

KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBASIS KOLANG KALING, TAPIOKA, DAN CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC)

Sri Sutanti^a, Elisa Rinihapsari^{a*}

^a Politeknik Katolik Mangunwijaya

*elisarinihapsari@gmail.com

Diterima : 18-05-2026

- Direview : 17-06-2026

- Diterbitkan : 30-06-2026

Intisari

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi kolang kaling (*Arenga pinnata*) sebagai bahan baku bioplastik serta mengkaji pengaruh variasi konsentrasi *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) dan pati tapioka terhadap karakteristik produk yang dihasilkan. Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi rasio suspensi tapioka yang digunakan (5%, 10%, 15%, 20%, 25%) dan rasio CMC yang ditambahkan (0%; 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,4%; 0,5%), sedangkan variabel terikatnya adalah karakteristik bioplastik yang dihasilkan. Penelitian dilakukan dengan parameter tetap untuk kondisi proses berupa: suhu 70°C, tekanan 1 atm, dan waktu 25 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kolang-kaling dapat disintesis menjadi bioplastik, dengan penambahan CMC dan tapioka secara signifikan meningkatkan ketebalan film. Peningkatan konsentrasi CMC menyebabkan kenaikan daya serap air, sedangkan penambahan tapioka cenderung menurunkan absorpsi air pada bioplastik. Formulasi dengan penambahan CMC 0,4% dan tapioka 5% memberikan hasil paling baik berdasarkan uji biodegradasi selama lima hari.

Kata Kunci: Bioplastik; Kolang kaling; CMC; Tapioka

Abstract

This study aimed to analyze the potential of kolang-kaling (sugar palm fruit [*Arenga pinnata*]) as a raw material for bioplastic production and to examine the effect of varying concentrations of Carboxymethyl Cellulose (CMC) and tapioca starch on the characteristics of the resulting product. The independent variables in this study included the ratio of tapioca suspension used (5%, 10%, 15%, 20%, and 25%) and the ratio of added CMC (0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, and 0.5%), while the dependent variable was the characteristics of the bioplastic produced. The study was conducted under fixed process conditions, namely a temperature of 70°C, pressure of 1 atm, and processing time of 25 minutes. The results showed that kolang-kaling could be synthesized into bioplastic, and the addition of CMC and tapioca significantly increased the film thickness. Increasing the CMC concentration led to higher water absorption capacity, whereas the addition of tapioca tended to reduce water absorption in the bioplastic. The formulation containing 0.4% CMC and 5% tapioca produced the best results based on the biodegradation test conducted over five days.

Keywords: Bioplastic; Kolang-kaling; CMC; Tapioca

1. Pendahuluan

Setiap tahun, lebih dari 330 juta ton plastik diproduksi di seluruh dunia. Sebagian besar plastik industri tidak dapat terurai secara hayati dan karena itu menimbulkan masalah lingkungan karena peningkatan jumlah limbah padat. Pencemaran lingkungan akibat limbah plastik menjadi persoalan yang terus meningkat karena plastik konvensional sulit terurai secara alami dan dapat bertahan lama di lingkungan. Kondisi ini mendorong pengembangan material alternatif yang lebih ramah lingkungan, salah satunya bioplastik yang berasal dari sumber daya hayati dan berpotensi terdegradasi lebih cepat dibandingkan plastik berbasis fosil (Copolla et al, 2021; Darni dan Utami, 2009; Kamsiati dkk, 2017; Ibrahim et al, 2021).

Penggunaan bioplastik harus dipertimbangkan dengan memperhatikan beberapa aspek sepanjang siklus hidupnya, mulai dari pemrosesan bioplastik hingga aplikasi akhir

produk (Negrete-Bolagay & Gerrero, 2021). Bioplastik umumnya dibuat dari bahan yang mengandung pati atau polisakarida karena komponen tersebut mampu membentuk film yang dapat digunakan sebagai bahan kemasan. Dalam pengembangannya, karakteristik bioplastik sangat dipengaruhi oleh jenis bahan baku, komposisi polimer, serta bahan tambahan yang digunakan. Oleh karena itu, pemilihan bahan lokal yang memiliki potensi pembentukan film menjadi penting untuk menghasilkan bioplastik dengan sifat yang optimal (Darni dan Utami, 2009).

