

**PENGARUH KADAR *FILLER* MIKROKRISTALIN SELULOSA DAN
PLASTICIZER GLISEROL TERHADAP SIFAT DAN MORFOLOGI BIOPLASTIK
BERBASIS PATI SAGU**

Zwilla Oktoriana Hendri¹, Irdoni HS² Bahruddin²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia S1, ²Dosen Jurusan Teknik Kimia,
Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
¹E-mail: zwilla23@gmail.com

ABSTRACT

Bioplastic is one of alternative solution to change commercial plastic that can be dangerous to environment. Bioplastic can make degradation become easier. One of potential raw material is sago because it has a highest starch component. The general aims of this research are the study of impact Microcrystalline cellulose filler and plasticizer glycerol to mechanical properties and morphology of bioplastic. The synthesis method is casting of starch, water, filler and plasticizer with composition of filler is (4-12 % b/b), composition of plasticizer (10-22 % b/b), and composition of water (100-150 ml). The analysis of bioplastic is tensile strength, elongation, modulus young, hydrophobicity (water uptake), biodegradation, SEM (Scanning Electron Microscopy), and design expert v.10.0.1 trial version. The most react variable is the composition of filler, followed by plasticizer glycerol and water ratio. The best process condition is bioplastic with composition filler 12 %b/b, plasticizer 10 % b/b, and water composition 100 ml with the value is tensile strength 14,21 Mpa, elongation 36,91%, water uptake 36,91%, and biodegradation 34,43%. Micrograf analysis shows that filler distribution is not equally on sago starch matrices and still has a clod.

Keywords : *bioplastic, casting, filler, plasticizer, water uptake*

1. Pendahuluan

Sagu (*Metroxylon* spp) merupakan salah satu jenis tumbuhan palem wilayah tropika basah. Tanaman ini tumbuh pada daerah rawa air tawar, rawa bergambut, daerah sepanjang aliran sungai, sekitar sumber air, atau hutan-hutan rawa. Luas areal tanaman sago di dunia lebih kurang 2.187.000 hektar, tersebar mulai dari Pasifik Selatan, Papua Nugini, Indonesia, Malaysia, dan Thailand. Sebanyak 1.111.264 hektar diantaranya terdapat di Indonesia (Direktorat Jendral Perkebunan, 2014). Provinsi Riau merupakan daerah rawa bergambut yang memiliki potensi tanaman sago yang tinggi, berdasarkan data dari badan pusat statistik tahun 2014, luas areal tanaman sago di provinsi Riau terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun yaitu pada tahun 2010, luas areal tanaman

sagu di provinsi Riau sebesar 81.841 Ha dan mengalami peningkatan hingga tahun 2014 mencapai 83.513 ha dengan produksi tepung sago mencapai 9,89 ton/Ha Tanaman sago (BPMPD, 2010). Dari kandungannya, Sagu memiliki kandungan yaitu pati (karbohidrat) sebesar 84,89 gr serta amilosa 28,84 gr per 100 gr sago (Jading dkk, 2011). Berdasarkan kandungan amilosa serta produktivitas pati (karbohidrat) yang tinggi, sago memiliki potensi untuk dijadikan bahan dasar pembuatan bioplastik berbasis pati. Bioplastik merupakan salah satu alternatif pengganti plastik konvensional yang membahayakan bagi lingkungan. Bioplastik dirancang untuk memudahkan proses degradasi terhadap reaksi enzimatik mikroorganisme seperti bakteri dan jamur (Avella dkk, 2009). Adapun salah satu

bahan yang mudah terurai oleh mikroorganisme adalah pati. Selain sifatnya yang mudah terurai, pati berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui dan memiliki harga yang terjangkau, sehingga pati menjadi material yang menjanjikan untuk digabungkan dengan penguat dan pengisi membentuk biokomposit polimer (Ma dkk, 2009). Dengan berbagai kelebihan yang ada, permintaan bioplastik dunia terus meningkat. Pada tahun 2006, konsumsi bioplastik di dunia mencapai 85000 ton (6,9%) dari 12,3 juta ton konsumsi plastik dunia dan meningkat 1,5 juta ton setiap tahunnya. Adapun permintaan bioplastik meningkat sebanyak 8 – 10 % pertahun dengan *market share* plastik sebesar 10 – 15 % dan akan meningkat menjadi 25 – 30 % pada tahun 2020 (Yezza .I. A, 2008).

