

PEMBUATAN KOMPOSIT PLASTIK PATI SAGU-CARBOXYMETHYL CELLULOSE DENGAN PENAMBAHAN PLASTICIZER GLISEROL

Viodita Rizki¹⁾, Said Zul Amraini²⁾, Bahrudin²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia
Laboratorium Teknologi Bahan Alam dan Mineral

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru, 28293

Email: vioditarizki@gmail.com

ABSTRACT

Food packaging aims to protect food products from various physical and mechanical damage. Food packaging that is generally in the form of plastic derived from petroleum is non-renewable, polluting the environment and harmful to human health. One alternative to overcoming this problem is the use of bioplastics that can be decomposed and consumed in the form of edible films. The purpose of this study was to study the effect of levels of carboxymethyl cellulose (CMC) and glycerol plasticizers on mechanical properties and biodegradation of sago starch based bioplastics. Bioplastics were made by mixing sago starch, glycerol (15, 20, 25 % w/w) and CMC (35, 40, 45 % w/w). The resulting bioplastics were carried out by several tests which included tensile strength, elongation, biodegradation and data analysis using Design Expert. The most significant factor affecting all responses was CMC levels followed by glycerol plasticizers. The optimum process conditions were obtained at CMC content 45 % w/w and glycerol plasticizer 15 % w/w with a response value of tensile strength of 8,3 MPa, elongation of 16,8 % and biodegradation 51 %.

Keywords: *bioplastics, CMC, filler, glycerol, sago starch, RSM*

1. Pendahuluan

Pengemasan makanan bertujuan untuk melindungi produk makanan dari berbagai kerusakan fisik dan mekanik. Pengemas makanan yang umumnya berupa plastik berasal dari minyak bumi tidak dapat terdegradasi di alam dan membahayakan kesehatan manusia (Tabari, 2017). Penggunaan plastik sintetis dalam kegiatan sehari-hari ini telah mengakibatkan terjadinya peningkatan berbagai pencemaran lingkungan. Salah satu alternatif dalam menanggulangi pencemaran lingkungan tersebut yaitu dengan penggunaan bioplastik yang dapat menggantikan fungsi plastik konvensional, dapat terurai dan dapat dikonsumsi berupa bioplastik *edible film*.

Bioplastik merupakan plastik yang dapat digunakan layaknya plastik konvensional, namun dapat terurai ketika dibuang ke tanah oleh adanya aktivitas mikroorganisme. Bahan

baku bioplastik banyak tersedia di alam dan bersifat *renewable* seperti pati (Paramawati dkk, 2007). Pati mudah didapatkan dan murah sehingga pati dapat menjadi material yang bagus digabungkan dengan penguat dan pengisi untuk membentuk biokomposit polimer (Ma dkk, 2009). Namun, pati dalam penggunaan bioplastik *edible film* memiliki beberapa batasan karena memiliki kekuatan mekanik yang rendah dan sensitif terhadap air. Oleh karena itu, bioplastik berbasis pati perlu dipadukan dengan biopolimer lain menjadi komposit agar sifat fisik dan kemampuan biodegradasinya meningkatkan.

Penelitian mengenai pembuatan bioplastik telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu, Tongdesoontorn dkk (2011) telah melakukan penelitian pembuatan bioplastik berbasis pati tapioka dengan penambahan CMC dan *plasticizer* gliserol. Karakter bioplastik yang diperoleh yaitu kuat tarik sebesar 10,208 MPa dan elongasi 2,23 %.

