

Sedotan Bioplastik Komposit Pati Jagung dan *Carboxymethyl Cellulose* dengan Pewarna *Titanium Dioxide*

Anggita Violasya Duaafani¹, Sari Purnavita^{2*}, Lucia Hermawati Rahayu¹, Sri Sutanti¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Politeknik Katolik Mangunwijaya
JL. Sriwijaya 104 Semarang, Jawa Tengah 50242 Indonesia

²Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe
Jl. Kampus Ronggolawe No.1 Blora, Jawa Tengah 58315 Indonesia
Email : saripurnavita.2018@gmail.com

Abstrak

Pati jagung merupakan karbohidrat yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan sedotan bioplastik yang ramah lingkungan. Sedotan bioplastik yang terbuat dari pati jagung memiliki sifat kurang tahan air, sehingga diperlukan tambahan polimer alami yang memiliki ketahanan air lebih baik seperti carboxymethyl cellulose (CMC). CMC yang dibuat dari limbah selulosa (sabut kelapa muda) dapat menghasilkan CMC dengan harga yang lebih murah. Kombinasi CMC dari sabut kelapa muda dengan CMC komersial dapat menghasilkan sedotan bioplastik yang harganya murah. Untuk memproduksi sedotan berwarna putih memerlukan pewarna TiO₂. Penelitian ini bertujuan menentukan kondisi optimum jumlah pati jagung dengan campuran CMC sabut kelapa muda dan CMC komersial dan jumlah TiO₂ terhadap karakteristik sedotan bioplastik yang meliputi morfologi, ketebalan, ketahanan celup, ketahanan air, degradabilitas, kuat tarik, elongasi, dan tingkat wana putih sedotan. Pembuatan sedotan dilakukan dengan pemanasan larutan pati dan CMC, TiO₂, beeswax, serta gliserol pada 70°C selama 30 menit. Larutan dicetak dalam bentuk film dan di oven pada 60°C selama 30 menit. Film yang mulai mengering digulung dan di oven kembali pada 60°C selama 5 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio pati jagung : CMC = 90:10 (%) dengan TiO₂ 40% memberikan kondisi optimum karena hampir semua karakteristik memberikan performa terbaik.

Kata kunci: CMC, pati jagung, TiO₂, sedotan bioplastik

Abstract

Composite Bioplastic Straw from Corn Starch and Carboxymethyl Cellulose with Titanium Dioxide Pigment

Corn starch is a carbohydrate that can be used as a raw material for making environmentally friendly bioplastic straws. Bioplastic straws made from corn starch are less water-resistant, so the addition of natural polymers with better water resistance, such as carboxymethyl cellulose (CMC), is necessary. CMC made from cellulose waste (young coconut fiber) can produce CMC at a lower cost. Combining CMC from young coconut fiber with commercial CMC can produce affordable bioplastic straws. This study aims to determine the optimum conditions for the amount of corn starch with a mixture of young coconut fiber CMC and commercial CMC and the amount of TiO₂ on the characteristics of bioplastic straws including morphology, thickness, dye resistance, water resistance, degradability, tensile strength, elongation, and the level of white color of the straw. The straws were made by heating a solution of starch and CMC, TiO₂, beeswax, and glycerol at 70°C for 30 minutes. The solution was molded into a film and oven-dried at 60°C for 30 minutes. The film that began to dry was rolled and oven-dried again at 60°C for 5 hours. The results showed that the ratio of corn starch: CMC = 90:10 (%) with 40% TiO₂ provided the optimum conditions because almost all characteristics gave the best performance.

Keywords: bioplastic straw, corn starch, CMC, TiO₂

PENDAHULUAN

Pertumbuhan gerai yang menjual minuman *ready to drink* seperti es teh sangat tinggi, hal ini menyebabkan peningkatan limbah sedotan plastik dan pencemaran lingkungan. Sedotan plastik yang digunakan oleh gerai-gerai tersebut berbahan polimer *polyethylene* atau *polypropylene* sehingga sulit didegradasi secara alami. Sedotan merupakan alat berbentuk tabung yang dimaksudkan untuk mentrasfer minuman dari wadah ke mulut peminum. Menurut (Cintya, 2017), sedotan plastik memiliki karakteristik fleksibel, ringan, dan tahan air.

Menurut Komunitas Divers Clean Action (2018) yang dimuat dalam situs berita online yang berjudul Gerakan Anti Sedotan Plastik yang Kian Gencar di Indonesia, menyatakan bahwa terdapat 93 juta batang sedotan plastik yang digunakan setiap harinya. Sedotan plastik tersebut bersumber dari restoran, produk minuman kemasan, dan sumber lainnya. Dampak pencemaran lingkungan oleh sedotan plastik berbahan sintetis dapat dikurangi melalui kehadiran inovasi sedotan bioplastik yang ramah lingkungan dan mudah diurai secara alami. Bioplastik adalah plastik yang terbuat dari bahan alami seperti pati dan selulosa. Beberapa penelitian yang mendasari pembuatan sedotan bioplastik ; *Edible straw formulation from caragenant and gelatin as a solution in reducing plastic waste* (A'yun SN., et al., 2021); Pengaruh Penambahan *Carboxymethyl Cellulose* Terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradasi Plastik Biodegradable Berbasis Selulosa Bakteri Polietilen Glikol dari Air Kelapa (*Cocosnucifera*) (Aditia, J. dan Putra, A., 2023); dan Analisis Karakteristik Perubahan Fisik Dan Morphologi Komposit Bioplastik Dari Karagenan dan TiO_2 akibat Perubahan Suhu (Djoenadi et al., 2022).

Pati jagung memiliki prospek potensial sebagai bahan baku plastik *biodegradable* karena merupakan polisakarida dengan kandungan pati yang cukup tinggi yaitu 72-73%. Komposisi pati jagung terdiri 27% amilosa dan 73% amilopektin. Menurut Ozdamar dan Ates (2018), amilum (pati) dapat meningkatkan viskositas gel sehingga memberikan karakteristik bioplastik yang lebih halus, fleksibel, dan sifat kuat tarik yang baik. Namun, dibutuhkan bahan lain untuk

memperbaiki sifatnya yang bersifat kaku, mudah sobek, dan tidak tahan air sehingga ditambahkan selulosa dan turunannya.