Kolang-kaling (*Arenga pinnata*) merupakan salah satu sumber daya lokal yang berpotensi dikembangkan sebagai bahan baku bioplastik. Bahan ini dilaporkan memiliki kandungan polisakarida dan sifat gel yang dapat dimanfaatkan sebagai matriks pembentuk film. Berbagai penelitian untuk memanfaatkan kolang-kaling telah dilakukan, di antaranya untuk pembuatan gel masker wajah (Maharani et al, 2022), pengental pada produk saus

(Anggraini et al, 2022), dan berbagai produk alat kesehatan (Abang et al, 2023). Selain itu, pemanfaatan kolang-kaling juga dapat meningkatkan nilai tambah produk lokal yang selama ini lebih banyak digunakan untuk konsumsi pangan (Niswa dkk, 2025).

Dalam formulasi bioplastik, pati tapioka sering digunakan karena memiliki kemampuan membentuk lapisan film yang baik, sedangkan *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) banyak ditambahkan untuk memperbaiki struktur film, meningkatkan homogenitas, dan memengaruhi sifat fisik produk. Penelitian menunjukkan bahwa penambahan CMC dan bahan berbasis pati dapat memengaruhi ketebalan, daya serap air, serta biodegradasi bioplastik. Dengan demikian, kombinasi kolang-kaling, tapioka, dan CMC berpotensi menghasilkan bioplastik dengan karakteristik yang lebih baik. (Septianingsih dkk, 2025; Karimah dkk, 2025)

Penelitian mengenai formulasi bioplastik berbasis kolang-kaling menjadi penting untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi CMC dan pati tapioka terhadap karakteristik produk yang dihasilkan. Kajian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai formulasi optimum yang menghasilkan ketebalan, daya serap air, dan biodegradabilitas yang baik, sehingga dapat mendukung pengembangan material kemasan ramah lingkungan berbasis sumber daya lokal (Kamsiati dkk, 2017; Niswa dkk, 2025).

Penelitian mengenai bioplastik berbasis kolang-kaling masih sangat terbatas, terutama yang mengkaji kombinasi konsentrasi CMC dan pati tapioka terhadap karakteristik fisik dan biodegradabilitas produk. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai potensi kolang-kaling sebagai bahan baku bioplastik biodegradabel serta menghasilkan formulasi optimum yang dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai alternatif pengganti plastik konvensional yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

2. Kerangka Teori

Bioplastik merupakan material polimer yang berasal dari bahan alami terbarukan dan dapat terdegradasi secara biologis oleh aktivitas mikroorganisme di lingkungan. Bioplastik dikembangkan sebagai alternatif plastik sintetis untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah plastik yang sulit terurai. Karakteristik utama bioplastik meliputi kemampuan biodegradabilitas, sifat mekanik, ketahanan terhadap air, serta kemampuan membentuk film (*film-forming ability*) (Darni & Utami, 2010). Selain itu, penggunaan bahan berbasis polisakarida pada bioplastik memungkinkan terbentuknya struktur polimer alami yang mudah diuraikan oleh mikroorganisme tanah (Akbar dkk., 2013). Menurut Nuriah dkk. (2011), sifat fisik dan mekanik bioplastik dipengaruhi oleh jenis bahan dasar, komposisi polimer, plastisizer, dan bahan aditif yang digunakan selama proses pembentukan film. Oleh karena itu, kombinasi bahan alami dan bahan tambahan diperlukan untuk menghasilkan bioplastik dengan karakteristik yang optimal.