Perkembangan teknologi plastik ramah lingkungan dewasa ini mengalami kemajuan yang sangat pesat serta penelitian tentang pati sebagai matriks dari komposit terus berkembang. Berbagai riset telah dilakukan dalam menggali berbagai potensi bahan baku bioplastik. Penelitian mengenai pengaruh penambahan *filler* dan *plasticizer* khususnya jenis *filler* mikrokristalin selulosa selama ini telah banyak dilakukan (Maulida dkk., 2016; Rico dkk., 2016; Wittaya., 2009).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *filler* dan *plasticizer* berpengaruh terhadap sifat mekanik bioplastik. Ketiga peneliti tersebut mendapatkan nilai kuat tarik yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah kadar *filler*. Terjadinya perubahan sifat mekanik bioplastik dengan *filler* mikrokristalin selulosa tersebut disebabkan oleh pengaruh banyaknya *filler* yang digunakan. Konsentrasi penguat yang semakin meningkat mengakibatkan kuat tarik yang semakin meningkat pula (Marbun, 2012). Sementara itu elongasi mengalami peningkatan seiring dengan naiknya komposisi *plasticizer*, hal ini karena *plasticizer* memberikan sifat fleksibilitas pada bahan selain itu penambahan

plasticizer mampu meningkatkan elastisitas bahan (Maulida dkk, 2016).

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh variabel bahan baku terhadap sifat dan morfologi bioplastik yang dihasilkan serta meningkatkan sifat fisik dan mekanik dari bioplastik berbasis pati sagu dengan *filler* mikrokristalin selulosa dan *plasticizer* gliserol.

2. Metodologi Penelitian

Bahan Baku

Pembuatan bioplastik dalam penelitian ini menggunakan bahan baku pati dari batang sagu daerah Meranti (Kepulauan Riau), Mikrokristalin Selulosa (Flocel PH 101) sebagai *filler*, dan gliserol (Brata Chem) sebagai *plasticizer*.

Isolasi Pati Sagu

Proses isolasi pati sagu diawali dengan pembersihan batang sagu dari pengotor, batang sagu dibersihkan dan kulit luar di buang terlebih dahulu. Kemudian (Sagu basah) dipotong potong dan dihaluskan sehingga mempermudah dalam mendapatkan pati. Sagu basah yang telah dihaluskan ditimbang sebanyak 1 kg dan direndam dalam air bersih sebanyak 2 liter, selanjutnya dilakukan penyaringan menggunakan kain saring sampai diperoleh ampas dan cairan (suspensi pati). Suspensi pati kemudian didiamkan selama 1 hari untuk mendapatkan endapan pati, air hasil pengendapan dibuang sehingga diperoleh pati basah. Pati basah yang didapat kemudian dijemur dibawah sinar matahari hingga pati menjadi kering (Yuniarti dkk, 2014). Pati kering kemudiang dihaluskan dan dilakukan pengayakan 200 Mesh.

Pembuatan Bioplastik

Proses pembuatan bioplastik dilakukan dengan metode *casting*. 10 gram pati sagu dilarutkan ke dalam aquades (100 ml, 150 ml, 200 ml), kemudian larutan ditambahkan *plasticizer* gliserol sesuai variabel yang telah ditentukan dan diaduk hingga homogen (yuniarti dkk, 2014). Setelah itu ditambahkan *filler* sesuai

dengan variabel lalu diaduk kembali sampai homogen sambil dilakukan pemanasan pada suhu 75°C (hingga terjadi gelatinisasi). Larutan homogen dituang pada plat kaca ukuran 22 cm x 22 cm x 2 mm dan dikeringkan selama 1 hari dalam suhu ruang (Nugroho, 2012). Kemudian plastik dipisahkan dari cetakan dan dilakukan pengujian karakterisasi bioplastik. Uji karakterisasi bioplastik yang akan dilakukan adalah sifat mekanik uji ketahanan terhadap air, uji degradasi dan SEM.

Rancangan Percobaan

Metode pendekatan model yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *Response Surface Methodology* (RSM) dengan *Design Expert v10.0.1 Trial Version*. Secara sederhana persamaan RSM adalah regresi multivariabel dari sekumpulan data yang akan diobservasi, prosesnya mudah diterapkan jika sekumpulan data yang dibutuhkan telah tersedia. Maka untuk mengaplikasikan RSM dibutuhkan rancangan percobaan yang tepat (Montgomery, 2013).

