pada Gambar 7 ditunjukkan bahwa jumlah TiO<sub>2</sub> yang tinggi akan mengurangi kemampuan degradasi bioplastik. Hal ini dapat terjadi karena TiO<sub>2</sub> dapat membentuk lapisan pelindung di permukaan bioplastik. Lapisan ini bertindak sebagai penghalang fisik yang sulit ditembus oleh mikroorganisme sehingga kesulitan mencapai permukaan bioplastik untuk memulai proses dekomposisi. TiO<sub>2</sub> juga dapat mengisi pori-pori pada bioplastik. Pori-pori ini sangat penting karena memungkinkan air dan mikroorganisme masuk ke dalam struktur bioplastik. Semakin banyak TiO<sub>2</sub> yang ditambahkan, semakin sedikit pori-pori yang tersedia, sehingga menghambat proses penetrasi air dan mikroorganisme.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7188.7:2016 dalam degradasi bioplastik yaitu sebesar 60% dalam waktu satu minggu. Dari penelitian ini dihasilkan rentang nilai biodegradasi adalah 11,54% sampai 65% sehingga nilai biodegradasi bioplastik yang dihasilkan pada perlakuan 99%:1% dan jumlah  $\text{TiO}_2$  sebanyak 0,4g selama 5 hari sudah memenuhi SNI 7188.7:2016.

### 3.3. Morfologi

Uji morfologi dilakukan untuk mengamati permukaan bioplastik yang dihasilkan. Uji morfologi ini dilakukan dengan mengamati permukaan bioplastik menggunakan mikroskop perbesaran 100x. Hasil uji morfologi disajikan pada Gambar 5.



**Gambar 5 Morfologi Bioplastik**

Dari hasil pengamatan mikroskop pada Gambar 5, morfologi terbaik didapat pada rasio tapioka dan CMC (96%;4%) dengan  $\text{TiO}_2$  0,2g. Jumlah CMC dan  $\text{TiO}_2$  sangat mempengaruhi morfologi bioplastik. Penambahan CMC yang semakin banyak membuat adonan bioplastik semakin kental dan menyebabkan  $\text{TiO}_2$  merapat atau menumpuk sehingga menyebabkan permukaan bioplastik menjadi tidak merata. Sedangkan penambahan  $\text{TiO}_2$  berfungsi sebagai filler maka jumlah  $\text{TiO}_2$  akan berpengaruh pada tampilan permukaan bioplastik. Jumlah  $\text{TiO}_2$  yang semakin banyak akan menyebabkan penumpukan  $\text{TiO}_2$  itu sendiri, sebaliknya jumlah  $\text{TiO}_2$  yang sedikit mengakibatkan penyebaran  $\text{TiO}_2$  yang tidak merata. Kedua hal ini berdampak pada tampilan morfologi yang tidak rata. Berdasarkan Gambar 5, jumlah  $\text{TiO}_2$  sebesar 0,2 gram sudah mampu menutupi dengan baik. Hal ini karena  $\text{TiO}_2$  merupakan pigmen yang memiliki kemampuan menutup (*hiding power*) tinggi yang ditunjukkan dengan nilai index bias 2,76.

Selain berdasarkan pengamatan mikroskop, dilakukan juga pengamatan secara fisik. Beberapa lembaran bioplastik memiliki karakteristik lembaran yang lengket dan berair. Hal ini dikarenakan penyimpanan bioplastik yang tertutup sehingga lembab dan berair.

### 4. Kesimpulan

Nilai ketebalan terendah diperoleh pada perlakuan 95%:5% dan jumlah  $\text{TiO}_2$  sebanyak 0,2 gram yaitu sebesar 0,02 mm sedangkan ketebalan tertinggi diperoleh pada perlakuan 99%:1% dan jumlah  $\text{TiO}_2$  sebanyak 0,4 gram yaitu sebesar 0,085 mm.

Penambahan CMC berpengaruh terhadap kenaikan nilai ketahanan air dan menurunkan nilai ketebalan, serta biodegradasi bioplastik. Penambahan jumlah TiO<sub>2</sub> berpengaruh terhadap penurunan nilai ketahanan air, dan biodegradasi bioplastik serta menaikkan nilai ketebalan dari bioplastik. Kondisi optimum didapat pada perlakuan rasio tapioka dan CMC 96%:4% dengan jumlah TiO<sub>2</sub> sebanyak 0,2 gram.

