

PENGARUH FORMULASI PATI SINGKONG–SELULOSA TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN HIDROFOBISITAS PADA PEMBUATAN BIOPLASTIK

Hananto Wisnu Sulityo ¹⁾, Ismiyati ²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta
ismiyati_umj@yahoo.com

ABSTRAK. *Bioplastik merupakan plastik yang terbuat dari sumber yang dapat diperbaharui yaitu dari senyawa - senyawa dalam tanaman misalnya pati. Penggunaan pati sebagai bahan utama pembuatan plastik memiliki potensi yang besar karena di Indonesia terdapat berbagai tanaman penghasil pati seperti singkong, jagung, beras dan tanaman lainnya. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui temperatur gelatinisasi dan pengaruh formulasi pati-selulosa serta menentukan kondisi terbaiknya terhadap sifat mekanik dan ketahanan air bahan bioplastik. Dalam penelitian ini dilakukan studi mengenai pembuatan bioplastik campuran pati, selulosa dan gliserol sebagai plasticizer dengan melakukan variasi temperatur gelatinisasi yaitu pada $T = 80^{\circ}$, 90° , dan 100°C serta variasi rasio massa antara pati dan selulosa yaitu 6:4, 7:3, 8:2, 9:1 dan 10:0 (m/m). Hasil yang diperoleh berupa lembaran tipis plastik (film plastic) yang diuji sifat mekaniknya dengan alat Universal Testing Machine serta uji ketahanan air (water uptake). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan tingkat ketahanan air dan sifat fisik terbaik terdapat pada formulasi pati-selulosa 8:2 dan temperature gelatinasi 90°C dengan nilai penyerapan air sebesar 33 %, Tensile Strength 10.32 MPa, persen perpanjangan 27.91 % dan modulus young 36.97 Mpa.*

Kata kunci : Bioplastik, , gelatinisasi, hidrofobisitas, pati singkong, selulosa

PENDAHULUAN

Gaya hidup masyarakat sekarang ini cenderung mengutamakan adanya kepraktisan dalam aspek kehidupan. Segala bentuk kesibukan mereka untuk mengkonsumsi makanan cepat saji serta membeli berbagai macam produk membutuhkan suatu alat pembungkus/pengemas seperti tas kresek yang berbahan dasar plastik. Oleh karena itu kebutuhan masyarakat terhadap plastik pun tidak terelakkan lagi.

Plastik yang digunakan saat ini kebanyakan berbahan dasar polimer sintetik dari bahan baku minyak bumi yang terbatas jumlahnya dan tidak dapat diperbaharui. Untuk memproduksi kebutuhan plastik dunia dibutuhkan 12 juta barel minyak yang akan menghasilkan emisi gas rumah kaca cukup besar dan menyebabkan pemanasan global. Selain itu plastik berbahan dasar minyak bumi baru bisa terurai di alam dalam waktu 500 - 1.000 tahun, sehingga jika tercecer di tanah, bahan ini akan merusak lingkungan, menghambat peresapan air, menyebabkan banjir, dan merusak kesuburan tanah.

Berdasarkan hal diatas, maka dibutuhkan adanya alternatif bahan plastik yang diperoleh dari bahan yang mudah didapat dan tersedia di alam serta dapat terurai dengan cepat. Selain itu plastik tersebut juga harus memiliki sifat serta kekuatan yang sama dengan plastik sintetik. Untunglah saat ini muncul teknologi baru kemasan plastik biodegradable. Biodegradable Plastik adalah plastik yang dapat terurai secara biologis yang terbuat dari sumber alam yang dapat diperbaharui yaitu senyawa-senyawa dalam tanaman misalnya pati, selulosa, dan lignin serta pada hewan seperti kasein, protein dan lipid (Averous, 2002). Penggunaan pati sebagai bahan utama pembuatan plastik memiliki potensi besar karena di Indonesia terdapat berbagai tanaman penghasil pati.

