



Artikel Penelitian

PENGARUH CARBOXYMETHYL CELLULOSE TERHADAP SIFAT BIOPLASTIK BERBASIS TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DAN PLASTICIZER GLISEROL

Zaenab , Nia Sasria * , Muthia Putri Darsini Lubis

Teknik Material dan Metalurgi, Jurusan Ilmu Kebumihan dan Lingkungan, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Kalimantan Timur, 76127

INFO ARTIKEL**ABSTRAK****Riwayat Artikel**

Diterima 07 Februari 2023

Direvisi 03 Maret 2023

Tersedia online 03 Oktober 2023

*penulis korespondensi :

niasasria@lecturer.itk.ac.id

One way that can be developed in dealing with plastic waste is to use bioplastics. The purpose of this research was to determine the effect of variations in the composition of CarboxyMethyl Cellulose (CMC) additives on the tensile strength, biodegradation, and water absorption of Empty Oil Palm Bunches (EFB) and Kepok Banana Peel Starch. In processing OPEFB which has been delignified and bleached, it is dissolved in 50 mL of distilled water together with starch and glycerol for 10-15 minutes at a temperature of 70°C. After that, CMC was added which had been dissolved with variations of 1%, 2%, 3% and 4%, stirred and heated for 30 minutes at a temperature of 180°C. Then printed using Teflon and put in the oven with a temperature of 70°C for 5 hours. After that, the mold was removed and cooled using room temperature. The highest tensile strength value was obtained with a 4% CMC variation, which was 2.103 Mpa and the highest elongation was found at a 3% CMC variation of 2.12%. The highest water absorption value is found at 4% CMC, which is 80.95% with a water resistance of 19.05% while the highest degradation value was found in CMC 4%, which was 88.77%.

Keywords: Empty Palm Oil Bunches, Kepok Banana Peel Starch, CMC

Salah satu cara yang dapat dikembangkan dalam penanggulangan sampah plastik adalah menggunakan Bioplastik. Dengan dilaksanakannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi zat aditif *CarboxyMethyl Cellulose* (CMC) terhadap kekuatan tarik, biodegradasi dan daya serap air dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan Pati Kulit Pisang Kepok. Dalam pengolahannya TKKS yang telah di delignifikasi dan bleaching, dilarutkan ke dalam 50 mL aquades bersama dengan pati dan gliserol selama 10-15 menit dengan temperatur 70°C. Setelah itu, ditambahkan CMC yang telah dilarutkan dengan variasi sebanyak 1%, 2%, 3% dan 4% diaduk dan dipanaskan selama 30 menit dengan temperatur 180°C. Kemudian dilakukan pencetakan menggunakan Teflon dan dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 70°C selama 5 jam. Setelah itu, cetakan dikeluarkan dan didinginkan menggunakan temperatur kamar. Didapatkan nilai kuat tarik tertinggi dengan variasi CMC 4%, yaitu sebesar 2,103 MPa dan elongasi tertinggi terdapat pada variasi CMC 3% sebesar 2,12%. Untuk nilai penyerapan air tertinggi terdapat pada CMC 4%, yaitu sebesar 80,95% dengan ketahanan air sebesar 19,05% sedangkan untuk nilai degradasi tertinggi terdapat pada CMC 4%, yaitu sebesar 88,77%.

Kata Kunci: Tandan Kosong Kelapa Sawit, Pati Kulit Pisang Kepok, CMC

1. Pendahuluan

Dalam 10 tahun terakhir telah terjadi peningkatan dalam pengembangan bahan terbarukan dengan sifat *biodegradable* yang berupaya untuk mengurangi dampak lingkungan dari plastik berbasis minyak bumi *non-biodegradable* [1]. Minimnya sumber dari plastik buatan menjadi salah satu alasan utama dilakukannya penelitian ini, dikarenakan sumber utama dari plastik adalah minyak bumi. Dengan minyak yang terbatas dan bahan bakar fosil yang cepat habis, kemampuan untuk menjaga dan mengembangkan pasokan telah menjadi kekhawatiran selama ini [2]. Plastik sangat sulit terdegradasi dan membutuhkan waktu sekitar 100-500 tahun agar bisa terdegradasi dengan sempurna. Indonesia tercatat sebagai penyumbang sampah plastik terbesar di dunia dengan menduduki posisi kedua. Hal ini sesuai dengan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, pada tahun 2019 dihasilkan sekitar 15% atau kurang lebih 67 juta ton sampah plastik. Berbagai macam upaya yang telah dilakukan masih dikatakan kurang maksimal dalam mengurangi penggunaan limbah plastik, seperti melakukan proses daur ulang sampah plastik, bioplastik, dan sebagainya.