Carboxy Methyl Cellulose (CMC) adalah polisakarida turunan dari selulosa yang tidak beracun, biokompatibel dan *biodegradable*. CMC digunakan pada berbagai macam aplikasi di industri biomedis, farmasi, tekstil, konstruksi, makanan, plastik, kosmetik, kertas, dan minyak (Rahman, M. S., et al, 2021). Salah satu sumber selulosa alami yang ketersediaan banyak dan ekonomis adalah limbah sabut kelapa muda. Sabut kelapa muda mengandung kadar selulosa yang tinggi yaitu sebesar 78,48% pada kelapa muda, dan 43,4% pada sabut kelapa tua (Maulana et al., 2019). CMC berbasis bahan limbah diharapkan dapat menurunkan biaya produksi sehingga memberikan produk CMC dengan harga lebih murah dibanding CMC komersial.

Menurut Tryznowska Z. dan Kałuża A. (2021), Film yang terbuat dari tapioka, beras, dan pati jagung menunjukkan transparansi yang baik. Namun, film yang terbuat dari beras dan pati jagung memiliki warna agak kekuningan. Upaya menghadirkan sedotan bioplastik berwarna putih memerlukan pigmen putih dengan hiding power tinggi yaitu Titanium dioxide (TiO_2). Titanium Dioxide memiliki indeks bias yang termasuk tinggi. Indeks bias rutil TiO_2 berkisar antara sekitar 2,5–3,0 pada rentang panjang gelombang yang tampak (Szwacki N. G., et al., 2023). TiO_2 mampu menutupi warna alami material dan menghasilkan warna putih cerah. TiO_2 dengan CAS 0013463-67-7 pada list COMMISSION REGULATION (EU) No 10/2011 on *plastic materials and articles intended to come into contact with food*, dapat digunakan sebagai bahan tambahan produksi polimer.

Pada penelitian (Wening D. N. dan Amalia R.,2023) telah penggunaan TiO_2 pada plastik *biodegradable* berbasis pati kulit singkong dan selulosa tongkol jagung. Hasil optimal didapat pada TiO_2 5% b/v, nilai elongasi sebesar 2.99% pada perlakuan kadar PVA 10%, TiO_2 5% dan rasio selulosa : pati sebesar 2:1.

Berdasarkan uraian diatas maka kebaruan dalam penelitian ini adalah kajian produk sedotan bioplastik berwarna putih dan berbahan komposit pati jagung dengan campuran CMC sabut kelapa muda dan CMC komersial yang berkarakteristik baik seperti kuat, tahan terhadap air, dan mudah

terurai. Substitusi CMC sabut kelapa muda dengan CMC komersial diharapkan dapat menurunkan harga CMC sehingga akan menghasilkan produk sedotan bioplastik yang ramah lingkungan dan harganya murah. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kondisi optimum komposisi pati jagung dengan campuran CMC sabut kelapa muda dan CMC komersial dan jumlah TiO₂ yang menghasilkan sedotan bioplastik dengan karakteristik baik.

METODOLOGI

Bahan utama yang digunakan pada pembuatan CMC yaitu limbah sabut kelapa muda yang didapat dari pedagang es kelapa muda di Jl. Kawi kota Semarang, Propanol 99%, etanol 96%, Aquades, Natrium Hidroksida 10%, Natrium Hidroksida 30% dan Natrium Monokloroasetat P.A. Bahan pembuatan sedotan plastik *biodegradable* adalah pati jagung, TiO₂ yang berbentuk serbuk, gliserol, akuades, beeswax, dan campuran CMC komersial dan CMC sabut kelapa muda perbandingan 1:1.

Pada pembuatan sedotan plastik *biodegradable* alat yang digunakan adalah beaker glass 500 ml, termometer, sedotan stainless steel diameter 12 mm, magnetic stirrer 5 cm, hot plate, nampang ukuran 25 x 35 cm, oven, timbangan, dan stopwatch. Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) dua faktor dan dua kali ulangan. Analisis data dilakukan secara statistik dengan uji F dan uji lanjutan. Variabel penelitian ini mencangkup variabel bebas, variabel tetap, dan variabel terikat dapat dilihat pada Tabel 1.

Prosedur Kerja

Tahap pembuatan terbagi menjadi dua yaitu pembuatan CMC sabut kelapa muda dan sedotan plastik *biodegradable*. Tahap pembuatan CMC sabut kelapa muda terdiri dari preparasi sabut kelapa muda. Selanjutnya dilakukan proses delignifikasi dengan NaOH 10% (1:10) dengan pelarut akuades, dipanaskan pada suhu 95-100°C selama 1 jam. Sabut kelapa dibleaching menggunakan larutan H₂O₂ 30% (v/v) (1:10) dengan pelarut akuades, dipanaskan pada suhu 90- 95°C selama 1 jam. Kemudian dinetralkan

dengan akuades dan dikeringkan kembali menggunakan oven pada suhu 50°C hingga kering. Sepuluh (10) gram berat kering serbuk sabut kelapa dimasukkan rangkaian refluks. Kemudian ditambah 200mL propanol, 25mL etanol, dan diaduk selama 10 menit. Selanjutnya ditambahkan larutan NaOH 30% sebanyak 11g dan proses berlangsung selama 1 jam pada suhu 30°C.

Dilanjutkan proses karboksimetilasi dengan menambahkan natrium monokloroasetat pa. sebanyak 10g. Proses ini berlangsung selama 3,5 jam pada suhu 55°C. Kemudian didinginkan dan disaring hingga terdapat endapan kristal putih dan serbuk sabut kelapa dengan larutan terpisah semua.

Pada tahap pembuatan sedotan dilakukan dengan pemanasan larutan kombinasi pati dan CMC sesuai variabel (%b/b: 75:25, 80:20, 85:15, 90:10, 95:5), TiO₂ (20% dan 40%), 1g beeswax, dan 2g gliserol pada suhu 70°C, dilakukan pemanasan selama 30 menit dengan *magnetic stirrer* kecepatan sedang. Kemudian dicetak dengan nampang ukuran 25 x 35 cm dan dioven pada suhu 60°C selama 30 menit. Setelah film sedikit mengering ambil film lalu digulung dari ujung ke ujung menggunakan sedotan *stainless-steel* dan dioven kembali pada suhu 60°C selama 5 jam.

Uji morfologi

Uji morfologi digunakan untuk mengamati permukaan sedotan bioplastik dengan menggunakan mikroskop cahaya monokuler perbesaran 1000 kali. Sampel dipotong ±20 x 20mm kemudian diletakkan di atas preparat dan topografi permukaan sampel kemudian diamati.