Software yang digunakan pada penelitian ini adalah *Design Expert v10.0.1 Trial Version*. Salah satu rancangan percobaan yang dapat digunakan untuk RSM adalah *Central Composite Design* (CCD). Pada CCD nilai aktual dari variabel proses (ξ_i) dinyatakan dalam *coded variables* (X_i) untuk memudahkan perhitungan dalam pengolahan data. Maka jumlah tempuhan penelitian ini sebanyak 20 kali (8 *factorial point*, 6 *star point*, 6 *central point*).

3. Hasil dan Pembahasan

Isolasi Pati Sagu

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah sagu yang didapat dari Selat Panjang, Kepulauan Meranti. Penelitian ini dimulai dengan proses pembersihan batang sagu dari kulit dan pengotornya lalu dilakukan proses isolasi pati dari sagu yang telah dibersihkan kemudian sampel hasil isolasi dianalisa

komposisi kimianya. Analisa dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui komposisi bahan baku yang digunakan. Analisa kadar pati, amilopektin dan amilosa dilakukan dengan metode SNI-01-2891-1992 di Laboratorium Jasa Uji Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran, Bandung. Hasil analisa menunjukkan bahwa pati sagu memiliki komposisi seperti ditampilkan pada Tabel 4.1

Tabel 1 Komposisi Kimia Bahan Baku Pati Sagu Hasil Isolasi

Komposisi Kimia	Jumlah (%)
Amilosa	25,27 %
Amilopektin	48,54 %
Lain-lainnya	26,19 %
Total Pati	100 %

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa kadar pati yang didapatkan hasil isolasi adalah sebesar 73,81 % dengan kandungan amilosa dan amilopektin berturut turut yaitu 25,27% dan 48,54 %. Berdasarkan teori, kandungan pati dalam sagu mencapai 75% dengan amilosa berkisar antara 11,25-15 % dan amilopektin 60-63,75 %. Perbedaan kandungan pati tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti varietas sagu, umur panen sagu, syarat tumbuh tanaman (iklim, kelembaban, tanah ketinggian habitat tanaman sagu dan pH) (Yuniarti dkk, 2014).

Response Surface Methodology (RSM) adalah desain dan evaluasi model untuk mengetahui pengaruh variabel terhadap respon. Variabel kondisi proses nisbah air (X_1), kadar *filler* (X_2), dan kadar *plasticizer* (X_3) serta variabel respon kuat tarik (Y_1), elongasi (Y_2), *water uptake* (Y_3), dan biodegradasi (Y_4) dimasukkan kedalam rancangan percobaan CCD dengan menggunakan kode variabel pada rentang tertentu. Proses pemilihan model dilakukan berdasarkan uraian jumlah kuadrat (JK) dari urutan model (*sequential model sum of square*), uji simpangan model (*lack of fit test*), dan ringkasan model secara statistik (*model summary statistics*).Rangkuman

nilai *p-value* dan R^2 untuk setiap model dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2. *Sequential Model Sum of Squares*

	Respon			
	Nilai Kuat Tarik	Elongasi	Water Uptake	Biodegradasi
Model	Kuadratik	Kuadratik	Kuadratik	Kuadratik
<i>Sum of Square</i>	7,51	82,97	28,48	37,09
Derajat Kebebasan	3	3	3	3
<i>Mean Square</i>	2,5	27,66	9,49	12,36
<i>F Value</i>	3,84	4,87	6,41	12,53
<i>p-value Prob > F</i>	0,0459	0,0244	0,0107	0,0010

Tabel 3. *Model Summary Statistics*

	Respon			
	Nilai Kuat Tarik	Elongasi	Water Uptake	Biodegradasi
Model	Kuadratik	Kuadratik	Kuadratik	Kuadratik
Standar Deviasi	0,81	2,38	1,22	0,99
R^2	0,9640	0,9592	0,9744	0,9891
<i>Adjusted R²</i>	0,9316	0,9225	0,9513	0,9794
<i>Predicted R²</i>	0,7606	0,7183	0,9160	0,9294
Press	43,35	392,21	48,49	64,19

Berdasarkan nilai *p-value* pada tabel 2 menunjukkan bahwa model yang signifikan dan disarankan pada respon adalah model kuadratik karena *p-value* < 0,05. Dari tabel 3 juga menunjukkan bahwa model yang memenuhi kriteria adalah model kuadratik. Dari kedua proses pemilihan tabel tersebut, model yang sesuai untuk semua respon pada pembuatan bioplastik adalah model kuadratik.

