

Studi Karakteristik Sifat Mekanik Bioplastik Berbahan Pati - Selulosa Kulit Siwalan (*Borassus flabellifer*)

Sandra Malin Sutan*, Dewi Maya Maharani, Fitria Febriari

Jurusan Keteknikaan Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145

*Penulis Korespondensi, Email: sandra.msutan@ub.ac.id

ABSTRAK

Sampah plastik merupakan salah satu permasalahan yang masih terus menjadi fokus dunia karena memiliki dampak yang serius bagi lingkungan dan kesehatan. Hal ini berkaitan dengan penggunaan plastik konvensional yang merupakan polimer sintesis tidak dapat diuraikan secara alami oleh mikroba di dalam tanah. Berbagai upaya telah dilakukan salah satunya menggunakan dan mensosialisasikan penggunaan plastik yang bersifat biodegradable. Penelitian ini bertujuan untuk mencari formulasi proporsi pati kulit singkong-serat sabut siwalan dengan sifat mekanik dan ketahanan air terbaik. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima variasi perlakuan perbandingan massa pati-serat yaitu 10:0, 9:1, 8:2, 7:3, dan 6:4. Data hasil pengamatan dianalisa dengan menggunakan analisis variansi (ANOVA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tarik tertinggi diperoleh pada perlakuan 10% yaitu sebesar 2.094 MPa. Nilai elongasi tertinggi diperoleh pada perlakuan 0% yaitu sebesar 30.556%. Nilai modulus elastisitas tertinggi diperoleh pada perlakuan 40% yaitu sebesar 10.20049 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada perlakuan 30% yaitu sebesar 0.73 kgf/cm². Ketahanan air bioplastik semakin baik seiring dengan penambahan serat sabut siwalan yang semakin banyak dengan nilai daya serap air terkecil yaitu 23.589% yang diperoleh pada perlakuan 30%. Selanjutnya analisis FTIR menunjukkan bahwa bioplastik yang dihasilkan dapat terdegradasi dan proses blending yang terjadi pada proses pembuatan bioplastik terjadi secara fisika.

Kata kunci: *biokomposit, kulit singkong, plastik biodegradable, sabut siwalan*

Mechanical Properties Study of Bioplastic Made of Cassava Starch - Siwalan Coir Fiber (*Borassus flabellifer*)

ABSTRACT

Plastic waste is one of the problems that continues to be the focus of the world because it has a serious impact on the environment and health. This is related to the use of conventional plastics which are synthetic polymers can not be decomposed naturally by microbes in the soil. Various efforts have been made one of them using and socializing the use of plastic that is biodegradable. This study aims to find the formulation of proportion of cassava starch-fiber husk fiber with the best mechanical properties and water resistance. This study used a Completely Randomized Design (RAL) with five variations of starch-fiber mass ratio treatment of 10: 0, 9: 1, 8: 2, 7: 3, and 6: 4. The observed data were analyzed by using variance analysis (ANOVA). The results showed that the highest value of tensile strength was obtained at the treatment of 0% of 2.094 MPa. The highest elongation value obtained at the treatment 0% that is 30.556%. The highest elasticity modulus value was obtained at 40% treatment is 10.20049 MPa. While the value of the highest compressive strength obtained at 30% treatment that is equal to 0.73 kgf/cm². Water resistance of bioplastics is getting better along with the addition of fiber siwalan more and more with the smallest water absorption value of 23.589% obtained at 30% treatment. Furthermore, FTIR analysis shows that the bioplastics produced can be degraded and the blending process occurring in the bioplastic manufacturing process occurs physically.

Keywords: *biocomposite, cassava leather, biodegradable plastic, siwalan fiber*

PENDAHULUAN

Penggunaan dan penelitian mengenai plastik biodegradable telah banyak dilakukan terutama di negara maju seperti Jepang, Eropa dan Amerika Serikat telah mencapai tahap aplikasi pada skala industri. Namun karena harganya yang relatif lebih mahal mencapai dua hingga empat kali lipat jika dibandingkan dengan plastik konvensional, maka saat ini perusahaan di negara tersebut hanya memproduksi plastik biodegradable untuk keperluan khusus, seperti untuk bidang medis, pembuatan film mulsa plastik untuk pertanian, dll (Song et al., 2009). Dengan demikian, secara teknologi plastik biodegradable telah berhasil membantu mengatasi masalah lingkungan yang diakibatkan oleh resistensi plastik konvensional terhadap degradasi, namun dalam skala industri masih belum dapat diterima secara ekonomis oleh pasar. Oleh karena itu penelitian untuk mencari alternatif lain agar plastik dapat terdegradasi masih harus terus dilakukan.

Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk membuat plastik biodegradable atau bioplastik dari beberapa polimer alami, seperti protein, pati, dan bakteri. Penggunaan pati sebagai bahan utama pembuatan bioplastik memiliki potensi besar karena di Indonesia khususnya, terdapat berbagai tanaman penghasil pati. Namun penggunaan pati sebagai bahan baku utama pembuatan bioplastik menimbulkan masalah baru yaitu, pati selain dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik, juga berfungsi sebagai sumber pangan bagi manusia. Selain itu, kekurangan lain yang terdapat pada bioplastik berbahan pati adalah rendahnya kekuatan mekanik serta bersifat hidrofilik atau suka terhadap air. Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan ini diperlukan adanya alternatif sumberdaya baru yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik yang tersedia melimpah di alam serta dapat terurai dengan cepat, namun yang bukan digunakan sebagai bahan pangan sebagai contohnya selulosa. Selulosa merupakan jenis molekul yang paling banyak ditemukan didunia, seperti pada limbah pertanian. Kelebihan dari penggunaan selulosa yaitu memiliki nilai kekuatan tensile strength yang baik.