Ada dua kekurangan yang terdapat pada plastik berbahan pati yaitu rendahnya kekuatan mekanik serta bersifat hidrofilik. Untuk mengatasi kekurangan ini ada beberapa cara yang dapat dilakukan, salah satunya adalah pencampuran pati dengan polimer sintesis atau polimer lain seperti polietilen. Namun hasilnya hanya pati saja yang dapat terdegradasi, polimer sintesis yang digunakan sebagai campuran tetap sulit didegradasi, sehingga masih menimbulkan masalah lingkungan. Selanjutnya cara lain adalah pencampuran pati dengan khitosan, selulosa, gelatin dan jenis biopolimer lainnya yang dapat memperbaiki kekurangan dari sifat plastik berbahan pati.

Penelitian ini ingin mengetahui sejauh mana singkong yang memiliki kandungan pati sangat besar dapat menghasilkan bioplastik yang memiliki sifat mekanik yang tidak jauh berbeda bahkan sama dengan sifat mekanik yang dimiliki plastik sintesis.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada pembuatan tepung pati singkong meliputi singkong dan air. Singkong digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan tepung pati. Bahan-bahan yang digunakan dalam isolasi selulosa melalui sodium hidroksida (NaOH) 40%, NaOH digunakan sebagai pelarut; hidrogen peroksida (H_2O_2) 6%, H_2O_2 digunakan dalam proses *bleaching*; aquadest (air suling). Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan bioplastik meliputi pati singkong. Pati singkong digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik. Selulosa yang digunakan diperoleh dari isolasi residu rumput laut *Encheuma spinosum*. Gliserol (plasticizer) yang dipakai adalah gliserol *anhydrous* sebagai *plasticizer* dari MERCK.

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan tepung pati singkong antara lain pisau, pamarut, penyaring, wadah

pengendapan, pengering, penggiling. Peralatan isolasi selulosa *Eucheuma spinossum* yang digunakan dalam isolasi selulosa antara lain *hot plate*, temperatur 100°C, labu leher tiga volume 2000 ml, pengaduk magnetis, spatula, termometer, kolom pendingin balik, digital pH-meter, stopwatch, neraca analitis, desikator, gelas piala 200 ml, 300 ml dan 500 ml, cawan petri, kain saring, pipet, oven, kras porselen. Peralatan yang digunakan dalam pembuatan bioplastik antara lain gelas beaker, kapasitas 500 ml, 200 ml, 100 ml. dan 50 ml, gelas ukur kapasitas 10 ml, water bath dan Stirrer, *drying oven*, termometer, digital balance, cetakan teflon, diameter 15 cm, pipet, stopwatch, *desicator*.

Rancangan Penelitian

Variabel yang divariasikan yaitu suhu gelatinisasi yaitu pada suhu 80, 90, dan 100°C, dan perbandingan massa (m/m) pati singkong terhadap selulosa yaitu 6:4, 7:3, 8:2, 9:1 dan 10:0 berdasarkan berat kering campuran pati-selulosa yaitu 10 gram. Adapun variabel tetapnya adalah: (a) Waktu pengadukan 25 menit dengan kecepatan pengadukan 50 rpm, (b) Suhu pengeringan dalam oven 60 C dan lamanya 24 jam, (c) Total campuran antara pati terhadap selulosa serta gliserol adalah 10 gram. dan konsentrasi larutan 4 g/100 ml, (d) Konsentrasi gliserol adalah 25% dari total berat kering campuran 10 gram, dan e) Larutan selulosa 10% (m/v).

Percobaan menggunakan 2 parameter yaitu temperatur gelatinisasi sebanyak 3 level (T = 80, 90 dan 100°C) dan perbandingan massa antara pati dengan selulosa sebanyak 5 level (6:4, 7:3, 8:2, 9:1 dan 10:0) berdasarkan berat kering dari total campuran pati-selulosa yaitu 10 gram.