Metode yang digunakan untuk mengetahui kesesuaian model adalah melihat nilai R^2 pada interval 0 hingga 1. Apabila nilai R^2 mendekati nilai 1 maka model diperkirakan cocok dengan data percobaan. Nilai R^2 yang didapat dari hasil perhitungan model regresi untuk variabel respon nilai kuat tarik (Y_1) = 0,9640, elongasi (Y_2) = 0,9592, *water uptake* (Y_3) = 0,9744, dan biodegradasi (Y_4) = 0,9891. Hal ini menyatakan bahwa terdapat kesesuaian antara model terhadap data hasil percobaan, sehingga dapat disimpulkan bahwa model regresi dapat digunakan.

Tahapan selanjutnya dari RSM adalah uji simultan menggunakan ANOVA. Uji simultan dilakukan untuk melihat pengaruh setiap komponen model berdasarkan *p-value*. Rangkuman hasil *p-value* untuk setiap variabel dapat dilihat pada Tabel 4. Dari Tabel 4 dapat dilihat komponen model yang memiliki pengaruh terhadap variabel respon (Y_i). Tingkat probabilitas yang digunakan adalah $\alpha = 5\%$, maka variabel yang memiliki *p-value* kecil dari $\alpha = 0,05$ merupakan variabel yang memberikan pengaruh signifikan pada model. Sedangkan *p-value* yang memiliki nilai lebih besar dari 0,5 merupakan variabel yang tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap model.

Tabel 4. Rangkuman *p-value* untuk Setiap Variabel Respon (Y_i).

Sumber Varian	<i>p-value</i>			
	Kuat Tarik	Elongasi	Water Uptake	Biodegradasi
Model	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
X_1 -Nisbah Air	0,0006	0,0004	0,0774*	0,0258
X_2 -Filler	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
X_3 -Plasticizer	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
X_1X_2	0,0199	0,1873*	0,8795*	0,7852*
X_1X_3	0,6619*	0,6938*	0,7587*	0,1885*
X_2X_3	< 0,0001	0,0287	0,8869*	0,1593*
X_1^2	0,3712*	0,1229*	0,6788*	0,9936*
X_2^2	0,0086	0,6969*	0,017	0,1163*
X_3^2	0,2975*	0,005	0,0063	0,0001

Kecocokan model dapat juga dilihat dengan melakukan analisis residual. Tahap yang harus dilakukan untuk analisis residual yaitu, melihat normalitas residual. Grafik normalitas residual dapat dilihat pada Gambar 1. Model regresi yang baik adalah model yang memiliki nilai residual yang terdistribusi normal. Gambar 1 menunjukkan data cenderung membentuk garis lurus dan menyebar disekitar garis.

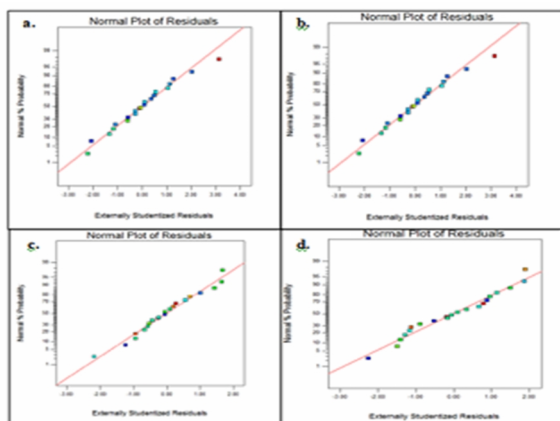
Kurva uji normalitas menunjukkan bahwa tidak ada penyimpangan dari asumsi normal. Hasil uji normalitas residual yang dibuat telah mengikuti distribusi normal. Sehingga asumsi normalitas residual model regresi yang telah dibuat pada polinomial orde 2 dapat digunakan.

Pengaruh Kondisi Proses Terhadap Kuat Tarik (Tensile Strenght)

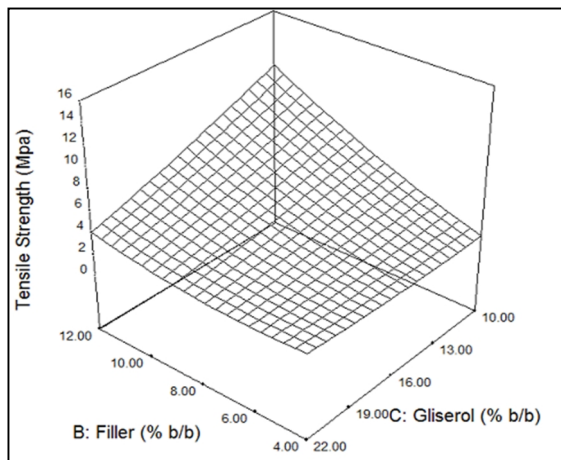
Hasil analisis multivariabel RSM menunjukkan pengaruh variabel proses terhadap respon kuat tarik. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari koefisien persamaan kuadrat dari model kuat tarik dalam bentuk kode variabel yang dituliskan pada persamaan 1.