Bioplastik yang mudah terurai oleh mikroorganisme merupakan generasi baru plastik sehingga mengurangi pemakaian pada bahan bakar fosil sekaligus dapat mengurangi dampak terhadap lingkungan. Salah satu bahan dasar dalam pembuatan bioplastik adalah pati atau selulosa. Selulosa terkandung di dalam limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS), sehingga limbah ini dapat dijadikan sebagai bahan dasar bioplastik berbasis selulosa. TKKS yang dihasilkan dari satu ton buah segar (TBS) sebesar 23% atau 230 kg TKKS dan dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik, bahan baku pembuatan kertas, briket, dan sebagai media pengisi yang biasa digunakan [3]. Dalam TKKS terdapat kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin masing-masing sebesar 44,4%, 30,9%, dan 14,2%. Oleh karena itu, TKKS dengan kandungan selulosa yang cukup tinggi berpotensi menjadi bahan dasar pembuatan bioplastik. Selain selulosa, bioplastik yang menambahkan pati sebagai bahan dasar dapat terdegradasi secara alami [4].

Pati adalah polimer alami yang berasal dari ekstraksi tanaman yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan bahan-bahan yang mudah terurai sebab memiliki sifat yang ramah lingkungan, ketersediaan yang banyak, dan terjangkau [5]. Pati yang dipakai adalah limbah kulit pisang kepok. Setiap tahun buah pisang segar diproduksi sebanyak 102 juta ton [2]. Kulit pisang menyumbang sekitar 35% dari total berat buah [6]. Di perkirakan sekitar 26 juta ton kulit pisang dihasilkan setiap tahun dan kulit pisang ini merupakan suatu bahan potensial untuk penggunaan inovasi lebih lanjut. Kulit pisang memiliki banyak manfaat dan potensial untuk dimanfaatkan sebagai sumber alternatif. Dalam 100 gram kulit pisang memiliki sumber pati sebesar 18,5% [7]. Oleh karena itu, dapat diusulkan kulit pisang sebagai inovasi yang tepat untuk pembuatan bioplastik.

Dalam pembuatan bioplastik ini juga dibutuhkan gliserol sebagai material perekat. Kegunaan material pemlastis mengacu pada proses mencetak serta meningkatkan elastisitas material. Adapun, gliserol sebagai bahan yang sumbernya mudah didapatkan, dapat diperbaharui, serta dapat berbaur dengan lingkungan sebab mudah terurai oleh alam. Untuk meningkatkan kekuatan mekanis, maka dibutuhkannya zat aditif seperti *CarboxyMethyl Cellulose* (CMC) dalam bioplastik karena CMC dapat bersifat sebagai penstabil antara selulosa, air, dan gliserol serta memberikan kekentalan pada fase cair [8]. Oleh sebab itu, penelitian ini dikerjakan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan variasi komposisi zat aditif CMC dari tandan kosong kelapa sawit dan kulit pisang kapok.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Kulit Pisang Kepok, Tandan Kosong Kelapa Sawit, NaOH 12%, Asam Asetat Glasial 10%, H₂O₂ 10%, Gliserol, *CarboxyMethyl Cellulose* (CMC) dan *Aquadest*.

2.2. Prosedur Penelitian

2.2.1. Tandan Kosong Kelapa Sawit

Langkah awal preparasi TKKS yaitu membersihkan serabut TKKS dan dikeringkan, lalu dipotong dengan ukuran 2-3 cm. Kemudian, serat TKKS dilakukan proses delignifikasi selama 3 jam menggunakan temperatur 70-80°C dalam larutan basa NaOH 12% (b/v). Selanjutnya, proses filtrasi dan pengeringan sampai didapatkan pH netral. Setelah pengecekan pH, dilakukan tahap *bleaching* dengan larutan H₂O₂ 10% (b/v) selama 1,5 jam dengan temperatur 70-80°C. Selanjutnya, TKKS yang telah di *bleaching* dicuci bersih dan dikeringkan. Kemudian selulosa direndam dalam larutan CH₃COOH 10% (v/v) hingga 2 jam dengan temperatur 60-90°C. Terakhir, dilakukan proses filtrasi dan dibersihkan hingga bersih kemudian dikeringkan dalam oven.