Hidayat dkk (2013) juga telah melakukan penelitian pembuatan plastik *biodegradable* berbasis pati gembili. Kuat tarik terbaik dihasilkan dari formulasi rasio pati:CMC 7:3 dan gliserol 20 % sebesar 12,37 MPa, elongasi 2,38 % dan biodegradasi 88,76 % selama 2 hari. Hasanah dkk (2016) telah membuat bioplastik berbasis pati tapioka dengan penambahan *filler* CMC dan *plasticizer* gliserin-cuka. Kuat tarik bioplastik yang diperoleh berkisar 0,3-0,9 MPa dan elongasi berkisar 20-58 % serta dapat terdegradasi secara sempurna dalam waktu 7 hari. Tabari (2017) telah melakukan penelitian mengenai efek penambahan CMC pada *film* pati sagu dengan menggunakan pencampuran *plasticizer* gliserol-sorbitol. Hasil kuat tarik yang diperoleh yaitu 21,04-27,74 MPa dan elongasi 17,69 %-15,39 %. Peneliti lain juga telah melakukan penelitian pembuatan bioplastik menggunakan pati sagu dengan penambahan *Microcrystalline Cellulose* dan *plasticizer* gliserol (Hendri dkk, 2017). Kuat tarik yang diperoleh yaitu 1,57 – 14,21 MPa, elongasi sebesar 1,026 – 33,98 % dan biodegradasi 27-53 %.

Secara umum, penelitian sebelumnya bertujuan mengembangkan sifat mekanik dan biodegradabilitas dari bioplastik dengan memvariasikan komposisi pati, *plasticizer* dan *filler*. Hasil karakteristik tidak konsisten seiring dengan perbedaan jenis dan komposisi bahan baku yang digunakan. Sehingga hal ini menjadi variabel perhatian utama peneliti untuk menutupi kekurangan bioplastik yang dihasilkan. Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel penelitian berupa kadar CMC dan *plasticizer* gliserol terhadap variabel respon kuat tarik, elongasi dan biodegradasi bioplastik berbasis pati sagu yang diperoleh dari penelitian.

2. Metodologi Penelitian

Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pati sagu (berasal dari Selat Panjang, Kepulauan Meranti, Riau), *Carboxymethyl Cellulose* (CMC), *plasticizer* gliserol dan pelarut aquades (PT. Brata Chemical).

Pelarutan CMC

Sejumlah CMC (Tabel 1) dan aquades dicampurkan ke dalam gelas piala ukuran 500 ml. Campuran dipanaskan pada suhu 60-70⁰C diatas *hot plate* dan diaduk menggunakan *mechanical stirrer* selama ± 15 menit hingga larutan menjadi homogen.

Pembuatan Bioplastik dan Pengujian

Sebanyak 10 g pati sagu yang telah disaring sebelumnya ditambahkan kedalam larutan CMC sambil diaduk. Kemudian, sejumlah *plasticizer* gliserol sesuai variabel yang telah ditentukan (Tabel 1) ditambahkan pada larutan CMC-pati sagu dan diaduk hingga homogen dan terjadi gelatinisasi. Campuran tersebut diaduk dengan *stirrer* selama 40 menit diatas *hot plate* dengan suhu 90⁰C yang dijaga konstan (Hidayat dkk, 2013). Setelah selesai, campuran didiamkan selama ± 3 menit baru kemudian dituang dalam cetakan kaca. *Film* pada cetakan kemudian dikeringkan pada suhu ruang (Tabari, 2017). Plastik kemudian dipisahkan dari cetakan dan dilakukan pengujian karakterisasi bioplastik. Uji karakterisasi bioplastik yang dilakukan adalah sifat mekanik (ASTM D882) dan biodegradasi (DIN EN ISO 846).

Rancangan Percobaan

Data yang diperoleh dari penelitian diproses menggunakan metode RSM dengan model *Central Composite Design* (CCD) menggunakan *software Design Expert v11.0.0*. Berikut merupakan tempuhan rancangan percobaan.