$$Y_1 = 4,13 - 1,08x_1 + 2,51x_2 - 1,56x_3 - 0,79x_1x_2 + 0,13x_1x_3 - 1,82x_2x_3 + 0,2x_1^2 + 0,69x_2^2 + 0,23x_3^2 \dots\dots\dots(1)$$

Dari persamaan 1 dapat dilihat hasil pengujian *p-value*, nisbah air, kadar *filler* dan *plasticizer* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tarik. Pengaruh ketiga variabel ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Grafik Probabilitas



Gambar 2. Grafik respon permukaan *filler* dan *plasticizer* terhadap respon nilai kuat tarik pada nisbah air $x_1 = 15$

Gambar 2 yang menunjukkan grafik respon permukaan nilai kuat tarik. Kadar *filler*, kadar *plasticizer*, dan nisbah air memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kenaikan nilai kuat tarik. Hal ini juga sesuai dengan yang disampaikan oleh Nugroho, (2012) serta Sanjaya dan Puspita, (2011) yang menyatakan bahwa kadar *filler* dan kadar *plasticizer* mempengaruhi nilai kuat tarik bioplastik.

Semakin tinggi kadar *filler* menghasilkan kuat tarik (*tensile strenght*) semakin tinggi, sedangkan nilai elongasi dengan bertambahnya *filler* menghasilkan nilai elongasi yang menurun. Hal ini dikarenakan semakin besar kadar *filler* maka semakin banyak ikatan yang terdapat dalam bioplastik sehingga ikatan kimianya akan semakin kuat dan sulit untuk diputus karena memerlukan energi yang besar untuk memutuskan ikatan tersebut. Sebaliknya, semakin meningkat kadar *filler* mengakibatkan elongasi semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh semakin menurunnya jarak ikatan intermolekulernya (Sanjaya dan Puspita, 2011).

Situmorang dan Ginting (2014), membuktikan bahwa terjadi penurunan nilai kuat tarik terhadap penambahan

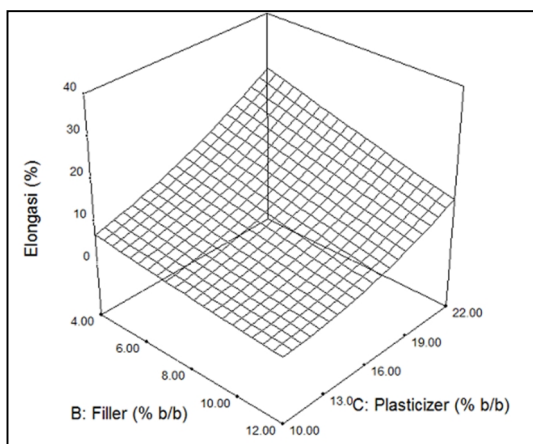
volume air yang digunakan. Bertambahnya volume air mengakibatkan menurunnya nilai kekuatan tarik film plastik dan meningkatnya pemanjangan saat putus film plastik. Hal ini disebabkan karena ikatan glikosidik plastik telah digantikan oleh ikatan hidrogen pada air yang kekuatannya lebih lemah sehingga menyebabkan menurunnya nilai kekuatan tarik film plastik, akan tetapi pemanjangan saat putus film plastik meningkat karena air juga berfungsi sebagai pemlastis (Janssen dan Moscicki, 2009).

Pengaruh Kondisi Proses Terhadap Elongasi

Hasil analisis multivariabel RSM menunjukkan pengaruh variabel proses terhadap respon elongasi. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari koefisien persamaan kuadrat dari model elongasi dalam bentuk kode variabel yang dituliskan pada persamaan 2.

$$\begin{aligned}
 Y_2 &= 10,14 + 3,38x_1 - 4,30x_2 + 7,63x_3 \\
 &\quad - 1,19x_1x_2 + 0,34x_1x_3 - 2,15x_2x_3 \\
 &\quad + 1,06x_1^2 - 0,25x_2^2 \\
 &\quad + 2,25x_3^2 \dots\dots\dots(2)
 \end{aligned}$$

