

Sintesis Bioplastik Berbahan Dasar Pati Jagung dengan Penambahan *Filler* Selulosa Serat Daun Nanas (*Ananas cosmosus*)

¹Angga Dwina Putra, ²Idral Amri, ²Irdoni

¹Mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Kimia, ²Dosen Jurusan Teknik Kimia
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru, 28293
angga.dwina@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Conventional plastic waste is one of the most worrying issues for the environment because it can not be degraded by microorganisms. Bioplastic or biodegradable plastic is one of alternative solution to change conventional plastic, because bioplastics are easy to degrade. One of the potential materials to become the raw materials is corn starch and pineapple leaf fiber cellulose because it has high starch and hight cellulose. The general purpose of this research are to determine the impact and the best composition of the addition cellulose and glycerol in mechanical properties of bioplastic. The synthesis method is casting of corn starch, cellulose, and glycerol with composition of plasticizer is (0,5-1,5 gr) and composition of filler is (10–25 % b/b starch). The analysis of bioplastic was tensile strenght, elongation, modulus young, water uptake, biodegradation, and Scanning Electron Microscopy (SEM). The most significant factor of all responses was composition of filler cellulose and composition of plasticizer gliserol. The best process condition was bioplastic with composition of filler 25% b/b starch and plasticizer 0,5 gram with the value of tensile strength 17,11 MPa, elongation 4,345%, modulus young 393,786 MPa, water uptake 20,37% and biodegradation 27,78%. Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis shows that filler distribution was not equal on corn starch matrices and still has a clod.

Keywords : *bioplastic, biodegradable, cellulose, filler, plasticizer*

1. PENDAHULUAN

Limbah plastik konvensional menjadi salah satu permasalahan yang paling memprihatinkan di Indonesia. Plastik jenis ini tidak dapat terdegradasi oleh mikroorganisme, karena mikroorganisme tidak mampu merombak polimer plastik konvensional berbahan dasar petrokimia (Darni dan Utami, 2010). Plastik konvensional dapat terdegradasi dalam waktu 450 hingga 600 tahun (Katz, 1995). Alasan penggunaan plastik konvensional yang meluas, dikarenakan sifatnya yang kuat, tidak mudah rapuh dan stabil. Namun ternyata, polimer plastik berbahan dasar petrokimia juga mempunyai berbagai kelemahan, antara lain sifatnya yang tidak tahan panas, dan tidak dapat dihancurkan secara alami (*non-biodegradable*).

Berdasarkan beberapa kelemahan plastik berbahan dasar petrokimia tersebut, maka dibutuhkan adanya alternatif bahan plastik yang diperoleh dari bahan yang mudah didapat dan tersedia di alam dalam jumlah besar dan murah tetapi mampu menghasilkan produk dengan kekuatan yang sama dengan plastik konvensional yaitu bioplastik (Coniwanti dkk, 2014).

Plastik *biodegradable* atau bioplastik adalah plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh mikroorganisme setelah dibuang ke lingkungan. Plastik *biodegradable* atau bioplastik terbuat dari material yang dapat diperbaharui, yaitu dari senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanaman seperti pati maupun yang terdapat dalam hewan

seperti kitosan (Saputro dkk, 2017). Salah satu bahan untuk membuat bioplastik adalah pati yang mudah terurai di alam dan juga dapat diperbaharui. Selain itu, biaya untuk pati relatif murah dikarenakan ketersediaannya yang banyak di alam (Maddkk, 2009).

Jagung (*Zea Mays*) adalah tanaman yang murah dan mudah didapat karena dibudidayakan pada banyak wilayah di Indonesia. Komponen pati penyusun jagung terdiri dari 25-30% amilosa dan 70-75% amilopektin (Bayandori dkk, 2009). Badan Pusat Statistik (2015), menyatakan luas areal tanaman jagung di Provinsi Riau pada tahun 2015 mencapai 12.425 Ha dengan produksi jagung sebesar 24,85 kwintal/Ha. Berdasarkan kandungan pati dan produktivitas yang cukup tinggi, tanaman jagung memiliki potensi untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik.