Kolang-kaling merupakan endosperma biji muda tanaman aren *Arenga pinnata* yang mengandung kadar air tinggi serta polisakarida galaktomanan. Galaktomanan merupakan senyawa hidrofilik yang tersusun atas rantai mannosida dan galaktosa yang mampu membentuk gel dan lapisan film sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan dasar

bioplastik. Kandungan karbohidrat dan serat pada kolang-kaling mendukung pembentukan matriks polimer alami yang biodegradabel. Selain itu, galaktomanan memiliki kemampuan membentuk ikatan hidrogen antarmolekul sehingga dapat meningkatkan integritas struktur bioplastik. Penggunaan kolang-kaling sebagai bahan baku bioplastik juga mendukung pemanfaatan sumber daya lokal yang berkelanjutan dan ramah lingkungan (Indarti dkk, 2021; Rahmawati et al, 2026).

Tapioka merupakan pati yang diperoleh dari umbi singkong *Manihot esculenta* dan banyak digunakan dalam pembuatan bioplastik karena kandungan amilosa dan amilopektinnya yang tinggi. Amilosa berperan penting dalam pembentukan film karena memiliki struktur linear yang mampu membentuk ikatan antarmolekul secara kuat, sedangkan amilopektin memberikan sifat elastis pada bioplastik (Darni & Utami, 2010). Penambahan tapioka dapat meningkatkan ketebalan dan kekuatan film bioplastik akibat meningkatnya jumlah padatan dan terbentuknya jaringan polimer yang lebih rapat. Namun, peningkatan konsentrasi pati juga dapat memengaruhi sifat hidrofilik dan laju biodegradasi bioplastik karena perubahan struktur kristalinitas matriks polimer (Akbar dkk., 2013).

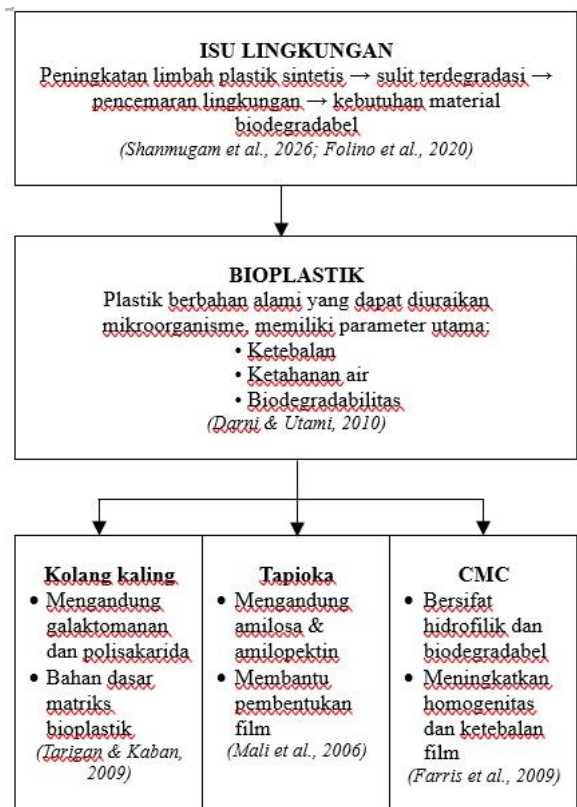
Carboxymethyl Cellulose (CMC) merupakan turunan selulosa yang bersifat hidrofilik, biodegradabel, tidak beracun, dan larut dalam air. CMC banyak digunakan sebagai bahan aditif dalam pembuatan bioplastik karena mampu meningkatkan kekuatan tarik, stabilitas film, dan homogenitas matriks polimer (Nuriah dkk., 2011). CMC memiliki gugus hidroksil dan karboksimetil yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul pati maupun polisakarida lainnya sehingga menghasilkan struktur film yang lebih kompak. Akan tetapi, sifat hidrofilik CMC juga menyebabkan peningkatan daya serap air pada bioplastik. Selain itu, karena berasal dari senyawa selulosa, CMC mudah diuraikan oleh mikroorganisme sehingga dapat meningkatkan biodegradabilitas bioplastik.