Tabel 1. Tempuhan Rancangan Percobaan

Std	Run	Natural Variables	
		ξ_1	ξ_2
1	5	35	15
2	2	45	15
3	1	35	25
4	10	45	25
5	7	32,93	20
6	3	47,07	20
7	12	40	12,93
8	9	40	27,07
9	6	40	20
10	13	40	20
11	8	40	20
12	11	40	20
13	4	40	20

Keterangan:

ξ_1 (% b/b) = Kadar CMC

ξ_2 (% b/b) = Kadar *plasticizer* gliserol

3. Hasil dan Pembahasan

Kuat Tarik

Hasil analisis RSM menunjukkan pengaruh variabel proses terhadap respon kuat tarik bioplastik. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari koefisien persamaan linear dari model kuat tarik yang dituliskan pada Persamaan 1. Berdasarkan Persamaan 1, variabel kadar CMC memiliki pengaruh paling besar terhadap respon kuat tarik, diikuti oleh pengaruh kadar gliserol. Kondisi ini dituliskan ke dalam perbandingan $x_1 > x_2$.

$$Y_1 = -4,1592 + 0,33828x_1 - 0,18188x_2 \dots (1)$$

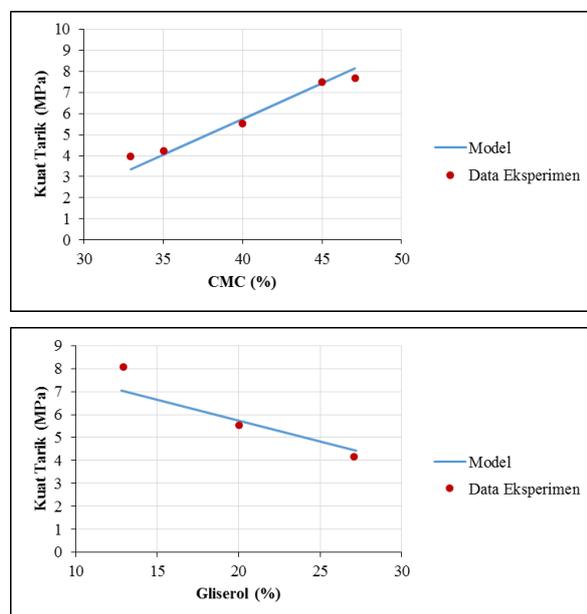
Keterangan:

Y_1 (MPa) = Respon Kuat Tarik

x_1 = Kode perlakuan untuk faktor CMC

x_2 = Kode perlakuan untuk faktor gliserol

Persamaan 1 diplot dalam grafik perbandingan model dengan hasil percobaan yang didapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perbandingan nilai kuat tarik hasil perhitungan model dengan kuat tarik hasil percobaan

Berdasarkan Persamaan 1 dan Gambar 1, diketahui bahwa sifat mekanik kuat tarik

bioplastik yang dihasilkan mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya kadar CMC. Hal ini dikarenakan adanya interaksi yang terjadi antara matriks pati dengan *filler* CMC (Ma dkk, 2009). Peningkatan kadar CMC menyebabkan terjadinya interaksi intermolekular yang disebut ikatan hidrogen antara gugus hidroksil (OH) dari pati dengan gugus hidroksil (OH) dan karboksil (COOH) dari CMC. Ikatan hidrogen tersebut mengakibatkan struktur molekul pati – CMC menjadi lebih kuat sehingga kekuatan tarik meningkat (Tongdesoontorn dkk, 2011). Banyaknya ikatan hidrogen menyebabkan bioplastik semakin kuat dan sulit untuk diputus, karena dibutuhkan energi yang besar untuk memutuskan ikatan tersebut.

Sedangkan penambahan *plasticizer* menyebabkan *film* yang kaku menjadi lebih fleksibel (Tongdesoontorn dkk, 2011). *Plasticizer* gliserol menyisip ke dalam struktur pati dan menyebabkan ikatan hidrogen internal pati berkurang (Bourtoom, 2008). Adanya molekul *plasticizer* ini akan mengganggu mobilitas kekompakan pati dan meningkatkan mobilitas polimer. Menurut Coniwanti dkk (2014), penambahan gliserol sebagai *plasticizer* molekul-molekul di dalam larutan tersebut terletak diantara rantai ikatan biopolimer dan dapat berinteraksi dengan membentuk ikatan hidrogen dalam rantai ikatan antara polimer sehingga menyebabkan interaksi antar molekul biopolimer menjadi semakin berkurang.