Uji ketebalan

Pengujian ketebalan sangat mempengaruhi degradasi dan juga ketahanan sedotan terhadap air. Uji ketebalan dilakukan menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,01 pada 5 titik yang berbeda (Yupa, N. P. et al. 2021). Ketebalan bioplastik diperoleh dari rata-rata hasil pengukuran.

Uji ketahanan air

Uji ketahanan air dilakukan untuk mengetahui kestabilan produk terhadap penyerapan air. Uji ini menggunakan metode

ASTM D570. Sampel dipotong 2×2 cm kemudian timbang sampel sebagai berat kering (W_0). Selanjutnya dilakukan perendaman dengan air selama 24 jam. Lap permukaan sampel yang telah direndam dengan kain kering kemudian timbang sebagai berat basah (W) dan dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\% \text{ Penyerapan air} = \frac{W-W_0}{W_0} \times 100\%$$

$$\% \text{ Ketahanan air} = 100\% - \% \text{ Penyerapan air}$$

Uji degradabilitas

Uji degradabilitas digunakan untuk mengetahui kondisi optimal sedotan *biodegradable* dapat terurai secara biologis. Pengujian menggunakan EM4 sebagai media biologis menurut penelitian Utami et al, (2021). Sampel sedotan dipotong 2×2 cm kemudian timbang sampel sebagai berat kering (W_0). Selanjutnya dilakukan perendaman dengan EM4 selama 24 jam. Lap permukaan sampel yang tidak terdegradasi dengan kain kering kemudian timbang sebagai berat setelah (W_t) dan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\% \text{ Degradabilitas} = \frac{W_0-W_t}{W_0} \times 100\%$$

Uji kuat tarik (*Tensile Strength*) dan Elongasi

Uji kuat tarik digunakan untuk mengetahui kekuatan maksimal yang dapat ditahan oleh sedotan *biodegradable* sebelum

akhirnya putus. Sedangkan elongasi digunakan untuk mengukur seberapa panjang sedotan dapat meregang sebelum putus. Sedotan dipotong sesuai standar ASTM D638. Kemudian ukur ketebalan dan panjang sampel menggunakan jangka sorong. Cepit kedua ujung sampel dan jalankan alat Texture Analyzer LLOYD Instrument. Hasil yang didapat secara otomatis akan terlihat pada instrumen, dengan perhitungan berikut.

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

Keterangan: σ = kuat tarik (N/mm^2); F_{\max} : beban maksimum (N); A : luas penampang awal (mm^2);

$$\text{Persen perpanjangan (\%)} = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\%$$

Keterangan: Δl = pertambahan panjang (mm); l_0 = panjang mula-mula material yang diukur (mm)

Uji tingkat warna putih

Uji tingkat warna putih sedotan dilakukan dengan metode organoleptik. Uji ini dilakukan untuk melihat ketertarikan konsumen terhadap tingkat warna putih sedotan *biodegradable* peneliti. Panelis terdiri dari 10 orang, masing-masing panelis menilai sampel dengan urutan yang acak. Kemudian panelis memberikan nilai sampel dari angka 1-5, dengan kondisi paling baik adalah angka 5.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel bebas		Variabel tetap	Variabel terikat
Rasio Pati jagung: CMC (%)	Jumlah TiO_2 %b/b		
75:25		Gliserol 2g	Morfologi
80:20		Suhu pemanasan 70°C	Ketebalan
85:15	20	Oven pada suhu 60°C	Ketahanan air
90:10	40	Jumlah komposit 4g	Degradabilitas
95:5		Beeswax 1 g	Kuat Tarik
		Pelarut aquadest 100ml	Elongasi
			Tingkat warna putih sedotan (uji organoleptik)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis CMC Sabut Kelapa Muda

CMC sabut kelapa muda yang telah dibuat memiliki warna kuning dan sedikit serbuk putih, tidak berbau, pH 5, Derajat Subtitusi (DS) 0,0491 dan larut dalam aquades serta dapat mengental. Derajat substitusi adalah jumlah rata-rata gugus hidroksil selulosa yang disubstitusi dengan gugus karboksimetil dan natrium karboksimetil (Klunklin,W. 2020). Derajat substitusi dilakukan dengan metode ASTM D1439. Pada perhitungan yang dilakukan didapat DS sebesar 0,0491, hal tersebut kurang sesuai dari SNI CMC dengan DS sebesar 0,7-1,2. Dapat dikarenakan proses preparasi sabut kelapa muda yang kurang optimal. Menghasilkan CMC yang masih terdapat selulosa sehingga proses alkalisasi maupun karboksimetilasi tidak sempurna dan menghasilkan produk samping yang menurunkan derajat substitusi dari CMC. Berdasarkan hasil tersebut maka ditambahkan CMC sintesis untuk meningkatkan fungsionalitas dari CMC kelapa muda.

Analisa Morfologi

Uji morfologi digunakan untuk mengetahui struktur permukaan sedotan plastik *biodegradable*. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada rasio 85:15 (%) dengan jumlah TiO₂ 20% menghasilkan permukaan sedotan plastik *biodegradable* yang lebih halus dari rasio lain. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh seiring penambahan jumlah pati permukaan bioplastik semakin halus, sesuai dengan penelitian Ozdamar dan Ates (2018). Namun seiring dengan penambahan konsentrasi TiO₂ menghasilkan permukaan yang kurang rata dan halus karena partikel TiO₂ yang tidak larut secara sempurna. Penambahan nanopartikel TiO₂ mempengaruhi distribusi dan morfologi permukaan nanokomposit pati, serta memengaruhi sifat mekanik dan struktural film bioplastik (Iacovone, et al. 2023). Hal tersebut dapat diatasi dengan penambahan CMC sebagai pengemulsi agar menghasilkan permukaan sedotan plastik *biodegradable* yang rata dan halus.