Run	Temperatur (°C)	Rasio massa Pati - Selulosa (m/m)
1	80	10:0
2	80	9 : 1
3	80	8:2
4	80	7:3
5	80	6:4
6	90	10:0
7	90	9: 1
8	90	8:2
9	90	7:3
10	90	6:4
11	100	10:0
12	100	9 : 1
13	100	8:2
14	100	7:3
15	100	6:4

Tabel 1. Rancangan percobaan
Prosedur Penelitian

1. Pembuatan tepung singkong

Singkong segar dikupas, dicuci, diparut kasar dengan pamarut manual atau pamarut elektris atau dipotong tipis dengan ketebalan lebih kurang 1-3 mm. Kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari. Bila cuaca cerah pengeringan dapat dilakukan selama 48 jam. Potongan singkong yang telah dikeringkan kemudian dihaluskan dengan alat manual atau dengan penghalus elektris. Setelah itu diayak, sisa pengayakan kemudian dihaluskan kembali dan diayak lagi hingga semua halus. Catatan: dari 1000 gram singkong segar diperoleh 400 gram tepung singkong.

2. Proses isolasi selulosa dari residu rumput laut *Eucheuma spinossum* Ekstraksi (pemasakan) dengan NaOH

Bahan ditimbang sebanyak 30 g kemudian ditempatkan dalam labu leher tiga. Bahan

tadi kemudian dicampur dengan larutan NaOH dengan konsentrasi 40%. Perbandingan bahan dan larutan NaOH yang ditambahkan adalah 1:4. Ekstraksi ini dilakukan pada temperatur 100 °C selama 3 jam. Setelah 3 jam atau proses ekstraksi selesai, selanjutnya dilakukan penyaringan. Residu yang diperoleh kemudian dicuci dengan air sampai pH 11.

Bleaching (pemucatan)

Residu yang dihasilkan tadi selanjutnya ditambahkan larutan hydrogen peroksida (H₂O₂) dan dibiarkan pada suhu kamar selama 3 jam sambil sesekali diaduk. Perbandingan residu dan larutan hydrogen peroksida dengan konsentrasi 6% yang ditambahkan adalah 1:4 (b/v). Selanjutnya dilakukan penyaringan, ambil bagian residu. Residu yang diperoleh dicuci dengan air sampai pH 7.

Pengeringan dan penggilingan

Residu yang diperoleh selanjutnya dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari untuk menghilangkan airnya dan kemudian dikeringkan dengan oven 105 °C sampai diperoleh berat yang konstan. Setelah residu kering selanjutnya dilakukan penggilingan.

3. Pembuatan Bioplastik menurut metode yang dilakukan oleh Weiping Ban (2005)

Menimbang sejumlah massa pati dan selulosa yang diinginkan, (perbandingan massa (m/m) pati singkong terhadap selulosa yaitu 6:4, 7:3, 8:2, 9:1 dan 10:0). Membuat larutan pati serta larutan selulosa melalui penambahan aquades sesuai dengan jumlah volume yang telah dihitung pada gelas ukur yang terpisah, larutan pati pada gelas ukur 500 ml dan larutan selulosa pada gelas ukur 50 ml. Mengukur volume larutan gliserol yaitu 1,98 ml.

Memanaskan *water bath* dan atur temperatur yang akan digunakan (T = 80,90 atau 100°C). Meletakkan gelas ukur 500 ml berisi larutan pati pada *water bath* kemudian hidupkan *stirrer* atau pengaduk.

Menambahkan larutan selulosa ke dalamnya dan aduk (*mix*) selama 25 menit. Setelah 25 menit tambahkan gliserol pada larutan pati - selulosa dan aduk sampai homogen. Setelah homogen, matikan *water bath* dan *stirrer*. Mengeluarkan gelas ukur berisi larutan, kemudian dinginkan sebelum dicetak. Meuangkan larutan (kira-kira sebanyak 50 ml) ke dalam cetakan, kemudian letakkan cetakan ke dalam oven pada T = 60 C selama 24 jam. Setelah dikeringkan dalam oven, lepaskan plastik dari cetakannya. Plastik siap untuk dianalisis.

Analisis Sampel Bioplastik Pengujian Sifat Mekanik

Analisis mekanik dilakukan melalui uji kekuatan tarik. Sampel film plastik diuji sesuai dengan ASTM-D638 yaitu *rectangular cross section* 6 mm, *grip section* 30 mm dan *gauge length* 40 mm. Pengujian dilakukan dengan *cross head speed* 20 mm.min⁻¹. Parameter yang diperoleh dari pengujian tersebut ialah kekuatan tarik (*ultimate tensile strength*) dan persen perpanjangan (*elongation at break*). Kedua parameter tersebut digunakan untuk menghitung modulus elastis (*modulus Young*) sampel film plastik.