Elongasi

Hasil analisis variabel RSM menunjukkan pengaruh variabel proses terhadap respon elongasi bioplastik. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari koefisien persamaan linear dari model elongasi yang dituliskan pada Persamaan 2. Berdasarkan Persamaan 2, variabel kadar *plasticizer* gliserol memiliki pengaruh paling besar terhadap respon elongasi, diikuti oleh pengaruh kadar CMC. Kondisi ini dapat dituliskan ke dalam perbandingan $x_2 > x_1$.

$$Y_2 = 48,32687 - 1,04566x_1 + 1,10241x_2 \dots (2)$$

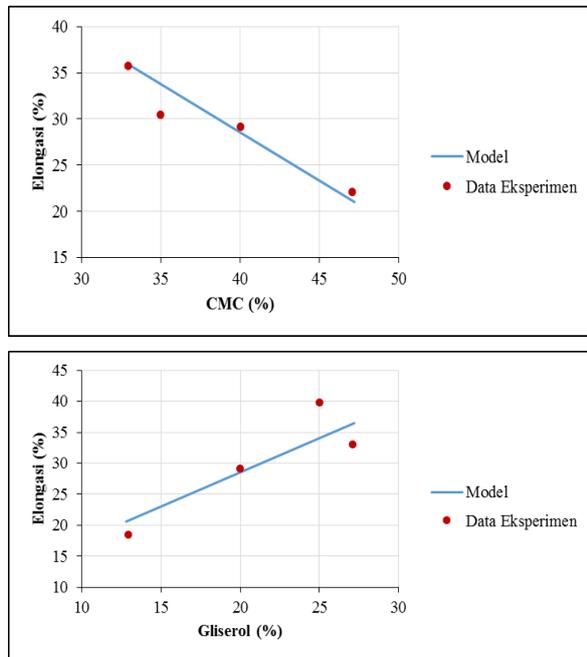
Keterangan:

Y_2 (%) = Respon Elongasi

x_1 = Kode perlakuan faktor CMC

x_2 = Kode perlakuan faktor gliserol

Persamaan 2 diplot dalam grafik perbandingan model dengan hasil percobaan yang didapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan nilai elongasi hasil perhitungan model dengan elongasi hasil percobaan

Berdasarkan Persamaan 2 dan Gambar 2, diketahui bahwa semakin banyak *filler* yang digunakan, maka akan semakin banyak ikatan hidrogen yang terdapat dalam bioplastik sehingga interaksi ikatan kimia antara *filler* dan matriks juga akan semakin kuat, sulit diputus dan menyebabkan bioplastik semakin kaku dan tidak elastis (Ma dkk, 2009). Hal ini disebabkan oleh semakin menurunnya jarak ikatan intermolekulernya.

Elongasi meningkat seiring dengan bertambahnya gliserol dalam bioplastik. Penambahan gliserol mengurangi ikatan intermolekular pada selulosa CMC dengan memutuskan rantainya yang panjang sehingga fleksibilitas dan elastisitas bioplastik meningkat (Zulfriyenni dkk, 2014). Menurut Hidayat dkk (2013), penambahan *plasticizer* gliserol menyebabkan gaya intermolekul antara

rantai polimer yang berdekatan melemah dan meningkatkan ruang kosong sehingga sifat kelenturan dan fleksibilitas bioplastik semakin tinggi.