Analisis Ketebalan

Nilai ketebalan terbaik terletak pada rasio

pati dengan CMC sebesar 90:10 (%) dengan TiO₂ 40%. Berdasarkan perhitungan anova yang dilakukan, komposisi jumlah pati jagung dengan CMC sabut kelapa muda dan jumlah TiO₂ tidak berpengaruh terhadap ketebalan sedotan plastik *biodegradable*. Pada TiO₂ 40% memiliki total padatan yang lebih tinggi dibanding TiO₂ 20%, sehingga semakin tinggi total padatan maka semakin tebal permukaan sedotan plastik *biodegradable*. Menurut Susilowati, et al (2025) ketebalan bioplastik dipengaruhi oleh komposisi dan volume. Peningkatan ketebalan bioplastik akibat perbedaan konsentrasi bahan yang digunakan dan penguapan komposisi air lebih besar maka bioplastik yang dihasilkan akan lebih tipis. Namun ketebalan sedotan sudah memenuhi standar dari Japanese Industrial Standar (JIS) yaitu batas maksimal ketebalannya adalah 0,25 mm.

Analisis Ketahanan air

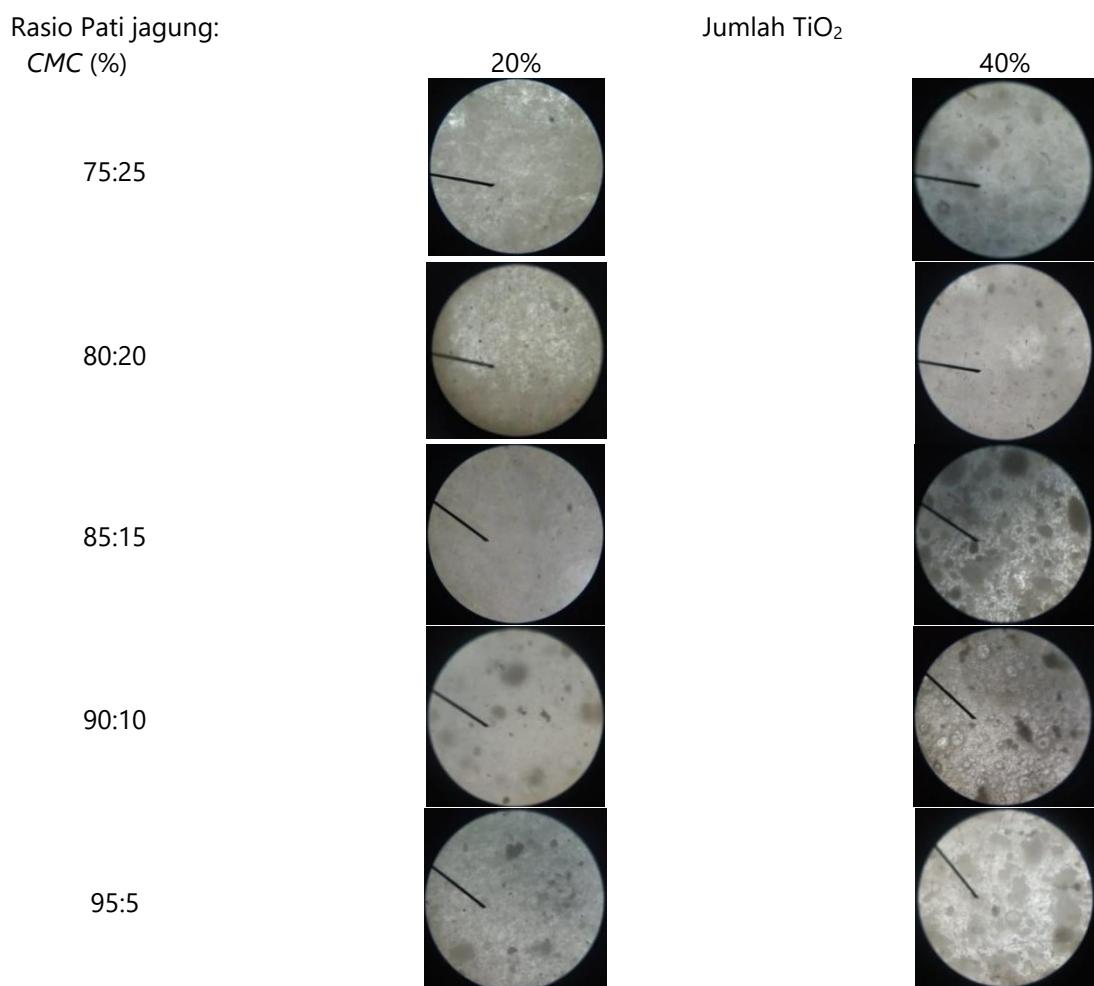
Nilai tertinggi untuk ketahanan air dengan rasio pati dan CMC sabut kelapa muda sebesar 95:5 (%) dan TiO₂ 40%. Pada Tabel 3. perhitungan anova yang dilakukan perlakuan kombinasi rasio pati dengan CMC atau penambahan TiO₂ terdapat pengaruh nyata pada nilai ketahanan air sedotan. Sedangkan jumlah rasio pati dengan CMC memiliki pengaruh sangat nyata terhadap nilai ketahanan air sedotan. Dengan kondisi optimum pada rasio 95:5 (%) dan penambahan TiO₂ sebesar 40%.

Seiring dengan penambahan jumlah pati dan TiO₂ maka ketahanan air sedotan semakin meningkat. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan Djoenaedi et al., (2022) dan Adil et al., (2020) yang menyatakan bahwa semakin sedikit penggunaan TiO₂ maka jumlah kadar air yang hilang juga semakin besar dan konsentrasi pati yang ditambahkan menyebabkan ketahanan air semakin tinggi. Hal ini dikarenakan penambahan setiap perlakuan konsentrasi pati menyebabkan ikatan biopolimer pati lebih banyak dari ikatan biopolimer CMC dan gliserol sehingga biopolimer pati yang tidak berikatan ini menyebabkan struktur kimia sedotan plastik *biodegradable* berpori lebih besar dan menyebabkan ketahanan air lebih tinggi.

Penambahan CMC dapat menjadikan sedotan plastik *biodegradable* bersifat lebih

Tabel 2. Perhitungan Anava Uji Ketebalan

Sumber	Jk	Db	Kt	F Hit	F tabel	
					5%	1%
P (Perlakuan)	0,01640	9	0,00182	0,59302	3,02	4,94
A (Rasio Pati Dengan CMC)	0,00561	4	0,00140	0,45622	3,48	5,99
B (Penambahan TiO ₂)	0,0011	1	0,001125	0,36590	4,96	10,04
A*B (Interaksi)	0,00967	4	0,002418	0,78660	3,48	5,99
G (Galat)	0,03074	10	0,003074			

**Gambar 1.** Morfologi sedotan bioplastik

hidrofilik (menyerap air) karena mengandung gugus -OH. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Indriani *et al.* (2023) banyaknya air yang diserap oleh bioplastik semakin meningkat seiring dengan banyaknya konsentrasi CMC yang ditambahkan.