Dari persamaan 2 dapat dilihat hasil pengujian *p-value*, nisbah air, kadar *filler* dan *plasticizer* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tarik. Pengaruh ketiga variabel ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik respon permukaan *filler* dan *plasticizer* terhadap respon elongasi pada nisbah air $x_1 = 15$

Gambar 3 merupakan grafik respon permukaan dari variabel kondisi proses terhadap respon elongasi. Elongasi meningkat seiring dengan bertambah banyaknya kadar *plasticizer*. Pati merupakan polimer alam dalam bentuk butiran yang tidak dapat diproses menjadi material termoplastik karena kuatnya ikatan hidrogen intermolecular dan intramolecular. Molekul *plasticizer* akan mengganggu kekompakan pati, menurunkan interaksi intermolekuler dan meningkatkan mobilitas polimer, sehingga dengan adanya air dan *plasticizer*, ikatan hidrogen tersebut dapat diputuskan. Selanjutnya mengakibatkan peningkatan *elongation* dan penurunan *tensile strength* seiring dengan peningkatan konsentrasi gliserol (Sirait, 2015).

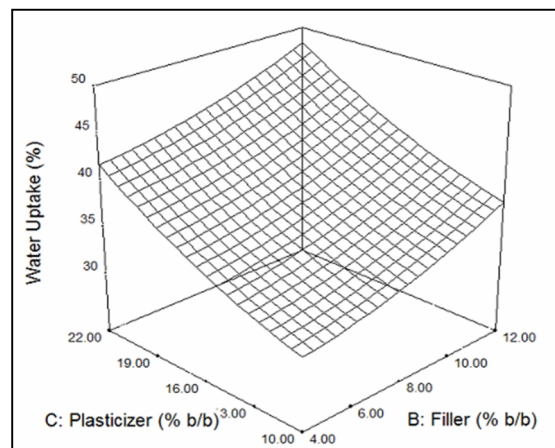
filler memberikan pengaruh yang terbalik jika dibandingkan dengan *plasticizer* dan nisbah air. Penambahan kadar *Filler* akan menurunkan elongasi bioplastik yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan semakin besar kadar *filler* mikrokristalin selulosa maka semakin banyak ikatan hidrogen yang terdapat dalam bioplastik sehingga ikatan kimianya akan semakin kuat dan sulit untuk diputus karena memerlukan energi yang besar untuk memutuskan ikatan tersebut.

Pengaruh Kondisi Proses Terhadap Water Uptake

Hasil analisis multivariabel RSM menunjukkan pengaruh variabel proses terhadap respon *water uptake*. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari koefisien persamaan kuadrat dari model *water uptake* dalam bentuk kode variabel yang dituliskan pada persamaan 3.

$$Y_3 = 37,77 + 0,65x_1 + 3,28x_2 + 5,28x_3 - 0,067x_1x_2 + 0,14x_1x_3 - 0,063x_2x_3 - 0,14x_1^2 + 0,92x_2^2 + 1,1x_3^2 \dots\dots\dots(3)$$

Dari persamaan 3 dapat dilihat hasil pengaruh ketiga variabel ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik respon permukaan *filler* dan *plasticizer* terhadap respon *water uptake* pada nisbah air $x_1 = 15$

Gambar 4 dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan *water uptake* terhadap penambahan *plasticizer* dan *filler*. Kenaikan *water uptake* disebabkan semakin bertambahnya kadar *plasticizer* dan *filler*. Darni dan Utami (2010) menyatakan bahwa sifat ketahanan air suatu molekul berhubungan dengan sifat dasar molekulnya. Bahan pati yang digunakan dalam penelitian ini bersifat hidrofilik, yaitu menyukai air. Penambahan gliserol juga menambah sifat hidrofilik bioplastik yang dibuat. Peningkatan penyerapan air terkait dengan karakter hidrofilik pada

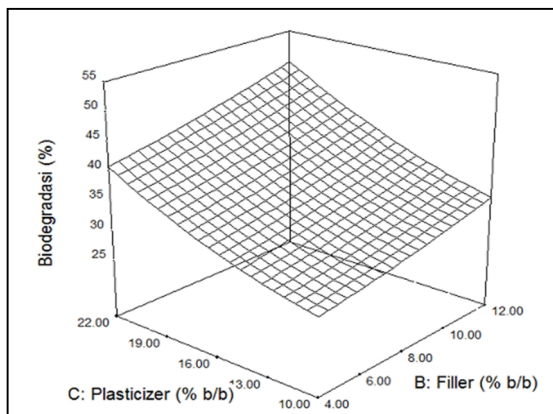
gliserol sehingga terjadi peningkatan daya tarik-menarik gliserol dengan air. Ditinjau dari struktur kimia, selulosa memiliki ikatan hidrogen yang kuat sehingga sulit untuk bergabung dengan air. Namun penambahan selulosa yang berlebih mampu meningkatkan daya serap selulosa. Hal ini terjadi karena ikatan hidrogen dalam molekul selulosa cenderung untuk membentuk ikatan hidrogen intramolekul termasuk dengan molekul air.