2.2.2. Pati Kulit Pisang Kepok

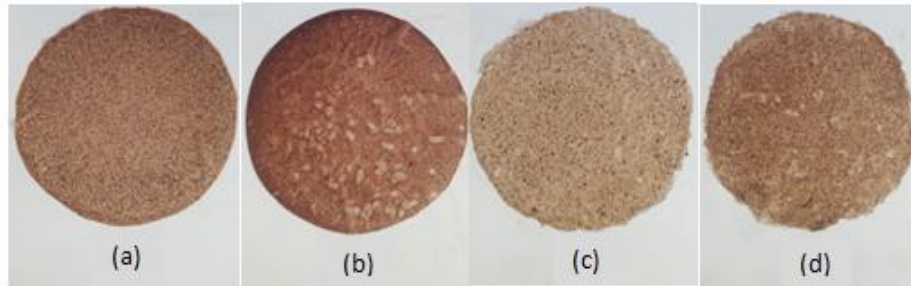
Pembuatan pati dimulai dengan mencuci kulit pisang kepok, lalu dipotong kecil dan diblender dengan perbandingan 1 kg kulit pisang kepok : 2 L air. Setelah itu, dilakukan dua kali filtrasi secara kontinu untuk mendapatkan ampas dan cairan (*suspense*) pati secara terpisah. Selanjutnya, cairan pati dari filtrasi pertama dan kedua dicampurkan serta diendapkan selama 1 hari, sehingga diperoleh pati basah. Proses akhir adalah mengeringkan pati di bawah sinar matahari.

2.2.3. Bioplastik

Langkah awal yang dilakukan adalah menimbang pati kulit pisang kepek dan selulosa dengan perbandingan 1:1. Kemudian dilarutkan dengan akuades 50 mL dan gliserol 5 mL pada temperatur 70°C selama 10-15 menit. Selanjutnya, larutan tersebut ditambahkan larutan CMC dengan variasi sebanyak 1%, 2%, 3% dan 4% pada temperatur 180°C dan diaduk selama 30 menit. Setelah itu, larutan bioplastik dituang pada cetakan teflon dan dipanaskan pada temperatur 70°C selama 5 jam. Terakhir, bioplastik didinginkan pada temperatur ruang lalu dianalisis.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Analisis Secara Fisik



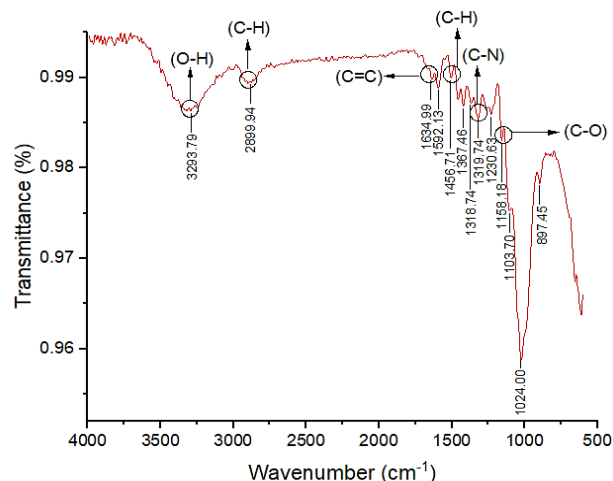
Gambar 1. Hasil analisa fisik bioplastik (a) CMC 1%, (b) CMC 2%, (c) CMC 3% dan (d) CMC 4%

Bioplastik dengan konsentrasi CMC 1% secara fisik terlihat seperti pada gambar berwarna coklat merata, tipis sehingga sangat rentan sobek dan lembab. Pada konsentrasi CMC 2% secara fisik terlihat sedikit tipis, elastis dan berwarna coklat agak pekat dengan adanya gumpalan yang berasal dari CMC. Hal ini disebabkan akibat kurang lamanya pengadukan dan rendahnya temperatur yang digunakan sehingga pada saat pencetakan bioplastik masih terdapat CMC yang menggumpal seperti pada **Gambar 1**. Kemudian pada konsentrasi CMC 3% terlihat agak tebal, elastis dan terlihat sedikit gumpalan CMC. Analisa ini juga terjadi pada konsentrasi CMC 4% yang terlihat agak tebal, elastis namun juga masih terlihat gumpalan yang berasal dari CMC. Hal ini dikarenakan pengadukan yang masih kurang merata dengan bentuk yang tidak bulat sempurna pada cetakan, hal ini disebabkan oleh kentalnya CMC saat dilakukan pencetakan. Pada permukaan bioplastik di setiap variasi CMC juga masih terlihat gumpalan pati yang belum larut seperti pada **Gambar 1**. Hal ini diakibatkan kurang lamanya pengadukan. Selain itu, pada permukaan bioplastik juga terlihat adanya lubang-lubang udara, yang disebabkan cepatnya aliran larutan bioplastik saat pencetakan, sehingga membentuk gelembung udara yang terperangkap. Seperti yang dikatakan pada penelitian [9], pembentukan gelembung udara diakibatkan oleh proses pencampuran dan proses pembentukan bioplastik yang mempengaruhi susunan permukaan bioplastik yang diperoleh.