Monogliserida merupakan senyawa lipid yang digunakan sebagai plastisizer dalam pembuatan bioplastik. Fungsi utama plastisizer adalah meningkatkan fleksibilitas dan elastisitas film dengan cara mengurangi gaya intermolekul antar rantai polimer. Penambahan monogliserida membantu mengurangi sifat rapuh pada bioplastik berbasis polisakarida serta meningkatkan homogenitas struktur film. Menurut penelitian Nuriah dkk. (2011), plastisizer bekerja dengan meningkatkan mobilitas rantai polimer sehingga bioplastik menjadi lebih lentur dan tidak mudah retak. Penggunaan monogliserida juga dapat membantu meningkatkan kestabilan struktur bioplastik selama proses pengeringan.

Karakteristik bioplastik yang umum dianalisis meliputi ketebalan, ketahanan air, sifat mekanik, dan biodegradabilitas. Ketebalan merupakan parameter penting yang memengaruhi kekuatan dan kemampuan proteksi bioplastik. Ketebalan dipengaruhi oleh jumlah total padatan, konsentrasi polimer, dan homogenitas campuran film (Darni & Utami, 2010). Ketahanan air menunjukkan kemampuan bioplastik menyerap air dari lingkungan. Bioplastik berbasis polisakarida umumnya memiliki sifat hidrofilik karena banyak mengandung gugus hidroksil yang mudah berikatan dengan air (Nuriah dkk., 2011). Biodegradabilitas merupakan kemampuan material untuk terurai secara alami oleh aktivitas mikroorganisme menjadi senyawa sederhana

seperti air, karbon dioksida, dan biomassa. Faktor yang memengaruhi biodegradabilitas antara lain komposisi polimer, struktur matriks, kadar air, dan sifat hidrofilik bahan penyusun (Akbar dkk., 2013).

Ringkasan kerangka teori dalam penelitian dapat dilihat secara jelas pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Kerangka teori

3. Metodologi

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama adalah jumlah CMC yang ditambahkan (0%; 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,4%; 0,5%). Faktor kedua adalah jumlah tapioka yang digunakan (0%; 5%; 10%; 15%; 20%; 25%). Pada penelitian ini dilakukan ulangan sebanyak 2 kali. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah karakteristik bioplastik yang dihasilkan. Berat bubur kolang kaling sebanyak 50 gram, dengan gliserol 1%. Bubur kolang kaling dibuat dengan rasio kolang kaling dan akuades 1:1, lalu dilakukan pengenceran dengan rasio bubur kolang kaling dan akuades 50:100. Lama penghalusan dalam blender 5 menit dengan kecepatan ekstra. Proses dilakukan dalam kondisi tetap suhu 70°C, tekanan 1 atm, selama 25 menit. Pengovenan dilakukan dengan suhu 55°C selama 20 jam.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: akuades, kolang kaling, tapioka, CMC, minyak kelapa sawit, gliserol, NaOH, asam fosfat. Alat yang dipakai adalah: *hot plate*, *magnetic stirrer*, neraca analitik, *beacker glass*, nampan, gelas ukur, termometer, oven, mikrometer skrup, ayakan 100 mesh, gelas arloji, sendok.

Pembuatan bioplastik dari buah kolang-kaling pada penelitian ini akan dilakukan dengan tahapan proses yaitu:

a. Pembuatan bubur kolang-kaling

Kolang-kaling ditambahkan air dengan perbandingan 1:1 dan diblender. Bubur disaring menggunakan ayakan 100 mesh.