Uji Ketahanan air

Prosedur uji ketahanan air pada sampel bioplastik adalah sebagai berikut: Gunakan *digital balance*, ukur berat awal (W₀) sampel berukuran 2 x 2 cm yang akan diuji. Isi tempat cawan petri dengan air aquades. Letakkan sampel plastik pada cawan petri. Setelah 5 menit keluarkan dari cawan petri dan timbang berat sampel (w). Perlakuan ini diulang hingga berat sampel konstan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Data Hasil Penelitian

Run	Kandungan Selulosa (%)	Suhu (°C)	W ₀ (gram)	W (gram)	Water Uptake (%)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)	Modulus Young (MPa)
1	0	80	0.5	85.5	170	3.57	16.75	21.31
2	10	80	0.6	48.6	80	7.2	15.93	45.19
3	20	80	0.7	52.5	74	4.58	17.93	25.54
4	30	80	0.5	47	93	3.95	20.31	19.45
5	40	80	0.6	49.2	81	3.88	19.01	20.41
6	0	90	0.5	88	175	6.26	17.37	36.04
7	10	90	0.8	46.4	57	6.43	18.22	35.29
8	20	90	0.7	23.8	33	10.32	27.91	36.97
9	30	90	0.8	61.6	76	7.51	20.66	36.35
10	40	90	0.5	35.5	70	4.69	18.67	25.12
11	0	100	0.8	96.8	120	4.02	13.12	30.64
12	10	100	0.7	79.8	113	4.22	15.33	27.53
13	20	100	0.7	49.7	70	5.13	15.55	32.99
14	30	100	0.8	48.8	60	4.01	12.25	32.73
15	40	100	0.8	82.4	102	4.12	13.43	30.67

Keterangan :

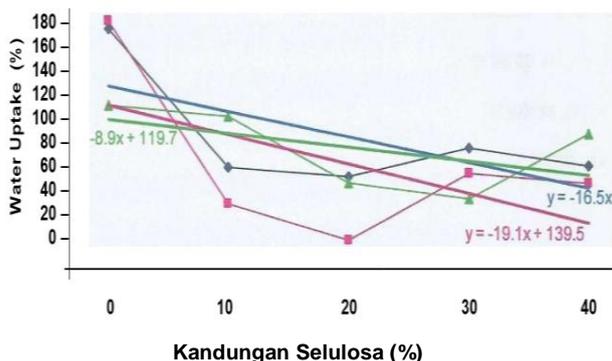
W_G = berat sampel kering

W = berat sampel setelah direndam

Pembahasan

Ketahanan Air Pada Bioplastik

Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 1 maka dapat dibuat grafik pengaruh kandungan selulosa dan temperatur gelatinasi terhadap ketahanan air pada bioplastik sebagai berikut:



Suhu 80 °C (bulat), Suhu 90 °C (kotak), Suhu 100 °C (segitiga)

Gambar 1. Pengaruh Kandungan Selulosa dan Temperatur Gelatinasi Terhadap Ketahanan Air

Tampilan hubungan persen air yang diserap (*water uptake*) terhadap variasi temperatur gelatinasi (80,90 dan 100 °C) dan kandungan selulosa (0,10,20,30 dan 40 %) dapat dilihat pada Gambar 1. Pada