Biodegradabilitas

Hasil analisis RSM menunjukkan pengaruh variabel proses terhadap respon biodegradasi bioplastik. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari koefisien persamaan kuadrat dari model biodegradasi yang dituliskan pada Persamaan 3. Berdasarkan persamaan tersebut variabel kadar CMC memiliki pengaruh paling besar terhadap respon biodegradasi, diikuti oleh pengaruh jumlah gliserol. Kondisi ini dapat dituliskan ke dalam perbandingan $x_1 > x_2$.

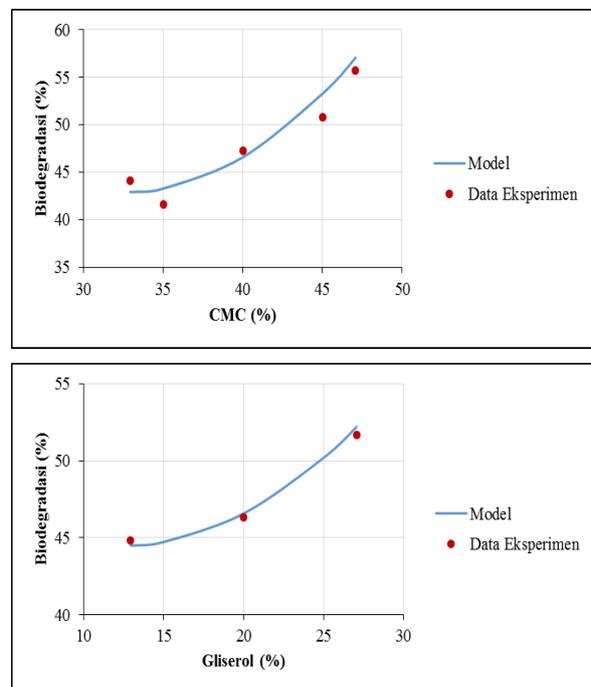
$$Y_3 = 160,57935 - 5,49553x_1 - 2,9577x_2 + 0,052051x_1x_2 + 0,0682x_1^2 + 0,035527x_2^2 \dots \dots \dots (3)$$

Y_3 (%) = Respon Biodegradasi

x_1 = Kode Perlakuan faktor CMC

x_2 = Kode perlakuan faktor gliserol

Persamaan 3 diplot dalam grafik perbandingan model dengan hasil percobaan yang didapat pada Gambar 5.



Gambar 3. Perbandingan nilai biodegradasi hasil perhitungan model dengan biodegradasi hasil percobaan

Berdasarkan Persamaan 3 dan Gambar 3, diketahui bahwa penambahan CMC meningkatkan sifat hidrofil plastik yang dihasilkan. CMC memiliki gugus hidroksil dan karboksil yang bersifat mengikat uap air disekitar *film* plastik (Hasanah dkk, 2016). Menurut Hendri dkk (2017), kenaikan biodegradasi disebabkan karena semakin banyaknya selulosa yang ditambahkan, dimana selulosa merupakan polimer yang terdegradasi di alam oleh bantuan mikroorganisme.

Kenaikan persen biodegradasi juga disebabkan oleh gliserol. Semakin banyak kadar *plasticizer* gliserol maka semakin mudah bioplastik terurai. Hal ini disebabkan karena pengaruh dari gliserol yang mempercepat waktu degradasi dan penurunan berat sampel. Gliserol menyerap air yang terkandung di dalam tanah. Hal itu mempengaruhi proses degradasi dari *film* plastik. Menurut Hendri dkk (2017), gugus hidroksil (OH) yang terdapat pada gliserol bersifat mudah menyerap air (hidrofilik), sehingga pemutusan ikatan matriks lebih mudah terjadi. Bioplastik dengan gugus fungsi C=O dan COOH mengindikasikan adanya kemampuan mudah terurai dimana masing-masing gugus fungsi OH, CO karbonil dan COOH ester bersifat hidrofil sehingga mikroorganisme dapat memasuki matriks bioplastik tersebut.