3.2. Uji FTIR

Telah dilakukan karakterisasi senyawa melalui pengujian FTIR terhadap sampel selulosa TKKS dan pati kulit pisang kepek untuk mengidentifikasi struktur kimia agar diperoleh informasi gugus yang terdapat pada sampel.

3.2.1. Hasil FTIR Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)



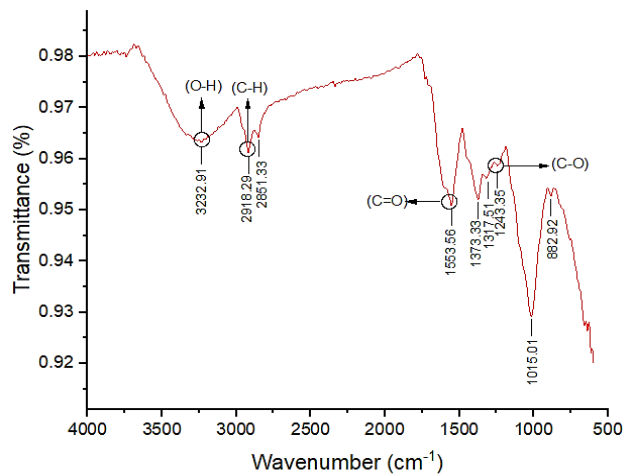
Gambar 2. Spektra FTIR selulosa TKKS

Berdasarkan pengujian FTIR pada selulosa TKKS yang ditunjukkan pada **Gambar 2**, yaitu selulosa TKKS mengandung gugus ikatan hidroksil dengan bilangan gelombang 3293,79 cm^{-1} . Ikatan hidroksil yaitu regangan gugus -OH terikat, mampu bergabung dengan hidrogen. Gugus -OH terikat dicirikan dengan intensitas kuat pada rentang 3200–3600 cm^{-1} . Ikatan hidroksil ini diperkuat dengan kehadiran gugus -C-O- pada daerah 1050–1300 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang 2899,64 cm^{-1} mengindikasikan regangan C-H alifatik dan pada 1319,74 cm^{-1} mengindikasikan adanya tarik ulur gugus C-H. Pita serapan pada bilangan gelombang 1634,68 cm^{-1} memperlihatkan adanya regangan -C=C- . Pita serapan 1592,13 cm^{-1} mengindikasikan bahwa senyawa hasil isolasi ialah senyawa aromatik. Hal ini diperkuat dengan munculnya serapan pada bilangan gelombang 897,45 cm^{-1} , yang mengindikasikan adanya dua gugus -H yang berdekatan dalam cincin aromatik.

Pada rentang 1180–1360 cm^{-1} didapatkan kehadiran ulur alifatik amina C-N. Sedangkan pada rentang 1200–1300 cm^{-1} menginformasikan adanya kandungan lignin dalam selulosa dengan ikatan aromatik C=C. Jadi, dapat disimpulkan bahwasanya pada rentang 1200–1300 cm^{-1} menginterpretasikan perlakuan alkali kurang maksimal. Akibatnya, lignin tidak menghilang dengan sempurna dan hanya sekedar menurunkan kandungan dari ligninnya saja [10].

3.2.2. Hasil FTIR Pati kulit Pisang Kepok

Berdasarkan hasil pengujian FTIR pada pati kulit pisang kepok seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3**, yaitu pada bilangan gelombang 3232,91 cm^{-1} mengindikasikan gugus hidroksil -OH . Pada rentang 3200–2600 cm^{-1} dicirikan dengan intensitas yang kuat dengan bentuk pita yang melebar. Kemudian terdapat gugus C-O pada bilangan gelombang 1243,35 cm^{-1} dengan daerah frekuensi 1050–1300 cm^{-1} . Bilangan gelombang 2918,29 cm^{-1} mengindikasikan terdapat regangan C-H alifatik dan didukung dengan terlihatnya serapan pada bilangan gelombang 1373,33 cm^{-1} yang menunjukkan adanya ulur C-H. Pada bilangan gelombang 1553,56 cm^{-1} disebabkan oleh gugus karbonil (C=O) yang ditunjukkan pada daerah 1500–1700 cm^{-1} serta pada bilangan gelombang 1243,35 cm^{-1} disebabkan oleh gugus karboksil (C-O) yang ditunjukkan di daerah 1050–1300 cm^{-1} .