b. Pembuatan bioplastik

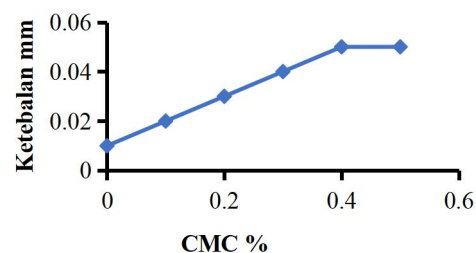
Bubur kolang kaling sebanyak 50g ditambah air sampai 100ml sambil diaduk sehingga berbentuk suspensi, kemudian dipanaskan pada suhu 70°C hingga mencapai gelatinasi. Setelah mencapai gelatinasi, ditambahkan gliserol dan CMC, proses ini berlangsung selama 25 menit. Suspensi didiamkan untuk menghilangkan udara yang terperangkap selama 10 menit, kemudian dicetak sebanyak 30ml dan dikeringkan dalam oven pada suhu 55°C selama 20 jam.

c. Analisis bioplastik yang dihasilkan meliputi ketebalan film, ketahanan air, dan biodegradabilitas.

4. Hasil dan Pembahasan

a. Uji Ketebalan

Hasil uji ketebalan dengan variabel CMC dengan jumlah tapioka 5% (suspensi 1%) dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini. Hasil ini menunjukkan bahwa pada semakin banyak penambahan CMC, maka ketebalan biofilm semakin meningkat.

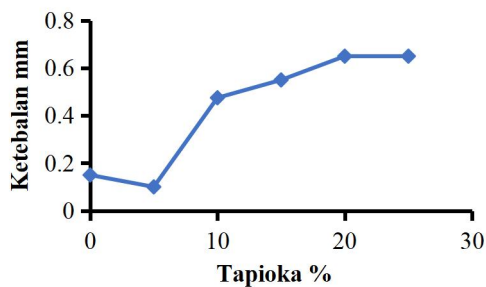


Gambar 2. Uji ketebalan dengan variabel CMC

Peningkatan ketebalan biofilm sejalan dengan penambahan CMC terjadi karena CMC memiliki kemampuan mengikat air dan membentuk matriks film yang lebih padat. Semakin banyak CMC yang ditambahkan, maka total padatan dalam larutan bioplastik meningkat sehingga menghasilkan lapisan film yang lebih tebal setelah proses pengeringan. Selain itu, gugus hidroksil pada CMC mampu membentuk ikatan hidrogen dengan pati dan galaktomanan dari kolang-kaling sehingga struktur bioplastik menjadi lebih kompak.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian oleh Mindarwati (2006) yang menyatakan bahwa penambahan CMC pada *edible film* meningkatkan ketebalan film karena bertambahnya jumlah total padatan pembentuk matriks. Penelitian Darni dan Utami (2010) juga menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi bahan pembentuk film menyebabkan ketebalan bioplastik meningkat secara signifikan.

Hasil uji ketebalan dengan variabel tapioka dengan suspensi tapioka 1% dan CMC 0,4% dapat dilihat pada gambar 3. Hasil menunjukkan bahwa pada semakin banyak penambahan tapioka, maka ketebalan biofilm semakin meningkat.



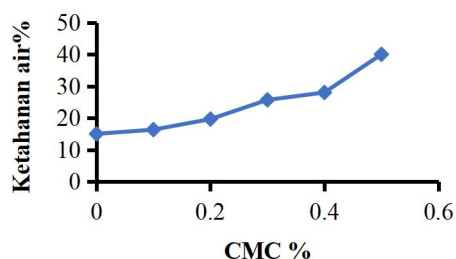
Gambar 3. Uji ketebalan dengan variabel tapioka

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi tapioka menyebabkan ketebalan bioplastik meningkat. Hal ini disebabkan karena pati tapioka mengandung amilosa dan amilopektin yang dapat mengalami gelatinisasi dan membentuk jaringan polimer yang lebih padat. Semakin tinggi jumlah pati, maka jumlah padatan terlarut dalam campuran meningkat sehingga film yang dihasilkan semakin tebal. Selain itu, pati memiliki kemampuan membentuk lapisan film yang baik akibat adanya interaksi antar rantai polisakarida selama proses pemanasan.