Produksi buah nanas di Indonesia menurut data Kementerian Pertanian (2016) mencapai 1.882.802 ton per tahun. Dimana salah satu wilayah yang menghasilkan nanas di Indonesia adalah Provinsi Riau. Pada saat ini, hasil perkebunan nanas banyak menyisakan limbah seperti daun nanas dan mahkota nanas yang akan mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan. Limbah tersebut nantinya dapat dimanfaatkan pada pembuatan bioplastik karena pada daun nanas terdapat kandungan selulosa yang dapat digunakan sebagai *filler*. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan bioplastik berbasis pati jagung dengan penambahan selulosa serat daun nanas. Karena pati jagung memiliki sifat yang kaku dan mudah rapuh, maka digunakan gliserol sebagai pemplastis (*plasticizer*).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh dan komposisi terbaik dari penambahan selulosa serat daun nanas (*Ananas cosmosus*) sebagai *filler* atau bahan pengisi pada matriks dan gliserol sebagai *plasticizer* terhadap sifat mekanik yang dihasilkan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati jagung, *filler* selulosa serat daun nanas (*Ananas cosmosus*), *plasticizer* gliserol, NaOH 1M (Bratachem), NaOCl 5% (Bratachem), HCl 3% dan *aquadest*.

2.2 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *neraca analitic*, *hot plate*, *stirrer*, termometer, gelas piala 500 ml dan 250 ml, gelas ukur 10 ml dan 100 ml, batang pengaduk, cetakan kaca, pipet tetes, labu leher tiga, *heating mantle*, kondensor, penangas air dan mesin dekortikator. Peralatan atau instrumen untuk karakteristik antara lain pengujian kuat tarik dengan *Universal Testing Machine* (UTM) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

2.3 Prosedur Penelitian

a. Ekstraksi Selulosa Serat Daun Nanas

Ekstraksi selulosa serat daun nanas dilakukan melalui tiga tahap perlakuan. Tahap pertama adalah perlakuan basa dengan menggunakan NaOH yang disertai dengan pemanasan. Pada penelitian ini digunakan NaOH 1 M dan sampel dipanaskan pada suhu 80°C selama 4 jam, kemudian sampel dicuci dengan *aquadest* sampai air cucuannya bersih. Tahap kedua adalah proses pemucatan dengan merendam sampel menggunakan larutan NaOCl 5% selama 3 jam pada suhu 30°C. Tahap ketiga adalah perlakuan dengan asam menggunakan HCl 3% dan sampel dipanaskan pada suhu 60°C selama 1 jam, kemudian sampel dicuci dengan *aquadest* sampai air cucuannya bersih. Selulosa yang didapat kemudian dikeringkan dalam *oven* sampai kering pada suhu 30-40°C. Kemudian selulosa dihaluskan dengan cara ditumbuk. Selulosa yang telah halus kemudian diekstrak selulosanya dan kemudian dapat dijadikan sebagai *filler*.

b. Pembuatan Bioplastik

Proses pembuatan bioplastik diawali dengan menimbang sejumlah massa pati jagung dan selulosa serat daun nanas sesuai variabel. Kemudian pati jagung dan selulosa serat daun nanas masing-masing diaduk dengan *aquadest* secara terpisah. Larutan pati jagung dan selulosa serat daun nanas dipanaskan sambil diaduk dengan kecepatan 200 rpm diatas *hot plate* pada suhu 70°C selama 50 menit. Setelah 10 menit pengadukan ditambahkan gliserol sesuai variabel kedalam larutan pati-selulosa. Setelah 50 menit, larutan di dinginkan dan kemudain dicetak diatas cetakan kaca, lalu cetakan didiamkan diruang terbuka hingga bioplastiknya mengering. Kemudian bioplastik dipisahkan dari cetakan kaca dan dilakukan pengujian karakteristik bioplastik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari pengujian sifat mekanik adalah untuk mengetahui karakteristik sifat mekanik terbaik dari bioplastik berbasis pati jagung dengan variasi penambahan *filler* selulosa serat daun nanas dan *plasticizer* gliserol. Karakteristik sifat mekanik meliputi *tensile strength*, elongasi dan *modulus young*.