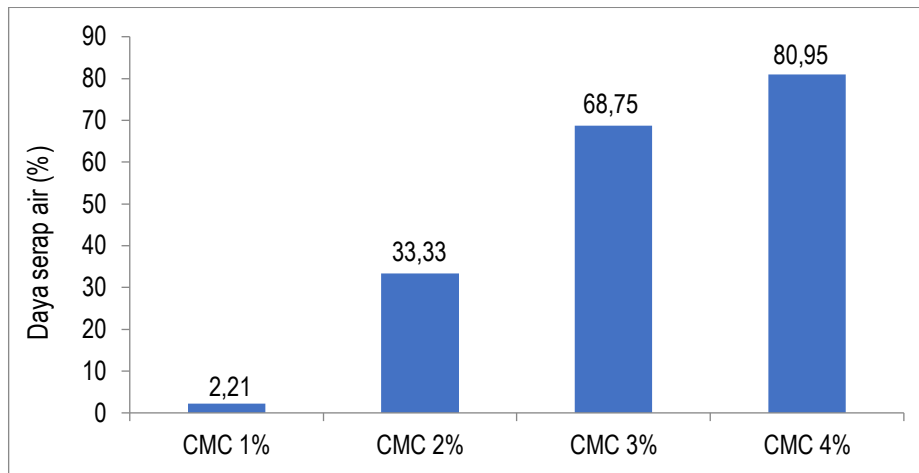


Gambar 3. Spektra FTIR pati kulit pisang kepok

Secara umum data spektrum IR pada pati kulit pisang kepok membuktikan adanya ikatan fungsi utama, yaitu hidroksil O-H, ikatan alifatik C-H dan ikatan karbonil C=O. Ikatan fungsi utama tersebut merupakan penyusun struktur amilosa dan amilopektin yang terkandung dalam pati [11]. Pati mudah terurai di alam karena mengandung ikatan fungsi utama tersebut, terutama gugus hidroksil [12].

3.3. Uji Daya Serap Air

Langkah awal dalam melakukan uji daya serap ini adalah dengan memotong sampel menjadi ukuran 2 cm x 2 cm, selanjutnya sampel ditimbang untuk mengetahui berat awal (W_0) sebelum diuji. Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukkan sampel kedalam 20 mL aquades selama 1 menit. Sesudah sampel di rendam, sampel diangkat dan di keringkan. Kemudian, sampel yang telah dikeringkan tersebut ditimbang kembali untuk mengetahui berat akhir (W) sehingga didapatkan hasil persentase air yang diserap.