Hasil ini sesuai dengan penelitian Akbar dkk. (2013) yang melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi pati singkong pada bioplastik menghasilkan ketebalan film yang lebih besar akibat meningkatnya total padatan dan viskositas larutan.

b. Uji Ketahanan Air

Hasil uji ketahanan air variabel CMC dengan jumlah tapioka 5% (suspensi 1%) dapat dilihat pada gambar 4. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan CMC maka ketahanan airnya semakin meningkat.



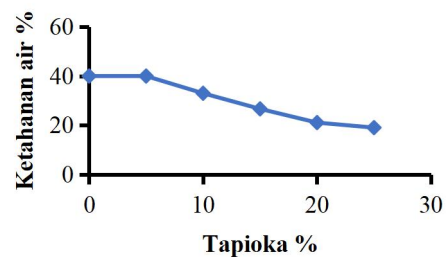
Gambar 4. Uji ketahanan air dengan variabel CMC

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan CMC, ketahanan air meningkat dari 15% menjadi 40%. Peningkatan ketahanan air disebabkan oleh sifat hidrofilik CMC. CMC memiliki banyak gugus hidroksil (-OH) dan gugus karboksimetil yang mudah berikatan dengan molekul air. Akibatnya, bioplastik menjadi lebih mudah menyerap air. Selain itu, meningkatnya

konsentrasi CMC menyebabkan struktur bioplastik menjadi lebih porous sehingga penetrasi air ke dalam matriks polimer semakin besar. Sifat ini umum ditemukan pada bioplastik berbasis polisakarida.

Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian Nuriah dkk. (2011) yang menyatakan bahwa penambahan senyawa hidrofilik seperti CMC dan gliserol meningkatkan kemampuan penyerapan air pada bioplastik berbahan pati ubi kayu.

Hasil uji ketahanan air dengan variabel tapioka dengan suspensi tapioka 1% dan CMC 0,4% dapat dilihat pada gambar 5. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan tapioka maka ketahanan airnya semakin menurun.



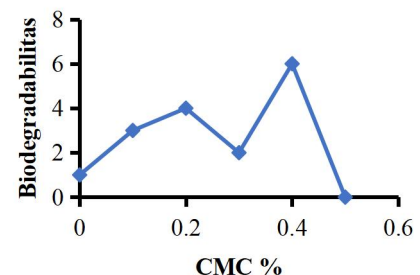
Gambar 5. Uji ketahanan air dengan variabel tapioka

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi tapioka, ketahanan air menurun dari 40% menjadi 19,05%. Penurunan daya serap air diduga karena terbentuknya struktur matriks pati yang lebih rapat dan kompak sehingga difusi air ke dalam film menjadi lebih sulit. Kandungan amilosa dalam tapioka juga berperan membentuk ikatan intermolekul yang kuat sehingga mengurangi ruang kosong dalam matriks bioplastik. Selain itu, peningkatan kandungan pati dapat meningkatkan kristalinitas film sehingga ketahanan terhadap air menjadi lebih baik.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Darni dan Utami (2010) yang melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi pati dapat meningkatkan sifat hidrofobik bioplastik sehingga penyerapan air menjadi lebih rendah.

c. Uji Biodegradabilitas

Hasil uji biodegradabilitas pada variabel CMC dengan jumlah tapioka 5% (suspensi 1%) dapat dilihat pada gambar 6. Hasil menunjukkan bahwa nilai biodegradabilitas optimum terdapat pada jumlah CMC 0,4%.