Analisis Degradabilitas

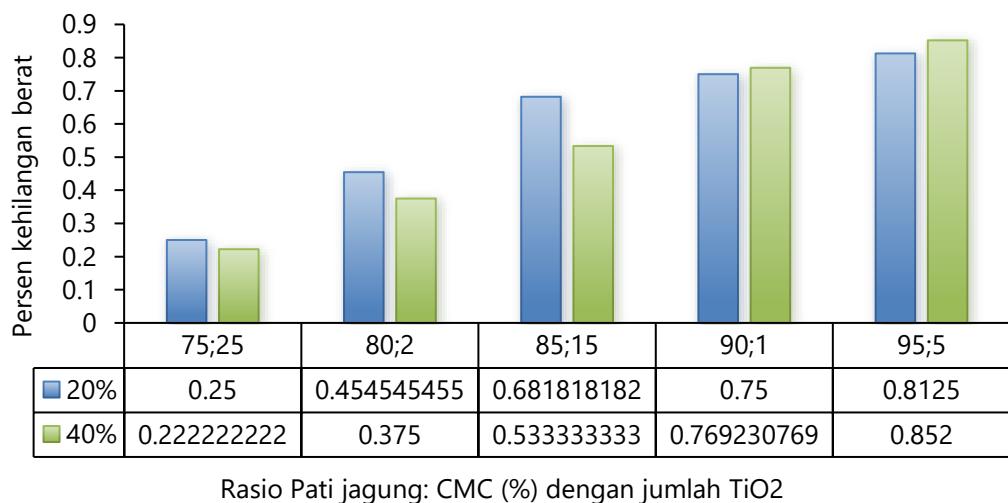
Pada Gambar 2 dapat dilihat pada rasio 95:15 (%) dengan TiO₂ 40% dapat terdegradasi dengan baik pada EM4. Seiring penambahan pati maka tingkat degradasi semakin naik atau cepat terdegradasi. Namun seiring penambahan

CMC pada penelitian ini menurunkan nilai Degradabilitas. Hal tersebut dikarenakan Derajat Subtitusi dari CMC sabut kelapa muda yang dihasilkan rendah. Sehingga tidak dapat dimanfaatkan sebagai agen pengikat atau pengemulsi pati dan TiO₂, hal tersebut

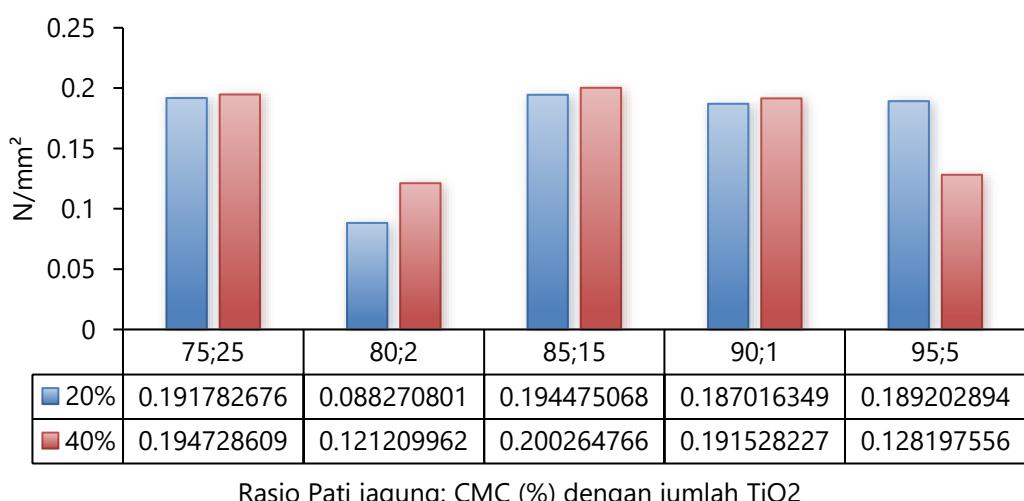
menghasilkan sedotan plastik *biodegradable* mudah terdegradasi oleh EM4. Selain itu media degradabilitas juga menjadi faktor keberhasilan degradasi. Hal ini menunjukkan bahwa sedotan biodegradable dapat terurai dan sesuai dengan penamaan yang diambil.

Tabel 3. Perhitungan Anava uji ketahanan air

Sumber	Jk	Db	Kt	F Hitung	F Tabel	
					5%	1%
P (perlakuan)	0,3589673	9	0,039885	4,009018	3,02	4,94
A (rasio pati dengan CMC)	0,2841059	4	0,071026	7,13914	3,48	5,99
B (penambahan TiO ₂)	0,0166146	1	0,016615	1,670001	4,96	10,04
A*B (interaksi)	0,0582467	4	0,014562	1,46365	3,48	5,99
G (galat)	0,0994888	10	0,009949			



Gambar 2 Pengaruh penambahan rasio pati dengan CMC dan TiO₂ terhadap degradabilitas



Gambar 3. Pengaruh penambahan rasio pati dengan CMC dan TiO₂ terhadap uji tensile strength

Analisis Kuat Tarik

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa rasio jumlah pati dengan CMC tertinggi persen kekuatan tarik yaitu pada 85:15(%) dengan jumlah TiO₂ 40%. Pada penambahan pati yang meningkat mengalami kenaikan pada nilai kuat tarik. Pada rasio 80:20 (%) dan 95:5 (%) nilai kuat tarik mengalami penurunan. Hal tersebut dapat dikarenakan sifat pati yang tidak larut dalam air kecuali pati telah dimodifikasi sehingga menyebabkan interaksi antara pati dengan air ataupun gliserol yang bersifat hidrofilik sehingga tidak terjadi dengan baik (Rozzana *et al.*, 2022).