Pengaruh Kondisi Proses Terhadap Biodegradasi

Hasil analisis multivariabel RSM menunjukkan pengaruh variabel proses terhadap respon biodegradasi. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari koefisien persamaan linier dari model biodegradasi dalam bentuk kode variabel yang dituliskan pada persamaan 4.

$$Y_4 = 36,26 + 0,70x_1 + 3,61x_2 + 7,02x_3 + 0,098x_1x_2 + 0,50x_1x_3 + 0,53x_2x_3 + 0,00216x_1^2 + 0,45x_2^2 + 1,57x_3^2 \dots\dots\dots(4)$$

Dari persamaan 4 dapat dilihat hasil pengaruh ketiga variabel ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik respon permukaan *filler* dan *plasticizer* terhadap respon *water uptake* pada nisbah air $x_1 = 15$

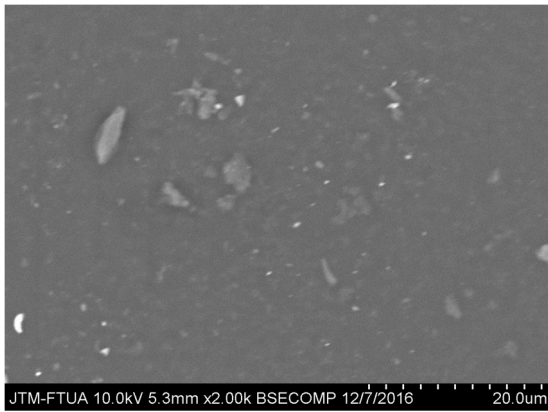
Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan biodegradasi terhadap penambahan *plasticizer* dan *filler*. Kenaikan biodegradasi disebabkan semakin

bertambahnya kadar *plasticizer* dan *filler*. Hal tersebut dapat diakibatkan karena semakin banyaknya selulosa yang ditambahkan, dimana selulosa merupakan polimer alam yang dapat terdegradasi di alam. Menurut Wypich (2003), pada uji biodegradabilitas, air dapat menembusi struktur material dan membantu aktivasi biologi (mikroba) pada material tersebut. Pada penelitian Behjat, dkk (2009) menyatakan bahwa semakin banyak selulosa yang dikandung oleh suatu plastik, maka semakin cepat plastik tersebut untuk terdegradasi. Jadi yang berperan dalam faktor biodegradabilitas suatu plastik adalah selulosa. Karena selulosa merupakan bahan alam yang dapat terdegradasi di alam karena aktivitas mikroba yang berada di dalam tanah.

Menurut Darni dan Utami (2010), gugus fungsi C=O karbonil dan COOH ester mengindikasikan adanya kemampuan degradabilitas pada plastik yang disintesis. Hal ini dikarenakan gugus fungsi O-H, C=O karbonil dan C-O ester merupakan gugus yang bersifat hidrofilik sehingga molekul air dapat mengakibatkan mikroorganisme yang ada pada lingkungan memasuki matriks plastik tersebut. Proses dekomposisi tidak membutuhkan waktu yang cukup lama karena selain matriks pati, dan penguat selulosa, terdapat gliserol sebagai *plasticizer* yang menyumbangkan gugus OH karena sifatnya yang hidrofilik dengan pati (Ardiansyah, 2011).

Karakteristik Morfologi Bioplastik

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui bentuk dan struktur permukaan dari sampel bioplastik. Hasil dari analisa SEM (*Scanning Electron Microscope*) menunjukkan hasil mikrograf bioplastik yaitu persebaran dari filler mikrokristalin selulosa pada matriks pati sagu dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Mikrograf SEM perbesaran 2000x

Berdasarkan gambar 6 memperlihatkan permukaan bioplastik hasil SEM tersebut diatas, dapat dilihat adanya aglomerasi atau penumpukan komponen selulosa di satu titik. Aglomerasi pada matriks pati dapat mengakibatkan tidak meratanya persebaran dari filler yang ditambahkan sehingga mengakibatkan hasil analisa sampel bioplastik tidak maksimal. Hal ini didukung oleh teori yang menyatakan bahwa peningkatan kandungan bahan pengisi menyebabkan terbentuknya aglomerat yang besar pada partikel pengisi. Ketika tingkat aglomerasi meningkat, maka interaksi antara pengisi dan matriks menjadi lemah. Selain itu, penurunan nilai kuat tarik juga dapat disebabkan oleh ketidakmampuan pengisi mendukung transfer tegangan yang merata dari matriks, sehingga mekanisme penguatan oleh adanya pengisi tidak terjadi dengan baik (Adryani dan Maulida, 2014).