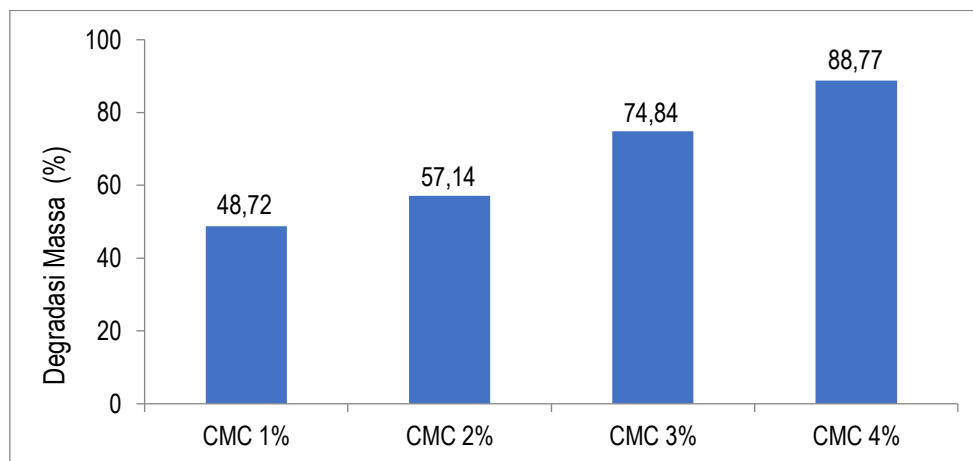


Gambar 4. Grafik daya serap air

Berdasarkan **Gambar 4**, telah terjadi kenaikan seiring banyaknya jumlah CMC yang digunakan. Kenaikan ini terjadi karena adanya air yang membaur ke dalam film bioplastik [8]. Dengan digunakannya CMC sebagai *filler* yang hidrofilik, semakin banyak komposisi CMC yang dibubuhkan, maka tingkat daya serap air bioplastik semakin tinggi. Sehingga tingkat daya serap air tertinggi pada variasi CMC 4% penyerapannya sebesar 80,95%, maka sisanya adalah nilai ketahanan air yaitu sebesar 19,05%. Dan diperoleh nilai terendah dalam penelitian ini adalah variasi CMC 1% dengan penyerapan sebesar 2,21% dan sisanya adalah nilai ketahanan air sebesar 97,79%. Karena semakin rendah penyerapannya maka semakin tinggi ketahanan airnya. Hal ini menunjukkan bahwa banyaknya jumlah CMC yang ditambahkan berpengaruh terhadap daya serap airnya. Semakin banyak CMC yang dibubuhkan mengakibatkan film bioplastik dengan mudah menyerap air dan menjadikan ketahanan airnya semakin rendah. Dengan sifat CMC yang suka air ini menyebabkan bioplastik mudah rapuh.

3.4. Uji Biodegradasi

Langkah awal pengujian biodegradasi dengan menggunting sampel menjadi ukuran 2 cm x 2 cm dan ditimbang sebelum penanaman, kemudian film bioplastik ditanam didalam tanah dan dibiarkan selama 7 hari. Setelah sampel uji diambil dan dibersihkan, sampel ditimbang kembali menggunakan neraca analitik. **Gambar 5** adalah gambar grafik yang menunjukkan hasil dari pengujian biodegradasi.

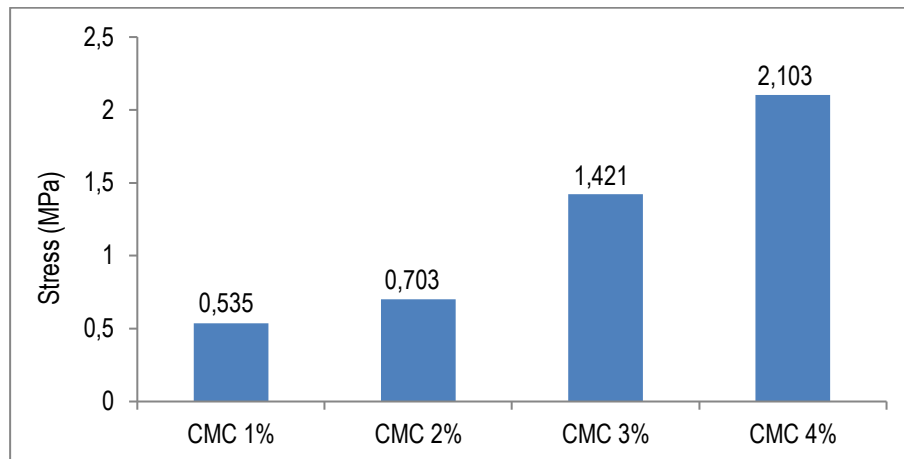


Gambar 5. Grafik degradasi bioplastik

Hasil uji biodegradasi tertinggi ditunjukkan pada sampel dengan variasi 4% sebesar 88,77%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambahnya CMC, maka hasil degradasi yang didapatkan cenderung meningkat dan membutuhkan waktu lebih dari 7 hari agar bisa terdegradasi di lingkungan dengan sempurna. Hal ini disebabkan oleh peran CMC yang memiliki kemampuan untuk menyerap air, dan juga pertumbuhan dari mikroorganisme dalam tanah seperti *Pseudomonas sp.*, *Streptococcus sp.*, *Staphylococcus sp.*, *Bacillus sp.*, dan *Moraxella sp* yang mampu mengurai bioplastik lebih cepat [13]. Selain itu, adanya gugus hidroksil dan karboksil pada pati yang bersifat hidrofilik menyebabkan terjadinya pengikatan molekul air yang ada di dalam tanah serta penyerapan kelembapan dari tanah sehingga kelembapan bioplastik meningkat [14].