Seiring penambahan konsentrasi CMC maka nilai kuat tarik semakin naik. Namun terdapat penurunan di rasio 80:20 (%) hal tersebut dapat dikarenakan pengadukan yang kurang homogen ataupun pada rasio 95:5 (%) CMC yang digunakan kurang dari setengah jumlah berat bahan lain sehingga CMC tidak dapat mengikat bahan lain yang mengakibatkan distribusi molekul komponen penyusun kurang merata dan menurunkan kekuatan tarik dari sedotan plastik *biodegradable*. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Aditia, J. dan Putra, K. (2023) yang menyatakan penambahan konsentrasi CMC maka nilai kuat tarik semakin naik namun penambahan CMC yang berlebih akan menurunkan kuat tarik bioplastik.

Pada penambahan TiO₂ terhadap kuat tarik mengalami kenaikan pada jumlah TiO₂ sebesar 20% dan pada jumlah TiO₂ sebanyak 40% cenderung mengalami penurunan terhadap kuat tarik. Hal ini kurang sesuai dengan penelitian Hastuti (2020) bahwa adanya interaksi yang kuat antara komposit pati dengan CMC, TiO₂, dan juga plasticizer terhadap gugus OH. Menghasilkan ikatan antar molekul TiO₂ dengan OH semakin rapat dan kompak mengakibatkan sedotan plastik *biodegradable* semakin kuat sehingga film sulit untuk memanjang. Namun semakin banyak konsentrasi TiO₂ (40%) maka akan semakin menurunkan kuat tarik bioplastik. Hal tersebut dikarenakan TiO₂ menghambat pembentukan matriks film antara pati dengan plasticizer. Sehingga pada percobaan ini jumlah penambahan TiO₂ yang menghasilkan nilai tensile strength terbaik yaitu sebesar 20%.

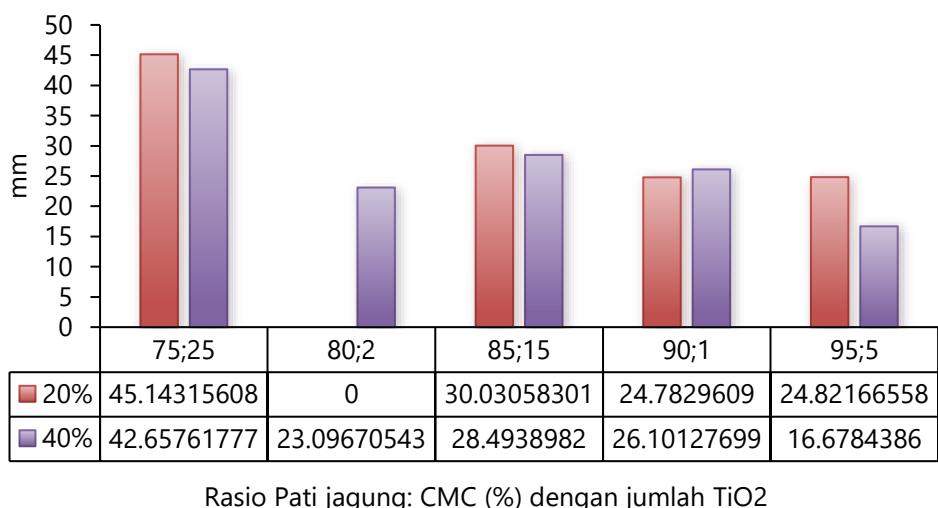
Analisis Elongasi

Persen pemanjangan mengalami penurunan karena berbanding terbalik dengan nilai tensile strength. Dapat dilihat pada Gambar 4 nilai elongasi tertinggi terletak pada rasio 75:25 (%) dengan TiO₂ sebesar 20% dan rasio terendah atau tidak terdeteksi oleh alat uji terletak pada rasio 80:20 (%) dengan TiO₂ sebesar 20%. Seiring penambahan pati persen pemanjangan semakin menurun. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Rozzana *et al.* (2022) bahwa penurunan nilai elongasi seiring dengan penambahan pati tersebut disebabkan karena semakin banyaknya polimer pati yang digunakan maka semakin kuat film yang diperoleh. Semakin kuat renggang putus film menyebabkan film bersifat getas dan mudah rapuh sehingga elongasi film akan menurun.

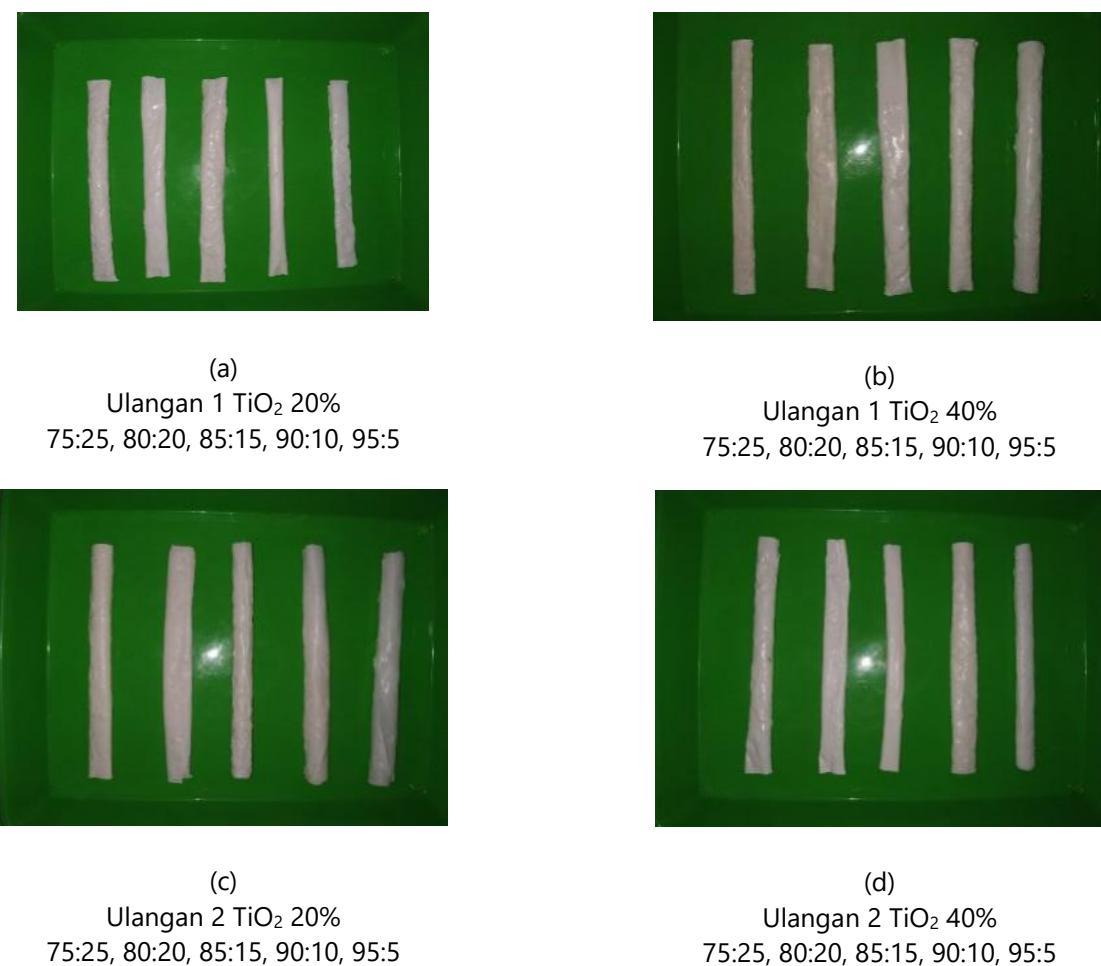
Selain itu penambahan CMC juga dapat mempengaruhi nilai elongasi. Pada penelitian Aditia, J., dan Putra, A. (2023) yang menyatakan nilai elongasi menurun sebanding dengan penambahan massa CMC. Semakin berkurang penambahan CMC maka komponen sedotan menjadi kurang kompak dan kurang tercampur sehingga mudah rapuh. Seiring bertambahnya konsentrasi TiO₂ maka nilai elongasi semakin menurun. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Hastuti (2020) yang menyatakan bahwa penurunan nilai elongasi disebabkan karena ikatan yang terjadi antara molekul TiO₂ dengan OH semakin rapat dan kompak sehingga biopolymer menjadi kuat dan sulit meregang atau memanjang.