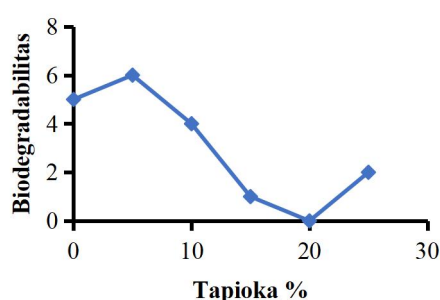
Gambar 6. Uji biodegradabilitas dengan variabel CMC

Hasil penelitian menunjukkan bahwa biodegradabilitas optimum diperoleh pada penambahan CMC 0,4% dengan nilai degradasi tertinggi sebesar 6. Hal ini menunjukkan

bahwa CMC mampu meningkatkan kemampuan degradasi bioplastik karena CMC merupakan turunan selulosa yang mudah diuraikan oleh mikroorganisme. Struktur polisakarida pada CMC menjadi sumber karbon bagi mikroba tanah sehingga mempercepat proses biodegradasi. Namun, pada konsentrasi CMC 0,5% terjadi penurunan biodegradabilitas. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh struktur film yang terlalu padat sehingga mikroorganisme lebih sulit menembus matriks bioplastik.

Penelitian ini sesuai dengan penelitian Akbar dkk. (2013) yang menyatakan bahwa bioplastik berbasis polisakarida memiliki tingkat biodegradabilitas tinggi karena mudah diurai oleh aktivitas mikroorganisme.

Hasil uji biodegradabilitas pada variabel tapioka dengan suspensi tapioka 1% dan CMC 0,4% dapat dilihat pada gambar 7. Hasil menunjukkan bahwa nilai biodegradabilitas optimum terdapat pada jumlah tapioka 5%.



Gambar 7. Uji biodegradabilitas dengan variabel tapioka

Nilai biodegradabilitas optimum diperoleh pada penambahan tapioka 5% dengan nilai degradasi sebesar 6, kemudian menurun pada konsentrasi lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan tapioka dalam jumlah rendah menghasilkan struktur film yang masih mudah diuraikan mikroorganisme. Namun, peningkatan jumlah tapioka menyebabkan struktur matriks menjadi lebih rapat sehingga memperlambat penetrasi air dan aktivitas mikroba dalam menguraikan bioplastik. Pati memang bersifat biodegradable, namun pada konsentrasi tinggi dapat membentuk struktur kristalin yang lebih stabil sehingga laju degradasi menurun.

Hasil ini didukung oleh penelitian Nuriah dkk. (2011) yang menyatakan bahwa peningkatan densitas matriks pati dapat memperlambat proses biodegradasi karena akses mikroorganisme terhadap substrat menjadi terbatas.

5. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kolong-kaling berpotensi digunakan sebagai bahan baku bioplastik biodegradabel karena kandungan galaktomanannya mampu membentuk matriks polimer alami yang ramah lingkungan. Variasi penambahan CMC dan tapioka memberikan pengaruh signifikan terhadap karakteristik bioplastik yang dihasilkan. Peningkatan konsentrasi CMC menyebabkan ketebalan, daya serap air, dan biodegradabilitas bioplastik meningkat akibat sifat hidrofilik dan biodegradabilitas dari CMC, sedangkan peningkatan konsentrasi tapioka meningkatkan ketebalan namun menurunkan ketahanan air serta laju biodegradasi karena terbentuknya struktur matriks pati yang lebih rapat

dan kompak. Formulasi yang terbaik dari penelitian ini diperoleh pada penambahan CMC sebesar 0,4% dan tapioka sebesar 5% karena menghasilkan keseimbangan terbaik antara sifat fisik dan kemampuan biodegradasi, sehingga kombinasi bahan tersebut berpotensi dikembangkan sebagai alternatif plastik biodegradabel berbasis sumber daya alam terbarukan pengganti plastik sintetis konvensional.