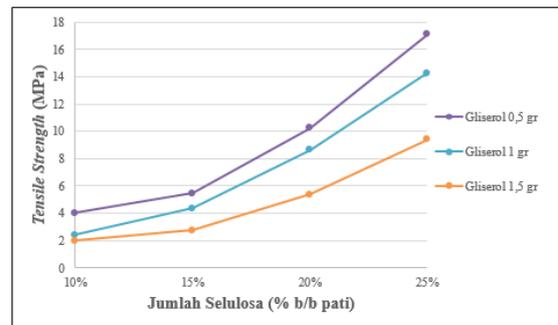
Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Mekanik Bioplastik

Run	Variabel		Karakteristik		
	Selulosa (%)	Gliserol (gr)	Tensile Strength (MPa)	Elongasi (%)	Modulus Young (MPa)
1	10%	0,5	4,025	7,39	54,465
2	10%	1	2,445	20	12,225
3	10%	1,5	1,995	35,89	5,559
4	15%	0,5	5,465	6,525	83,755
5	15%	1	4,38	19	23,053
6	15%	1,5	2,755	31,955	8,621
7	20%	0,5	10,265	4,77	215,199
8	20%	1	8,65	17,825	48,527
9	20%	1,5	5,37	22,48	23,888
10	25%	0,5	17,11	4,345	393,786
11	25%	1	14,27	15	95,133
12	25%	1,5	9,405	17,39	54,083

Tabel 1. Menunjukkan hasil analisa sifat mekanik bioplastik. Didapat nilai *tensile strength* terbaik sebesar 17,11 MPa, Elongasi terbaik sebesar 35,89%, dan *modulus young* terbaik sebesar 393,786 MPa.

3.1 Analisa Karakteristik Sifat Mekanik

Analisa karakteristik sifat mekanik bertujuan untuk mengetahui nilai variabel terbaik dari penambahan masing-masing variabel selulosa serat daun nanas sebagai *filler* dan gliserol sebagai *plasticizer*.

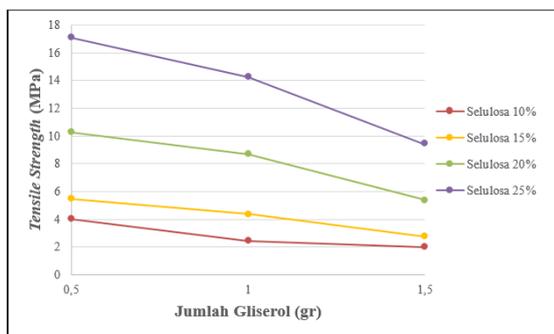


Gambar 1. Grafik Hasil Uji Pengaruh Penambahan Selulosa terhadap *Tensile Strength* Bioplastik

Berdasarkan Gambar 1. dapat dilihat bahwa nilai *tensile strength* tertinggi sebesar 17,11 MPa pada jumlah penambahan selulosa 25% dan gliserol 0,5 gram. Sedangkan nilai *tensile strength* terendah sebesar 1,995 MPa pada jumlah penambahan selulosa 10% dan gliserol 1,5 gram. Pada Gambar 1. juga dapat dilihat bahwa semakin besar selulosa yang digunakan maka nilai *tensile strength* juga akan semakin meningkat. Peningkatan nilai *tensile strength* ini diakibatkan karena penambahan selulosa yang semakin meningkat. Menurut Indriyanti dkk (2006), menyatakan bahwa selulosa merupakan komponen penguat didalam material komposit yang mampu meningkatkan kekuatan mekaniknya. Peningkatan *tensile strength* akibat penambahan selulosa disebabkan oleh peningkatan interaksi gaya tarik menarik antar molekul penyusunnya. Kondisi ini berkaitan dengan gugus hidrosil yang saling membentuk ikatan hidrogen intramolekul dan membentuk lapisan yang terdiri atas serat-serat yang saling menguatkan.

Selain itu, menurut Darni dan Utami (2010), faktor penting yang mempengaruhi nilai dari *tensile strength* bioplastik adalah