Analisis Tingkat Warna Putih

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa sedotan dengan TiO₂ sebesar 40% memiliki warna yang lebih putih dibanding sedotan dengan TiO₂ sebesar 20%, dengan komposisi rasio pati dan CMC yang sama. Disimpulkan bahwa penambahan TiO₂ sangat mempengaruhi warna putih dari sedotan plastik *biodegradable*. Faktor yang dapat mempengaruhi selain indeks bias yang tinggi yaitu massa komposit. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Djonaedi, et al. (2022) yang menyatakan bahwa semakin banyak konsentrasi TiO₂ membuat permukaan bioplastik komposit mempunyai tekstur yang lebih tidak beraturan/kasar namun lebih putih dibanding dengan yang konsentrasiannya lebih sedikit.



Gambar 4. Pengaruh penambahan rasio pati dengan CMC dan TiO₂ terhadap uji elongasi



Gambar 5. Pengaruh kombinasi jumlah pati dengan CMC dan TiO₂ terhadap tingkat warna putih

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, CMC sabut kelapa muda yang dihasilkan berbentuk serbuk sabut kelapa berwarna kuning dan sedikit serbuk putih, tidak berbau, dengan pH 5, DS 0,0491, serta larut dalam aquades dan mampu mengental. Uji morfologi menunjukkan perlakuan optimal pada rasio 85:15 (%) dengan TiO_2 20%, sementara uji ketebalan menunjukkan perlakuan optimal pada rasio 90:10 (%) dengan TiO_2 40%. Selanjutnya, uji ketahanan air memiliki perlakuan optimal pada rasio 95:5 (%) dengan TiO_2 40%, dan degradabilitas menunjukkan perlakuan optimal pada rasio 95:15 (%) dengan TiO_2 40%. Perlakuan optimal untuk kuat tarik sedotan terdapat pada rasio 85:15 (%) dengan TiO_2 40%, sedangkan perlakuan optimal elongasi ada pada rasio 75:25 (%) dengan TiO_2 20%. Analisis tingkat warna putih sedotan dengan perlakuan optimal terdapat pada 95:5 (%) dengan TiO_2 40%. Secara keseluruhan, rasio pati jagung : CMC = 90:10 (%) dengan TiO_2 40% memberikan kondisi optimum karena hampir semua karakteristik memberikan performa terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditia, J., & Putra, A. 2023. Pengaruh Penambahan Carboxymethyl Cellulose Terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradasi Plastik Biodegradable Berbasis Selulosa Bakteri – Polietilen Glikol dari Air Kelapa (Cocosnucifera). *Periodic*, 12(2): 1–10. DOI: 10.1234/periodic.v12i2.1
- A'yun, S.N., Triastuti, J., & Saputra, E. 2021. Edible straw formulation from carragenan and gelatin as a solution in reducing plastic waste. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 718(1): 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/718/1/012007
- Azkiah, F., & Indarti, E. 2022. Edible straw berbasis bahan alami sebagai pengganti konvensional straw. *Proceeding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian*, 2(1): 91–96. (Tidak ada DOI tersedia; ini adalah prosiding seminar.)
- Chitya, V. 2017. Eksplorasi Material Limbah Sedotan Plastik. *e-Proceeding of Art & Design*, 4(3): 1067–1075. DOI: 10.1234/e-proceeding. v4i3.1067
- Divers Clean Action (DCA). 2018. Jumlah Sedotan Plastik di Indonesia Melalui Pemanfaatan Sampah Plastik Berkelanjutan. www.menlhk.go.id.
- Djonaedi, E., Yuniarti, E., Kartika, R., Indah, K., & Iman, K. 2022. Analisis Karakteristik Perubahan Fisik Dan Morphologi Komposit Bioplastik Dari Karagenan dan TiO_2 akibat Perubahan Suhu. *Prosiding Semnas Tetamekraf*, 1(1): 1–10.
- Fitriyani. 2018. Sintesis dan Uji Kualitas Plastik Biodegradable dari Pati Biji Nangka Menggunakan Variasi Penguat Logam Seng Oksida (ZnO) dan Plasticizer Gliserol. Skripsi. UIN Alauddin Makassar.
- Hariani, R., Prayitno, & Bahruddin. 2020. Pembuatan Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Pelepah Kelapa Sawit. *Jurnal Sains dan Ilmu Terapan*, 3(1): 1–10. DOI: 10.1234/jst.v3i1.1
- Hastuti, E.S.P. 2020. Pengaruh Penambahan TiO_2 Terhadap Perlindungan Sinar Ultra Violet Pada Smart Packaging Dengan Bahan Pati Biji Durian. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Iacovone, C., Yulita, F., Cerini, D., Peña, D., Candal, R., Goyanes, S., Pietrasanta, L.I., Guz, L., & Famá, L. 2023. Effect of TiO_2 Nanoparticles and Extrusion Process on the Physicochemical Properties of Biodegradable and Active Cassava Starch Nanocomposites. *Polymers*, 15(3): 535–550. DOI: 10.3390/polym15030535
- Indriani, S., Wijaya, M., & Syahrir, M. 2023. Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dengan Penguat CMC (Carboxy Methyl Cellulose). *Jurnal Chemica*, 24(1): 23–32. DOI: 10.1234/chemica.v24i1.23
- Kanani, N., Ekasari, Wardila, Subkhan, A., & Rizky, R. 2018. Pengaruh Penambahan Gliserol Dan Lilin Lebah Pada Susut Berat Buah Sawo Khas Banten. *Jurnal Konversi*, 7(2): 1–10. DOI: 10.1234/konversi.v7i2.1
- Khodijah, S., & Tobing, J.M.L. 2023. Tinjauan Plastik Biodegradable dari Limbah Tanaman Pangan sebagai Kantong Plastik Mudah Terurai. *Teknotan*, 17(1): 1–10. DOI: 10.1234/teknotan.v17i1.1
- Clunklin, W., Jantanarakulwong, K., Phimolsiripol, Y., Leksawasdi, N., Seesuriyachan, P.,