4. Kesimpulan

Bioplastik dengan karakteristik terbaik diperoleh pada bioplastik dengan variasi komposisi mikrokristalin selulosa 12 % dan komposisi gliserol 10% dimana diperoleh nilai kuat tarik 14,21 MPa, elongasi 1,026%, , *water uptake* 36,91% dan biodegradasi 34,43%.

Daftar Pustaka

Adryani, R., Maulida. 2014. Pengaruh Ukuran Partikel Dan Komposisi Abu Sekam Padi Hitam Terhadap Sifat Kekuatan Tarik Komposit Poliester Tidak Jenuh. *Jurnal Teknik Kimia USU* 3(4): 31-36.

- Ardiansyah, R. 2011. Pemanfaatan Pati Umbi Garut untuk Pembuatan Plastik Biodegradable. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Avella, M., A. Buzarovska, M.A. Errico, G. Gentile, dan A. Grozdanov. 2009. Eco-challenges of bio based polymer composite. *Material* 2: 911-925.
- BPMPPD. 2010. Potensi Perkebunan Sagu di Kepulauan Meranti, Provinsi Riau. <http://bpmpd.riau.go.id/web/statistik/kabupaten-kepulauan-meranti>. Diakses pada 3 Agustus 2016
- Darni, Y., H. Utami. 2010. Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 7(4): 88-93.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2014. *Statistik Perkebunan Indonesia Tahun 2011-2013*. Direktorat Jenderal Perkebunan. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Jansen, L.P.B.M., dan L. Moscicki. 2009. *Thermoplastic Starch A Green Material for Various Industries*. WILEY - VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim-Germany.
- Ma, X., B. Liu, J. Yang, dan J. Yu. 2009. Preparation and properties of glycerol plasticized-pea starch /zinc oxide bionanocomposite. *Bioresource Technology Journal* 100: 2832–2841.
- Marbun, E.S. 2012. Sintesis Bioplastik dari Pati Ubi Jalar Menggunakan Penguat Logam ZnO dan Penguat Alami Selulosa. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Maulida., M. Siagian, dan P. Tarigan. 2016. Production of Starch Based Bioplastic from Cassava Peel Reinforced with Microcrystalline Cellulose Avicel PH101 Using Sorbitol as Plasticizer. *Journal of Physics* 710: 1-7.

- Montgomery, C. D. 2013. *Design and Analysis of Experiments*. 8th Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York
- Nugroho, A.F. 2009. Sintesis Bioplastik dari Pati Ubi Jalar dengan penguat alami ZnO dan Clay. *Skrripsi*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Rico, M., S. Rodríguez-Llamazares, L. Barral, R. Bouza, dan B. Montero. 2016. Processing and characterization of polyols plasticized-starch reinforced with microcrystalline cellulose. *Carbohydrate Polymers Journal* 149: 83-93.
- Sanjaya, I .G., dan T. Puspita. 2011. Pengaruh penambahan khitosan dan *plasticizer* gliserol pada karakteristik plastik *biodegradable*. *Jurnal Teknik Kimia FTI-ITS*.
- Sirait, T.P. 2015. Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Talas dengan menggunakan Plasticizer Gliserol. *Skrripsi*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Situmorang, H., Dan M.H.S. Ginting. 2014. Kajian Awal Pembuatan Film Plastik (Bahan Plastik Pengemas) Dari Pati Batang Ubi Kayu. *Jurnal Teknik Kimia USU* 3(1): 27-31.
- Wittaya, T. 2009. Microcomposites of rice starch film reinforced with microcrystalline cellulose from palm pressed fiber. *International Food Research Journal* (16): 493-500.
- Yezza. I. A. 2008. *The Global Market For Bioplastic*.
www.hkc22.com/Bioplastics.html,
Diakses tanggal 28 Juni 2016
- Yuniarti, L.I., G.S. Hutomo, dan A. Rahim. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati Sagu. *e-J.Agrotekbis* 2(1) : 38-46