4. Kesimpulan

Semakin besar jumlah *filler* CMC yang digunakan, maka semakin tinggi nilai kuat tarik, namun nilai elongasi akan semakin rendah. Sedangkan semakin besar jumlah *plasticizer* gliserol yang digunakan, maka nilai elongasi akan semakin meningkat, namun nilai kuat tarik semakin rendah. Adapun penambahan kadar CMC dan *plasticizer* gliserol menghasilkan nilai biodegradasi yang meningkat.

Bioplastik *edible film* dengan karakteristik terbaik pada penelitian ini diperoleh pada kadar *filler* CMC 45 % b/b, gliserol 15 % b/b dengan nilai kuat tarik sebesar 8,3 MPa, elongasi 16,8 % dan biodegradabilitas 51 %. Kuat tarik yang diperoleh telah memenuhi JIS *edible film* yaitu minimal 3,92 MPa.

Daftar Pustaka

- Bourtoom, T. (2008). Edible Film and Coatings: Characteristics and Properties, *int. Food Res. J.*, 15(3), 1-12.
- Coniwanti, P., Laila, L., Alfira, dan Mardiyah, R., 2014, Pembuatan Film Plastik Biodegradabel dari Pati Jagung dengan Penambahan Kitosan dan Pemplastis Gliserol, *Jurnal Teknik Kimia*, 4(20), 22-30.
- Darni, Y., Utami, H., dan Asriah, S.N., 2009, Penigkatan Hidrofobisitas dan Sifat Fisik.
- Hasanah, Y.R., Khasanah, U.U., Wibiana, E., dan Haryanto., 2016, Pengaruh Penambahan CMC (Carboxy Methyl Cellulose) Terhadap Tingkat Degradabilitas dan Struktur Permukaan Plastik Ramah Lingkungan, *Simposium Nasional Teknologi Terapan*, ISSN: 2339-028X, 373-380.
- Hendri, Z.O., Irdoni, dan Bahruddin, 2017, Pengaruh Kadar Filler Mikrokristalin Selulosa dan Plasticizer Gliserol terhadap Sifat dan Morfologi Bioplastik Berbasis Pati Sagu, *Jom FTEKNIK*, 2(4), 1-10.
- Hidayat, M.K., Latifah, dan Sedyawati S.M.R., 2013, Penggunaan Carboxy Methyl Cellulose dan Gliserol pada Pembuatan Plastik Biodegradable Pati Gambili, *Indonesian Journal of Chemical Sciences*, Jurusan Kimia Universitas Negeri Semarang, 2(3).
- Ma, X., Chang, P.R., Yu, J., dan Stumborg, M., 2009, Properties of Biodegradable Citric Acid-Modified Granular Starch/Thermoplastic Pea Starch Composites, *Carbohydrate Polymers*, 75(1), 1-8.
- Paramawati, R., Wijaya, C.H., Achmadi, S.S., dan Suliantari, 2007, Evaluasi Ciri Mekanis dan Fisis Bioplastik dari Campuran Poli (Asam Laktat) dengan Polisakarida, *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 2(12), 75-83.
- Setiawan, H., Faizal, R., dan Amrullah, A., 2015, Penentuan Kondisi Optimum

- Modifikasi Konsetrasi Plasticizer Sorbitol PVA pada Sintesa Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Pati Sorgum dan Chitosan Limbah Kulit Udang, *Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(13), 29-38.
- Tabari, M., 2017, Effect of Carboxymethyl Celluloes on the Mechanical and Barrier Properties of Sago Starch Based Films, *Articles*.
- Tongdeesoontorn, W., Mauer, L.J., Wongruong, S., Sriburi, P., Rachtanapun. P., 2-11, Effect of Carboxymethyl Cellulose Concentration on Physical Properties of Biodegradable Cassava Starch-Based Films, *Chemistry Central Journal*, 56, 1-8.
- Zulfriyenni, Marniza, dan Sari, E.N., 2014, Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Pati Tapioka terhadap Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Ampas Rumput Laut, *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*, 3(19), 257-273.