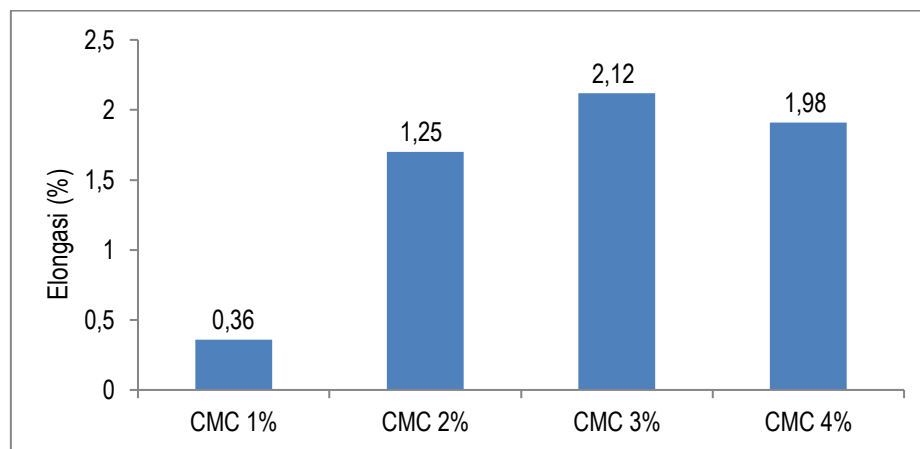
3.5. Uji Tarik

Uji tarik dilakukan untuk mencari tahu nilai kuat tarik maksimum (UTS) dan pertambahan panjang pada film bioplastik.



Gambar 6. Grafik nilai kuat tarik bioplastik

Gambar 6 menunjukkan semakin bertambahnya CMC, nilai kuat tariknya akan mengalami kenaikan. Hal ini juga sesuai dengan hasil dari penelitian sebelumnya [15], seiring dengan bertambahnya jumlah CMC yang ditambahkan dapat membantu meningkatkan kuat tarik bioplastik yang dihasilkan. Maka, diperoleh hasil kuat tarik tertinggi pada spesimen bioplastik dengan variasi CMC 4% sebesar 2,103 MPa sedangkan hasil kuat tarik terendah terdapat pada spesimen bioplastik dengan variasi CMC 1% sebesar 0,535 MPa. Bila mengacu pada standar SNI, kuat tarik pada bioplastik pada penelitian ini tidak memenuhi standar, karena pada standar SNI untuk kuat tariknya adalah sebesar 24,7 – 302 MPa. Akan tetapi, jika nilai kuat tarik mengacu pada *Japanesse Industrial Standart* (JIS) minimal 0,392266 MPa, maka kuat tarik pada penelitian ini dapat memenuhi standar sebagai plastik *biodegradable*.



Gambar 7. Grafik nilai elongasi bioplastic

Berdasarkan hasil elongasi pada **Gambar 7**, diketahui bahwa nilai elongasi mengalami kenaikan, kemudian mengalami penurunan pada variasi konsentrasi CMC 4%. Nilai elongasi yang mengalami kenaikan lalu terjadi penurunan diakibatkan oleh beberapa faktor, misalnya pada saat proses pencampuran yang kurang teraduk secara merata [16]. Sehingga, penyisipan *plasticizer* ke dalam matriks film belum homogen dan elongasi yang didapatkan kurang maksimal. Selanjutnya, berdasarkan data hasil elongasi pada spesimen bioplastik ini terlihat pada konsentrasi CMC 3% memiliki nilai elongasi tertinggi, yaitu sebesar 2,12% dan nilai elongasi terendah terlihat pada konsentrasi CMC 1% sebesar 0,36%.

4. Kesimpulan

1. Penambahan variasi komposisi CMC berpengaruh pada nilai kuat tarik dari film bioplastiknya dengan nilai kuat tarik tertinggi terdapat pada spesimen dengan variasi komposisi CMC 4% sebesar 2,103 MPa.
2. Penambahan variasi komposisi CMC berpengaruh terhadap nilai daya serap airnya dengan nilai tertinggi terdapat pada variasi komposisi CMC 4% sebesar 80,95% dengan ketahanan air sebesar 19,05% dan nilai terendah pada variasi CMC 1% sebesar 2,21% dengan ketahanan air sebesar 97,79%.