## Referensi

- [1] Khotimah, K., Rudatiningtyas, U F., dan Heriyono, M. (2023). "Perilaku dan Sikap Masyarakat Terhadap Pengelolaan Sampah di Desa Adisara Kecamatan Jatilawang kabupaten Banyumas tahun 2023". *Jurnal Bina Cipta Husada*, 19 (2): 112-121.
- [2] Kamsiati, E., Herawati, H., dan Purwani, E.Y. (2017). "Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubikayu di Indonesia". *Jurnal Litbang Pertanian*, 36 (2): 67-76.
- [3] Dewi, S.R., Widyasanti, A., Putri, S.H. (2023). "Pengaruh Konsentrasi Pati Singkong Terhadap Karakteristik *Edible Film* Berbahan Pati Singkong dengan Penambahan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh". *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 11 (2): 158-166.
- [4] Ayu, N., Jumiati, E., Husnah, M. (2023). "Analisis Uji Mekanik Bioplastik Berbahan Pati Tepung Sagu Kitosan dan Sorbitol". *Jurnal Online Off Physics*, 8 (3): 47-50.
- [5] Rahmasari, E., Zamhari, M., & Silviyati, I. (2022). "Plastik *Biodegradable* Berbasis *Carboxymethyl Cellulose* dari Ampas Tebu". *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 2(9): 385-391.
- [6] Zaenab, Sasria, N., Lubis, M.P.D. (2023). "Pengaruh *Carboxymethyl Cellulose* Terhadap Sifat Bioplastik Berbasis Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Plasticizer Gliserol". *Journal of Chemistry*, 11 (2): 25-31.
- [7] Purnavita, S., Pratiwi, M.A., Pradana, B.R.B. (2024). "Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Suhu Terhadap Karakteristik Carboxy Methyl Cellulose Dari Sabut Kelapa Muda". *Journal of Chemical Engineering*, 5 (1): 50-56
- [8] Septia, F., Purnavita, S., Oktaviananda, C., dan Mumpuni Asih Pratiwi. (2025). "Pengaruh Rasio Jumlah Pati Sagu dengan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) dan Jenis Plasticizer Terhadap karakteristik Biodegradable Film". *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 10 (1): 29-24
- [9] Natalia, E.V. & Muryeti. (2020). "Pembuatan Plastik Biodegradable dari Pati Singkong dan Kitosan". *Journal Printing and Packaging Technology*, 1: 57-68.
- [10] Nugroho, R., Purnavita, S., Sutanti, S., & Oktaviananda, C. (2025). "Pemanfaatan Limbah Styrofoam untuk Aplikasi Cat Emulsi Berbasis Air". *Journal of Chemical Engineering*, 6 (1): 49-60.
- [11] Saputro, A. N., & Ovita, A. L. (2017). "Sintesis dan karakterisasi bioplastik dari kitosan-pati ganyong (*Canna edulis*)". *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2(1), 13-21.
- [12] Agustina, E., Purnamasari, R., Erfansyah, N. F., Andiarna, F., Lusiana, N., & Hidayati, I. (2024). "Pemanfaatan Limbah Pucuk Tebu sebagai Sumber Selulosa

Bahan Baku Plastik Biodegradable". *Biotropic: The Journal of Tropical Biology*, 8(1), 39- 54.

- [13] Intandiana, S., Dawam, A. H., Denny, Y. R., Septiyanto, R. F., & Affifah, I. (2019). "Pengaruh karakteristik bioplastik pati singkong dan selulosa mikrokristalin terhadap sifat mekanik dan hidrofobisitas". *EduChemia: Jurnal Kimia dan Pendidikan*, 4(2): 185-194.
- [14] Panjaitan, R. M., Irdoni, I., & Bahruddin, B. (2017). *Pengaruh Kadar Dan Ukuran Selulosa Berbasis Batang Pisang Terhadap Sifat Dan Morfologi Bioplastik Berbahan Pati Umbi Talas* (Doctoral dissertation, Riau University).