Daftar Pustaka

- Abang, S. Wong, F., Sarbatly, R., Sariau, J., Bains, R., Besar, N.A., (2023). 'Bioplastic classifications and innovations in antibacterial, antifungal, and antioxidant applications[J]. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 8(4): 361- 387. doi: [10.1016/j.jobab.2023.06.005](https://doi.org/10.1016/j.jobab.2023.06.005)
- Anggraini, T., Siski, F., Yenrina, R., (2023). 'The characteristic of chili sauce with kolong kaling (*Arenga pinnata*) addition as thickener'. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **1182** 012050 DOI 10.1088/1755-1315/1182/1/012050
- Coppola, G., Gaudio, M.T., Lopresto, C.G., Calabro, V., Curcio, S., Chakraborty, S., (2021). 'Bioplastic from Renewable Biomass: A Facile Solution for a Greener Environment'. *Earth Syst Environ* **5**, 231–251 (2021). <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00208-7>
- Darni, Y. & Utami, H., (2009). 'Studi pembuatan dan karakteristik mekanik dan hidrofobisitas bioplastik dari pati sorgum'. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 7(4), pp.190–195.
- Ibrahim, N., Shahar, F. S., Sultan, M., Shah, A. U. M., Safri, S. N. A., & Yazik, M. M. H. (2021). 'Overview of Bioplastic Introduction and Its Applications in Product Packaging'. *Coatings*. <https://doi.org/10.3390/coatings11111423>
- Indarti, L.D.E., Purnavita, S., Pratiwi, M.A., (2021), 'Komposit Bioplastik Kolong-Kaling dan Tepung Tapioka dengan Penambahan Berbagai Jenis Plasticizer', *Metana: Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna*, Vol. 17(1):7-14, doi: 10.14710/metana.v17i1.33636
- Kamsiati, E., Herawati, H., Purwani, E.Y. (2017) 'Potensi pengembangan plastik biodegradable berbasis pati sagu dan ubi kayu di Indonesia', *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 36(2), pp. 67–76. doi: 10.21082/jp3.v36n2.2017.p67-76.
- Karimah, S.N., Hakim, M.F., Aini, A.R. (2025) 'Pengaruh penambahan kitosan dan Carboxymethyl Cellulose (CMC) terhadap sifat mekanik, daya serap air, dan biodegradasi bioplastik berbasis pati biji alpukat', *Teknosains. Media Informasi Sains dan Teknologi*, Vol 19 no 2, doi: <https://doi.org/10.24252/teknosains.v19i2.58389>
- Mindarwati, E. (2006) 'Kajian pembuatan edible film komposit dari karagenan sebagai pengemas bumbu instan rebus'. Tesis. Institut Pertanian Bogor.
- Negrete-Bolagay, D., & Guerrero, V. H. (2024). Opportunities and Challenges in the Application of Bioplastics: Perspectives from Formulation, Processing, and Performance. *Polymers*, 16 (18), 2561. <https://doi.org/10.3390/polym16182561>
- Niswa, M., Ahleyani, M., Pratama, A.K.

- (2025) 'ARENBIOPACK: Bioplastik galaktomannan kolang-kaling dan nanocellulose batang aren melalui solvent casting untuk kemasan ramah lingkungan berbasis circular bioeconomy' *Kalamizu: Jurnal Sains, Sosial, dan Studi Agama*.
- Nuriah, L., Iswarin, S.J. & Wiyono (2011)' Karakteristik sifat mekanik bioplastik dari pati ubi kayu dengan pemplastis gliserol dan sorbitol'. *Jurnal Natural B*, 1(1), pp.1–8.
- Rahmawati, S. H., Murhadi, M., Utomo, T. P., & Suroso, E. (2025). Physical Properties and Galactomannan Content of Kolang Kaling (*Arenga pinnata* Merr) Fruit Flour. *Journal of Multidisciplinary Applied Natural Science*, 6(1), 326–340.
<https://doi.org/10.47352/jmans.2774-3047.324>
- Septianingsih, A., Purnavita, S., Pratiwi, M.A., Rahayu, L.H. (2025) 'Pembuatan bioplastik komposit tapioka dan *carboxymethyl cellulose* (CMC) dengan penambahan pigmen TiO₂', *CHEMTAG Journal of Chemical Engineering* Vol 6 no 2