3. Penambahan variasi komposisi CMC berpengaruh terhadap nilai degradasi massa bioplastik dengan nilai tertinggi terdapat pada variasi komposisi CMC 4% sebesar 88,77%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) kampus Institut Teknologi Kalimantan (ITK) yang telah membantu pendanaan penelitian ini. Selain itu, penulis juga berterima kasih kepada Dosen Teknik Material dan Metalurgi ITK yang sudah membantu penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] B. Priya, V. K. Guptar, D. Pathania, dan A. S. Singha, Syntesis, Characterization and Antibacterial Activity of Biodegradable Strach/PVA Composite Films Reinforced with Cellulosic Fibre, Carbohydrate Polymers, Vol. 109, pp. 171-179, Agustus 2014.
- [2] N. A. Azieyanti, A. Amirul, S. Z. Othman, dan H. Misran, Mechanical and Morphology Studies of Bioplastic-Based Banana Peels, Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1529, pp. 1741-6596, November 2019.
- [3] A. P. K. Wardani dan D. Widiawati, Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Material Tekstil Dengan Pewarna Alam Untuk Produk Kriya, Jurnal Tingkat Sarjana bidang Senirupa dan Desain, pp. 1-2, 2014.
- [4] T. R. Hidayani, E. Pelota, D. Nirmala. Pembuatan dan Karakterisasi Plastik Biodegradable dari Limbah Polipropilena dan Pati Biji Durian dengan Penambahan Maleat Anhidrida Sebagai Agen Pengikat Silang. Jurnal Kimia dan Kemasan, Vol. 39, No. 1, pp. 17- 24, April 2017.
- [5] A. Mandasari, M. K. Safitri, E. R. Perangin-angin, D. Sunarwati, W. D. Safitri, dan H. I. Nasution, Karakterisasi Uji Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*) Film Plastik Biodegradable dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Penguat Zink Oksida dan Gliserol, Einstein e-Journal, Vol. 5, No. 2, p-issn 2338-1981, Desember 2018.
- [6] H. T. Vu, C. J. Scarlett, Q. V. Vuang, dan Phenolic Compounds Within Banana Peel and Their Potential Uses: A Review, Journal of Functional Foods, Vol. 40, No. 1, pp. 238-248, Januari 2018.
- [7] S. Rusdi, R. A. Destian, F. Rahman, dan A. Chafidz, Preparation and Characterization of Biodegradable Plastic from Banana Kepok Peel Waste, Materials Science Forum, Vol. 981, pp 132-137, Maret 2020.
- [8] E. P. Ningsih, D. Ariyani, Sunardi, Pengaruh Penambahan Carboxymethyl Cellulose Terhadap Karakteristik Bioplastik Dari Pati Ubi Nagara (*Ipomea Batatas L.*), Indonesian Journal of Chemistry, Vol. 7, No. 1, pp. 77-85, Juli 2019.
- [9] C. Amni, Marwan, dan Mariana, Pembuatan Bioplastik dari Pati Ubi Kayu Berpenguat Nano Serat Jerami dan ZnO, Jurnal Litbang Industri, Vol. 5, No. 2, pp. 91-99, Desember 2015.
- [10] H. C. Han, Study of Agro-composite Hemp/Polypropylene: Treatment of Fibers, Morphological and Mechanical Characterization, Mechanical Systems and Materials Universite de Technologie Troyes, pp. 1705-1710, 2015.
- [11] A. D. Oktavia, N. Idiawati, dan L. Destiarti, Studi Awal Pemisahan Amilosa dan Amilopektin Pati Ubi Jalar (*Ipomea Batatas Lam*) dengan Variasi Konsentrasi n-Butanol, Jurnal Kimia, Vol. 2, No. 3, pp. 153-156, 2013.
- [12] S. Solekah, N. Sasria, H. A. Dewanto, Pengaruh Penambahan Gliserol dan Kitosan Kulit Udang Terhadap Biodegradasi dan Ketahanan Air Plastik Biodegradable, Al-Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan, Vol. 8, No. 2 (80-86), Desember 2021.
- [13] N. Sasria, Asrihsyah, M. P. D. Lubis, A. Zulfikar, R. A. Tanjung, Sintesis dan Karakterisasi Plastik Biodegradable Berbasis Pati Nasi Aking dan Kitosan Cangkang Udang, Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi Vol. 16, No. 2, pp. 231–236, November 2020.
- [14] N. Sasria, R. Hernando, M. P. D. Lubis, A. Zulfikar, Production of biodegradable plastics using aking rice starch and chitosan from crab shells as a substitute for conventional plastic, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol. 1053, pp. 1-9, 2021.
- [15] F. Septiawan, S. Z. Amraini, Bahrudin, Pembuatan Bioplastik Berbasis Komposit Pati Sagu-Carboxymethyl Cellulose (CMC) Dengan Plasticizer Sorbitol, Vol. 6, No. 1, Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau, pp. 1-7, Januari – Juni 2019.
- [16] Wardah dan E. Hastuti, Pengaruh Variasi Komposisi Gliserol dengan Pati dari Bonggol Pisang, Tongkol Jagung, dan Enceng Gondok Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Plastik Biodegradable, Jurnal Neutrino, Vol. 7, No. 2, April 2015.