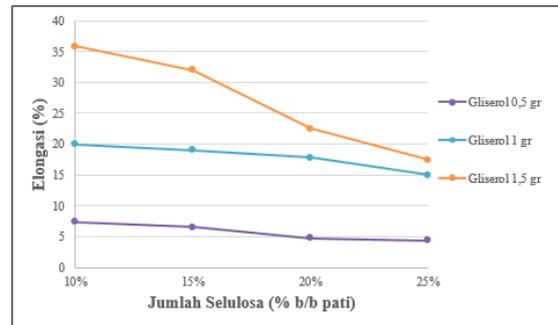
affinitas antara komponen penyusunnya. Affinitas merupakan suatu fenomena dimana molekul tertentu memiliki kecenderungan untuk bersatu dan berikatan. Semakin meningkat affinitas, maka ikatan antar molekul juga akan semakin banyak. Kekuatan suatu bahan dipengaruhi oleh ikatan kimia penyusunnya. Ikatan kimia yang kuat bergantung pada jumlah ikatan molekul dan jenis ikatannya. Ikatan kimia yang kuat akan sulit diputus, sehingga akan membutuhkan energi yang besar untuk memutuskan ikatan tersebut.



Gambar 2. Grafik Hasil Uji Pengaruh Penambahan Gliserol terhadap *Tensile Strength* Bioplastik

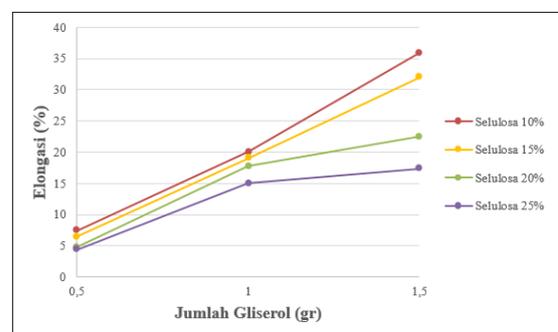
Berdasarkan Gambar 2. dapat dilihat bahwa semakin besar gliserol yang digunakan maka nilai *tensile strength* akan semakin menurun. Menurut Intan dan Wan (2011), penurunan nilai *tensile strength* ini terkait dengan adanya ruang kosong yang terjadi karena ikatan antar polisakarida yang diputus oleh gliserol, sehingga menyebabkan ikatan antar molekul dalam film plastik semakin melemah. Selain itu, menurut Bourtoom (2008), menyatakan bahwa kenaikan penambahan jumlah gliserol sebagai *plasticizer* menyebabkan nilai *tensile strength* semakin berkurang seiring dengan berkurangnya interaksi intermolekul. Interaksi berkurang karena adanya gliserol yang menyisip dan menghilangkan ikatan hidrogen di antara polisakarida. Meningkatnya jumlah *plasticizer* yang digunakan menghasilkan mobilitas yang lebih besar terhadap makromolekul pati, sehingga nilai *tensile*

strength bioplastik menurun (Tudorachi, dkk., 2000).



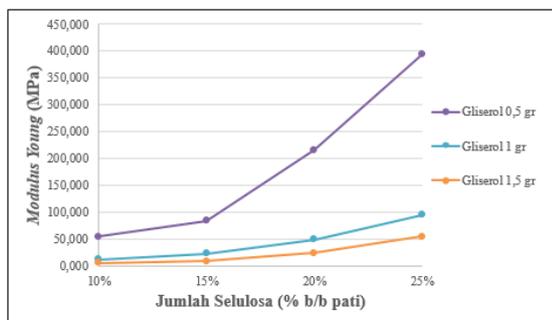
Gambar 3. Grafik Hasil Uji Pengaruh Penambahan Selulosa terhadap Elongasi Bioplastik

Berdasarkan Gambar 3. dapat dilihat bahwa nilai elongasi tertinggi sebesar 35,89% pada jumlah penambahan selulosa 10% dan gliserol 1,5 gram. Sedangkan nilai elongasi terendah sebesar 4,345% pada jumlah penambahan selulosa 25% dan gliserol 0,5 gram. Menurut Darni dkk (2009), penambahan selulosa sebagai *filler* cenderung menurunkan nilai elongasi bioplastik. Hal ini dikarenakan fleksibilitas yang tinggi pada selulosa sehingga memberikan pengaruh terhadap perpanjangan elongasi pada sampel bioplastik. Selain itu, selulosa sebagai *filler* juga akan menurunkan jarak ikatan antarmolekul yang disebabkan oleh semakin banyak terbentuknya ikatan hidrogen sehingga bioplastik yang dihasilkan semakin kaku dan kurang elastis.