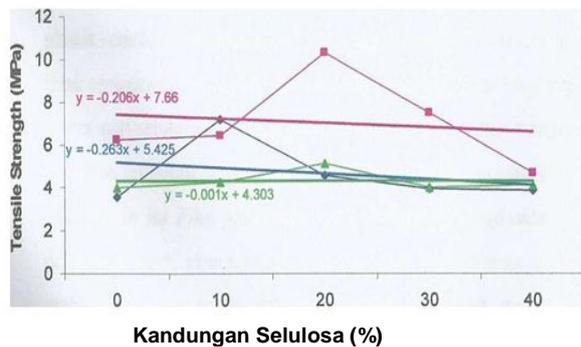
gambar terlihat bahwa penambahan jumlah selulosa pada beberapa variasi mampu meningkatkan ketahanan air pada film plastik, namun penyerapan air kembali meningkat pada kandungan selulosa 30 %. Film plastik dengan ketahanan air terbaik adalah pada film plastik dengan kandungan selulosa 20 % dan temperature gelatinasi 90 °C dimana absorpsi air sebesar 33 %. Sementara itu film plastik yang memiliki sifat ketahanan air paling rendah didapat pada film plastik dengan kandungan selulosa 0 % dan temperature gelatinasi 90 °C. Dari hasil ini dapat terlihat bahwa kombinasi antara selulosa dan pati tapioka pada umumnya mampu meningkatkan ketahanan air bioplastik pada formulasi tertentu, penambahan selulosa residu rumput laut lebih dari 2 gram pada tiap 10 gram campuran pati-selulosa mengakibatkan persen air yang diserap kembali meningkat.

Penambahan selulosa bertujuan untuk mengurangi sifat hidrofilik pati, karena karakteristik selulosa yang tidak larut dalam 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 (Fengel, D and Wegener, G., 1995), termasuk dengan molekul air.

Kekuatan Tarik Pada Bioplastik

Berdasarkan data yang terdapat pada tabel 1 maka dapat dibuat grafik pengaruh kandungan selulosa dan temperatur gelatinasi terhadap kekuatan tarik pada bioplastik sebagai berikut:



Suhu 80 °C (bulat), Suhu 90 °C (kotak), Suhu 100 °C (segitiga)

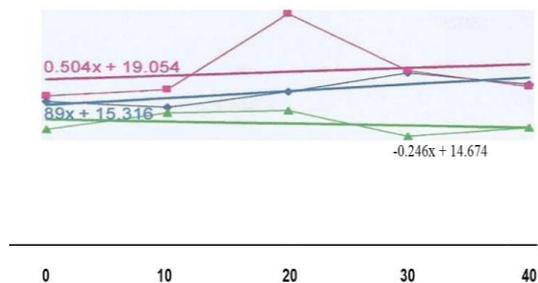
Gambar 2. Pengaruh Kandungan Selulosa dan Temperatur Gelatinasi terhadap Kekuatan Tarik Bioplastik

Tampilan hubungan kekuatan tarik (*Tensile Strength*) terhadap variasi temperatur gelatinasi (80, 90 dan 100°C) dan kandungan selulosa (0,10,20,30 dan 40 %) dapat dilihat pada Gambar 4.2. Pada gambar terlihat bahwa kekuatan tarik terbaik berada pada bioplastik dengan kandungan selulosa 20 % dan temperatur gelatinasi 90°C yaitu sebesar 10,32 MPa. Data hasil uji kekuatan tarik ini menunjukkan bahwa penambahan selulosa mampu meningkatkan kekuatan tarik film plastik pada variasi tertentu.

Selulosa mempunyai rantai polimer yang lurus dan panjang sehingga dapat membuat plastik menjadi lebih kuat. Namun terdapat kemungkinan campuran pati-selulosa ini tidak homogen, hal ini disebabkan oleh proses penggilingan

selulosa residu rumput laut yang tidak sempurna. Penggilingan pada tingkat tertentu dapat meningkatkan kekuatan kekuatan tarik. Tapi penggilingan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan tarik, yang mungkin disebabkan terjadinya disintegrasi serat (Nurminah, 2009). Kadar selulosa yang terlalu banyak akan menyebabkan film plastik semakin tidak homogen. Ketidakhomogenan ini berakibat pada tidak sempurnanya *mending* yang terjadi, sehingga ikatan yang terjadi antara pati-selulosa dan gliserol tidak kuat. Ikatan antar komponen penyusun ini sangat berpengaruh pada kekuatan tarik film plastik.