- Chaiyaso, T., Insomphun, C., Phongthai, S., Jantrawut, P., Sommano, S.R. & Punyodom, W. 2020. Synthesis, characterization, and application of carboxymethyl cellulose from asparagus stalk end. *Polymers*, 13(1): 81–95. DOI: 10.3390/polym13010081
- Maulana, A., Udiantoro, U., & Agustina, L. 2019. Pemanfaatan limbah sabut kelapa (Cocos nucifera L) dan serat tandan sawit kosong (*Elais guineensis* JACQ) sebagai kombinasi bahan bku pebuatan partikel. *Zira'a'ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 44(1): 106–115. DOI: 10.1234/ziraah.v44i1.106
- Nuraviani, E., & Destiana, I.D. 2021. Pemanfaatan buah dan kulit nanas subang (*Ananas comosus* L. merr) subgrade sebagai edible drinking straw ramah lingkungan. *Teknotan: Jurnal Industri Teknologi Pertanian*, 15(2): 814–825. DOI: 10.1234/teknotan.v15i2.814
- Putri, R.D.A., Sulistyowati, D., & Ardhani, T. 2019. Analisis Penambahan Carboxymethyl Cellulose terhadap Edible Film Pati Umbi Garut sebagai Pengemas Buah Strawberry. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*, 3(2): 77–83. DOI: 10.1234/jrst.v3i2.77
- Pujokaroni, A.S., Marseno, D.W., & Pranoto, Y. 2022. Sintesis Dan Karakterisasi Sodium Karboksimetil Selulosa Dari Serabut Kelapa Sawit. *Journal of Tropical AgriFood*, 3(2): 101–110. DOI: 10.1234/jtaf.v3i2.101
- Rahman, M.S., Hasan, M.S., Nitai, A.S., Nam, S., Karmakar, A.K., Ahsan, M.S., Shiddiky, M.J.A., & Ahmed, M.B. 2021. Recent Developments of Carboxymethyl Cellulose. *Polymers*, 13(8): 1345–1365. DOI: 10.3390/polym13081345
- Rozzana, Nurhaliza, Ramli, S., Syahiddin, & Muslim, A. 2022. Pengaruh Massa Pati Terhadap Tensil Strength, Elongasi dan Daya Serap Terhadap Air pada Pembuatan Bioplastik dari Pati Sagu dan Gliserol. *Jurnal Inovasi Ramah Lingkungan (JIRL)*, 3(1): 1–10. DOI: 10.1234/jirl.v3i1.1
- Sismaini, Nasution, I.S., & Putra, B.S. 2022. Kuat Tarik Edible Film Bahan Dasar Pati Sagu dengan Penambahan Gliserol sebagai Plasticizer (Kuat tarik Edible Film Sago Strach Base With Additionof Glyserol As Plasticizer). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(2): 1–10. DOI: 10.1234/jimp.v7i2.1
- Szwack, N.I., Fabrykiewicz, P., Sosnowska, I., Fauth, F., Suard, E., & Przeniosło, R. 2023. Orthorhombic Symmetry and Anisotropic Properties of RutileTiO₂. *J. Phys. Chem. C*, 127(37): 19240–19249. DOI: 10.1021/acs.jpcc.3c04573
- Tryznowska, Z.Z., & Kałuża, A. 2021. The Influence of Starch Origin on the Properties of Starch Films: Packaging Performance. *Materials*, 14(5): 1146–1158. DOI: 10.3390/ma14051146
- Utami, I., Nurmwati, A., Prasyanti, B., & Andrianto, J. 2021. The effect of chitosan and sorbitol addition in the bioplastics production from mung bean starch. *NST Proceedings*, 1: 14–19. DOI: 10.11594/nstp.2021.1403
- Wening, D.N., & Amalia, R. 2023. Optimasi kondisi operasi pembuatan plastik biodegradable dari selulosa tongkol jagung dan pati kulit singkong dengan penambahan PVa dan TiO₂ sebagai smart packaging. *Jurnal Rekayasa Proses*, 17(2): 139–150. DOI: 10.1234/jrp.v17i2.139
- Triasswari, N.P.M., Arnata, I.W., & Yoga, I.W.G.R. 2022. Karakteristik Karboksimetil Selulosa Dari Onggok Singkong Pada Variasi Konsentrasi Natrium Hidroksida Dan Asam Trikloroasetat. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 10(3): 1–10. DOI: 10.1234/jrma.v10i3.1
- Yupa, N.P., Sunardi, S., & Irawati, U. 2021. Synthesis and Characterization of Alginate Based Bioplastic with The Addition Of Nanocellulose from Sago Frond as Filler. *Justek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 4(1): 30–39. DOI: 10.31764/justek.v4i1.4308
- Zaky, M.A., Pramesti, R., & Ridlo, A. 2021. Pengolahan Bioplastik Dari Campuran Gliserol, CMC Dan Karagenan. *Journal of Marine Research*, 10(3): 321–326. DOI: 10.1234/jmr.v10i3.321