Gambar 4. Grafik Hasil Uji Pengaruh Penambahan Gliserol terhadap Elongasi Bioplastik

Berdasarkan Gambar 4. dapat dilihat bahwa semakin besar gliserol yang digunakan maka nilai elongasi akan semakin meningkat. Menurut Darni dkk (2009), menyatakan bahwa gliserol sebagai *plasticizer* berfungsi sebagai pemberi sifat elastisitas pada film plastik sehingga semakin banyak gliserol yang ditambahkan maka akan meningkatkan nilai elongasi pada bioplastik. Penambahan *plasticizer* menyebabkan turunnya gaya ikatan intermolekul sepanjang rantai polimer sehingga meningkatkan fleksibilitas bioplastik. Menurut Bourtoom (2008), juga menyatakan bahwa, molekul *plasticizer* akan mengganggu kekompakan molekul pati yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan interaksi intermolekul dan meningkatkan mobilitas polimer, sehingga dengan adanya air dan *plasticizer*, ikatan hidrogen tersebut dapat diputuskan. Selanjutnya mengakibatkan peningkatan elongasi dan penurunan *tensile strength* seiring dengan peningkatan konsentrasi gliserol yang digunakan.



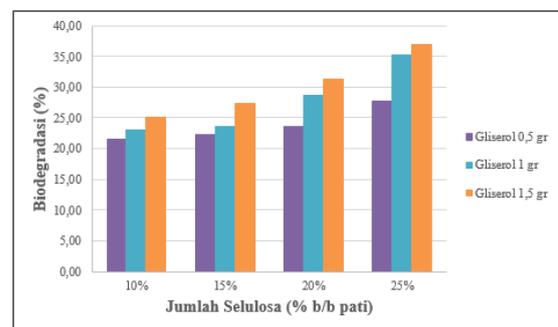
Gambar 5. Grafik Hasil Uji Pengaruh Penambahan Selulosa terhadap *Modulus Young* Bioplastik

Berdasarkan Gambar 5. dapat dilihat bahwa nilai *modulus young* tertinggi sebesar 393,786 MPa pada jumlah penambahan selulosa 25% dan gliserol 0,5 gram. Sedangkan nilai *modulus young* terendah sebesar 5,559 MPa pada jumlah penambahan selulosa 10% dan gliserol 1,5 gram. Pada Gambar 5. juga dapat dilihat bahwa semakin besar selulosa yang digunakan maka nilai *modulus young* juga

akan semakin meningkat. Nilai *modulus young* dipengaruhi oleh nilai *tensile strength* dan elongasi. Nilai *modulus young* berbanding lurus dengan nilai *tensile strength* dan berbanding terbalik dengan nilai elongasi.

3.2 Analisa Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan dengan *soil burial test*. Sampel berupa bioplastik ditanam didalam tanah dengan asumsi komposisi tanah sama. Tanah yang digunakan memiliki nilai pH rata-rata sebesar 6,7.



Gambar 6. Grafik Hasil Uji Pengaruh Penambahan Selulosa terhadap Biodegradasi Bioplastik

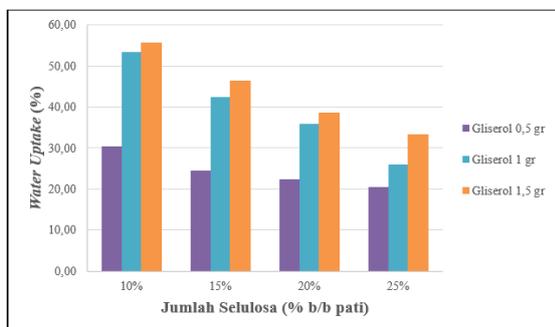
Berdasarkan Gambar 6. dapat dilihat bahwa laju biodegradasi tertinggi sebesar 36,84% pada pada minggu ke-4. Sedangkan laju biodegradasi terendah sebesar 21,43% pada pada minggu ke-4. Menurut Widyaningsih dkk (2012), degradasi polimer digunakan untuk menyatakan perubahan fisik akibat reaksi kimia yang mencakup pemutusan ikatan dalam molekul. Reaksi degradasi kimia dalam polimer linear menyebabkan turunnya berat molekul atau pemendekan panjang rantai yang dikatalisis oleh mikroorganisme. Laju degradasi juga dipengaruhi oleh tingkat absorpsi air oleh bahan polimer, karena air dapat memberikan ruang kondusif bagi mikroorganisme yang ada pada lingkungan untuk memasuki matriks film plastik. Pati jagung sebagai matriks dan gliserol sebagai *plasticizer* memiliki sifat hidrofilik sehingga dengan penambahan bahan tersebut tingkat penyerapan air semakin

tinggi dan dapat memberikan ruang kondusif untuk perkembangan mikroorganismenya.