Selain itu film plastik dari pati singkong menggunakan suhu pemanasan 95°C akan menghasilkan kuat tarik (*tensile strength*) yang maksimum. Peningkatan suhu pemanasan juga akan menurunkan persentase pemanjangan, permeabilitas terhadap uap air dan kekuatan *tarik bioplastik* (Bourtoom, 2007).



Persen Perpanjangan Bioplastik

Berdasarkan data yang terdapat pada tabel 1 maka dapat dibuat grafik pengaruh kandungan selulosa dan temperatur gelatinasi terhadap persen perpanjangan bioplastik sebagai berikut:

Kandungan Selulosa (%)
Suhu 80 °C (bulat), Suhu 90 °C (kotak), Suhu 100 °C (segitiga)

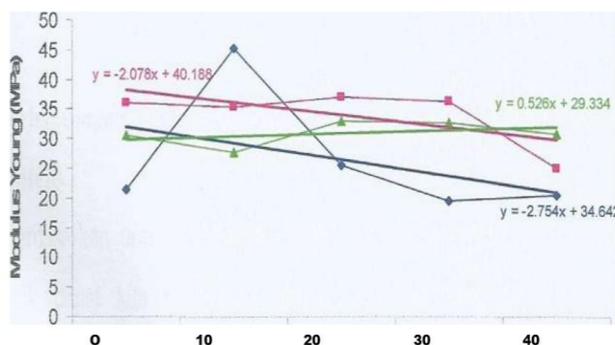
Gambar 3. Pengaruh Kandungan Selulosa dan Temperatur Geiatinasi terhadap Persen Perpanjangan Biopiastik

Tampilan hubungan persen perpanjangan (*Ehnguiion*) terhadap variasi temperatur gelatinasi (80, 90 dan 100°C dan kandungan selulosa (0, 10, 20, 30 dan 40 %) dapat dilihat pada Gambar 3. Pada gambar terlihat bahwa persen perpanjangan terbaik kandungan berada pada bioplastik dengan selulosa 20 % dan temperatur gelatinasi 90°C yaitu sebesar 27,91 %. Data hasil uji persen perpanjangan ini menunjukkan bahwa penambahan selulosa belum mampu meningkatkan *persen* perpanjangan plastik,

Rumput laut memiliki serai selebar 3-7 mikrometer dengan fleksibilitas tinggi, dan mengandung substansi perekat cair. Fleksibilitas selulosa residu rumput laut lebih tinggi jika dibandingkan dengan selulosa berbahan dari kayu. Hal ini terlihat dari rumput laut yang mampu mengalami pembengkakan (*sweing*) yang daun lebih besar daripada kayu jika direndam dalam larutan alkali. Fleksibilitas yang tinggi ini memberikan pengaruh terhadap besarnya perpanjangan bioplastik (Fetjuwaty, 2006). Namun pengaruhnya kurang maksimal karena gliserol sebagai *plastileizer* yang dapat memberikan sifat elastis pada plastik jumlah kandungannya sama maka efeknya pun juga akan sama untuk setiap film plastik.

Modulus Young pada Bioplastik

Berdasarkan data yang terdapat pada tabel 1 maka dapat dibuat grafik pengaruh kandungan selulosa dan temperatur gelatinasi terhadap modulus young pada bioplastik sebagai berikut:



Kandungan Selulosa (%)
Suhu 80 °C (bulat), Suhu 90 °C (kotak), Suhu 100 °C (segitiga)

Gambar 4. Pengaruh Kandungan Selulosa dan Temperatur Gelatinasi Terhadap Kekuatan Tarik Bioplastik

Tampilan hubungan modulus young terhadap variasi temperatur gelatinasi (80, 90 dan 100°C) dan kandungan selulosa (0,10,20,30 dan 40%) dapat dilihat pada Gambar 4. Pada gambar terlihat bahwa modulus young terbaik berada pada bioplastik dengan kandungan selulosa 10 % dan temperatur gelatinasi 80°C yaitu sebesar 45.19 MPa. Data hasil uji modulus young ini menunjukkan bahwa penambahan selulosa belum mampu meningkatkan modulus young film plastik.