Pada Gambar 6. juga memperlihatkan bahwa semakin besar konsentrasi selulosa yang digunakan maka laju biodegradasi juga akan semakin meningkat. Menurut Behjat dkk (2009), 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 akibat dari aktivitas mikroorganismenya yang ada di dalam tanah.

3.3 Analisa Water Uptake

Water uptake sering disebut juga dengan daya serap air, dimana bioplastik yang diharapkan memiliki daya serap yang rendah terhadap air. Menurut Darni dan Utami (2010), sifat ketahanan air suatu molekul berhubungan dengan sifat dasar molekulnya.



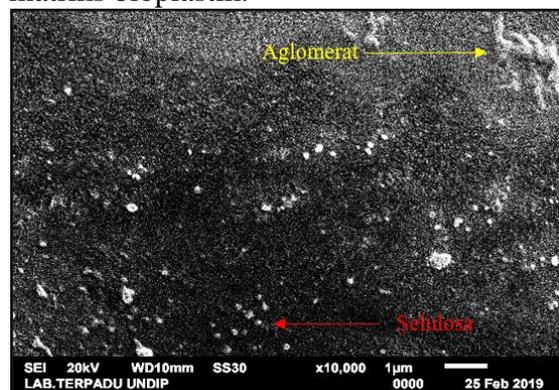
Gambar 7. Grafik Hasil Uji Pengaruh Penambahan Selulosa terhadap *Water Uptake* Bioplastik

Berdasarkan Gambar 7. dapat dilihat bahwa nilai *water uptake* tertinggi sebesar 55,56% pada komposisi selulosa 10% dan gliserol 1,5 gram, sedangkan nilai *water uptake* terendah sebesar 20,37% pada komposisi selulosa 25% dan gliserol 0,5 gram. Pada Gambar 7. juga dapat dilihat bahwa penambahan selulosa sebagai *filler* menghasilkan nilai *water uptake* yang semakin menurun dan mengalami peningkatan nilai *water uptake* seiring

bertambahnya jumlah gliserol yang digunakan. Menurut Darni dkk (2009), menyatakan bahwa penambahan selulosa selain sebagai bahan pengisi, juga bertujuan untuk mengurangi sifat hidrofilik pada pati, karena karakteristik selulosa yang tidak larut dalam air atau bersifat hidrofobik. Ditinjau dari ikatan kimia, selulosa memiliki ikatan hidrogen yang kuat sehingga sulit untuk bergabung dengan air dan kemampuan untuk menyerap air akan semakin menurun. Sedangkan dengan bertambahnya gliserol akan meningkatkan nilai *water uptake*. Hal ini disebabkan karena gliserol bersifat hidrofilik sehingga terjadi daya tarik-menarik antara gliserol dan air yang mengakibatkan semakin banyak gliserol maka penyerapan molekul air akan semakin meningkat.

3.4 Analisa Scanning Electron Microscopy (SEM)

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui bentuk dan struktur permukaan dari sampel bioplastik. Hasil analisa SEM menunjukkan persebaran dari *filler* selulosa serat daun nanas pada matriks bioplastik.



Gambar 8. Hasil SEM Permukaan Bioplastik pada Perbesaran 10.000x

Pada Gambar 8. dapat dilihat bahwa terdapat aglomerasi atau penumpukan 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 terjadi diduga karena

ukuran *filler* yang digunakan masih terlalu besar sehingga tidak dapat masuk dalam rongga matriks dan sulit untuk berinteraksi. Ukuran selulosa yang terlalu besar membuat ketidakrapatan antara *filler* dan matriks sehingga mengurangi sifat mekanik bioplastik.

Hal ini juga didukung oleh teori yang menyatakan bahwa peningkatan ukuran partikel bahan pengisi menyebabkan terbentuknya aglomerat pada bioplastik. Ketika tingkat aglomerasi meningkat, maka interaksi antara bahan pengisi dan matriks menjadi lemah. Faktor lain yang berpengaruh yaitu masih terdapat gumpalan *filler* maupun pati dalam bioplastik sehingga *filler* cenderung untuk berikatan pada sesama *filler*, bukan bersatu atau berikatan dengan matriks bioplastik. Selain itu, penurunan nilai kuat tarik juga dapat disebabkan oleh ketidakmampuan bahan pengisi mendukung transfer tegangan yang merata dari matriks, sehingga mekanisme penguatan oleh adanya bahan pengisi tidak terjadi dengan baik (Adryani dan Maulida, 2014).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pembuatan bioplastik dari pati jagung dengan penambahan selulosa serat daun nanas diperoleh kesimpulan bahwa semakin tinggi komposisi *filler* selulosa serat daun nanas yang digunakan maka nilai kuat tarik dan *modulus young* yang dihasilkan akan semakin besar, tetapi nilai elongasi yang dihasilkan akan semakin kecil. Sedangkan, semakin tinggi komposisi *plasticizer* gliserol yang digunakan maka nilai kuat tarik dan *modulus young* akan semakin kecil, tetapi nilai elongasi yang dihasilkan akan semakin besar.

Bioplastik dengan karakteristik terbaik diperoleh pada bioplastik dengan variasi *filler* selulosa serat daun nanas 25% (b/b pati) dan gliserol 0,5 gram dimana diperoleh nilai kuat tarik, elongasi, *modulus young*, biodegradasi dan *water uptake* berturut-turut adalah 17,11 MPa,

4,345%, 393,768 MPa, 27,78% selama empat minggu dan 20,37%.

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.
- Bayandori, M. A., Badraghi, T. N, dan Kazemzad, M. 2009. Synthesis of ZnO Nanoparticles and Electrodeposition of Polypyrrole/ZnO Nanocomposite Film. *Int J Electrochem Sci* 4: 247-257.
- Behjat, T., Rusly, A.R., Luqman, C.A., Yus, A.Y., & Azowa I.N. 2009. Effect of PEG on the Biodegradability Studies of Kenaf Cellulose-Polyethylene Composites. *International Food Research Journal*. 16 (2): 243-247.
- Bourtoom, T. 2008. Edible Films and Coatings: Characteristics and Properties. *International Food Research Journal*. 15 (3): 1-12
- Coniwanti, Pamilia, L. Laila, dan M. R. Alfira. 2014. Pembuatan Film Plastik Biodegradabel dari Pati Jagung dengan Penambahan Kitosan dan Pemplastis Gliserol. *Jurnal Teknik Kimia* 20(4): 22-30.
- Darni, Y dan Utami, H. 2010. Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan* 7(4): 88-93.
- Darni, Y., Utami, H., & Asriah, S.N. 2009. Peningkatan Hidrofobisitas dan Sifat Fisik Plastik Biodegradabel Pati Tapioka dengan Penambahan Selulosa Residu Rumput Laut *Euchema spinosum*. *Seminar Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, 126-139.

- Indriyati, L., Indrarti., & Rahimi, E. 2006. Pengaruh Carboxymethyl Cellulose (CMC) dan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Lapisan Tipis Komposit Bakterial Selulosa. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 8 (1), 40-44.
- Intan, D.H., Wan A.W. 2011. Tensil and Water Absorbtion of Biodegradable Composites Derived from Cassava Skin/ Polyvinyl Alcohol with Glycerol as Plasticizer. *Sains Malaysiana Journal*. 40 (7):713-718.
- Katz, S. 1995. Degradation of Polymers. *Materials World*. 377–378.
- 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.
- Saputro, A. N. Catur, dan A. L. Ovita. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Kitosan-Pati Ganyong (Canna Edulis). *Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia* 2(1): 13-21.
- Tudorachi, N., Cascaval, C.N., Rusu, M., & Pruteanu, M. 2000. Testing of Polyvinyl Alcohol and Starch Mixture as Biodegradable Polymeric Materials. *Elsevier Science*. 19, 785-799.
- Widyaningsih, S., K. Dwi, dan T. Yuni, N. 2012. Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Kalsium Karbonat Terhadap Karakteristik dan Sifat Biodegradasi Film dari Pati Kulit Pisang. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*. 14(1): 61-67.