Pati singkong mengandung 83 % amilopektin yang sifat dasarnya elastis. Pada plastik dengan bahan baku pati murni, nilai Modulus Young sangat kecil, yang berarti plastik tersebut sangat elastis. Namun ketika kandungan selulosa 10 % dan temperatur gelatinasi 80°C, nilai Modulus Young mencapai angka yang tertinggi, yang berarti plastik tersebut lebih kaku. Hal ini disebabkan karena meskipun selulosa residu rumput laut memiliki tingkat fleksibilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan selulosa berbahan baku kayu namun sifat elastisitasnya tidak lebih baik daripada pati tapioka yang mengandung banyak amilopektin. Perbandingan Sifat Fisik Dan Mekanik Bioplastik Dengan Plastik Sintetis. Berdasarkan uraian di atas dan hasil analisa sifat mekanik dan fisik bioplastik dapat kita bandingkan dengan sifat mekanik dan fisik dari polipropilen sebagai berikut:

Tabel 2. Perbandingan Sifat Fisik Dan Mekanik Plastik

No.	Sifat Mekanik dan Fisik	Polipropilen	Bioplastik
1	Tensile Strength (Mpa)	24.7-302	10.32
2	Modulus Young (MPa)	1430	36.97
3	Elongation (%)	21-220	27.91

4	Water Uptake (%)	0.01	33
---	------------------	------	----

Sumber: www.boedeker.com

Berdasarkan perbandingan sifat fisik dan mekanik bioplastik dengan plastik sintetis yaitu propilen terlihat bahwa bioplastik yang telah dihasilkan masih jauh dari sifat mekanik yang dimiliki plastik sintetis yaitu polipropilen tetapi memiliki kelebihan dapat terurai dengan cepat karena menggunakan pati sebagai bahan utamanya

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Semakin banyak selulosa yang digunakan dapat meningkatkan ketahanan air pada bioplastik karena selulosa memiliki sifat yang tidak mudah larut dalam air.

Kandungan selulosa didalam bioplastik tidak dapat meningkatkan persen perpanjangan pada bioplastik.

Tingkat ketahanan air dan sifat fisik terbaik terdapat pada formulasi pati-selulosa 8:2 dan temperature gelatinasi 90°C dengan nilai penyerapan air sebesar 33 %, Tensile Strength 10.32 MPa, persen perpanjangan 27.91 % dan modulus young 36.97 MPa.

Bioplastik yang telah dihasilkan masih jauh dari sifat mekanik yang dimiliki plastik sintetis yaitu polipropilen tetapi memiliki kelebihan dapat terurai dengan cepat karena menggunakan pati sebagai bahan utamanya.

Saran

Dalam proses penggilingan selulosa residu rumput laut sebaiknya dilakukan dengan penggilingan listrik agar didapatkan selulosa yang homogen.

Untuk mencapai *blending* yang homogen sebaiknya menggunakan kecepatan pengaduk yang konstan.

Setelah proses pembuatan larutan bioplastik disarankan untuk

menghilangkan/ memecahkan gelembung-gelembung udara yang terbentuk selama proses pembuatan agar didapatkan hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

Averous, Luc. 2004. *Biodegradable Multiphase Systems Based on Plasticized Starch: A Review.*, Journal of Macromolecular Science, United Kingdom

Bourtoom, T. 2007. *Effect of Some Process Parameters on The Properties of Edible Film Prepared From Starch.* Department of Material Product Technology, Songkhla. Dikutip dari: <http://vishnu.sut.ac.th/iat/foodinnovation/up/rice%20starch%20film.doc> (diunduh tanggal 16 April 2012)

Fengel, D and Wegener, G. 1984. *Wood, Chemistry, Ultrastructure, Reaction.* Walter de Gruyter. New York.

Fetjuwaty, J. 2008. *Hutan, Kertas dan Alga Merah*, www.kabarindonesia.com. (Diunduh tanggal 20 Juli 2012)

Nurminah, M. 2009. *Penelitian Sifat Berbagai Bahan Kemasan Plastik dan Kertas Serta Pengaruhnya Terhadap Bahan Yang Dikemas.* Fakultas Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian. Universitas Sumatera Utara