Pati dan selulosa banyak ditemukan pada limbah pertanian, seperti pada kulit singkong dan sabut siwalan. Kulit umbi singkong yang diperoleh dari produk tanaman singkong (*Manihot esculenta cranz*) merupakan limbah utama pangan di beberapa negara seperti Indonesia. Setiap satu kilogram singkong biasanya dapat menghasilkan 15- 20% kulit umbi. Kandungan pati pada kulit singkong yaitu sebesar 44 - 59% (Aripin et al., 2017).

Sabut siwalan merupakan limbah pertanian yang mengandung selulosa, hemiselulosa, lignin, karbohidrat, air serta abu. Komposisi dari serat sabut kering mengandung selulosa sebesar 88.8% (Sitorus, 2014). Berdasarkan data tersebut, sangat mungkin jika kulit singkong dan serat sabut siwalan digunakan sebagai bahan pembuatan film plastik biodegradable. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan formulasi bioplastik dengan sifat mekanik terbaik, daya serap air, dan analisis gugus fungsi dari proses pencampuran antara pati dan serat siwalan.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *hot plate stirrer*, waterbath, neraca analitik, ayakan 100 mesh, cetakan kaca ukuran 10 cm x 15 cm, oven, *grinding mill*, blender, *laboratory glassware* (pipet tetes, pipet volume, erlenmeyer, gelas ukur, spatula, dan *beaker glass*), dan kain saring. Bahan-bahan yang digunakan adalah kulit singkong dan sabut kulit siwalan, gliserol, sodium chlorite (NaOCl), asam asetat (CH₃COOH) 1%, sodium hydroxide (NaOH), dan aquades.

Metode Penelitian

Proses penelitian dilakukan melalui beberapa tahap: penyiapan serat sabut siwalan, penyiapan pati kulit singkong, tahap pembuatan bioplastic, pengujian sifat mekanik, pengujian ketahanan air / hidrofobisitas, dan analisis gugus fungsi. Secara umum, diagram alir penelitian ditampilkan dalam Gambar 1.

Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimental yang memanfaatkan pati kulit singkong dan serat sabut siwalan (*borassus flabellifer*) sebagai bahan pembuatan bioplastik untuk kemudian diamati pengaruh formulasi proporsi pati-serat sabut siwalan terhadap sifat mekanik dan ketahanan air bahan bioplastik yang dihasilkan. Pembuatan bioplastik ini dilakukan dengan metode *melt interaction*. Data dianalisis secara kuantitatif untuk mengetahui pengaruh proporsi pati-serat sabut siwalan serta terhadap sifat mekanik dan ketahanan air bahan bioplastik yang dihasilkan.

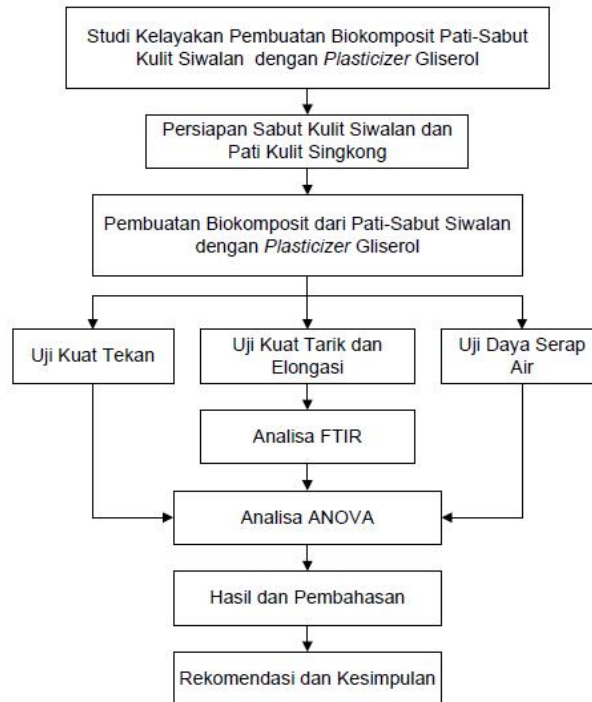
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 taraf. Variabel yang divariasikan tersebut yaitu perbandingan massa (m/m) pati kulit singkong terhadap serat sabut siwalan yaitu 10:0, 9:1, 8:2, 7:3, dan 6:4 berdasarkan berat kering campuran pati-serat sabut siwalan yaitu 10 gram yang mengacu pada penelitian Sulistyono dan Ismiyati (2012). Adapun variabel tetapnya adalah sebagai berikut, penambahan gliserol sebagai agen pemlastis sebanyak 4 ml, penambahan asam asetat sebanyak 2 ml, serta penambahan aquades sebanyak 100 ml. Persentase perbandingan massa pati kulit singkong terhadap serat sabut siwalan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Perbandingan Pati-Serat

Perlakuan	Pati	Serat
M0	100%	0%
M1	90%	10%
M2	80%	20%
M3	70%	30%
M4	60%	40%

Variasi perlakuan diatas kemudian akan diulang sebanyak 3 kali. Data hasil penelitian yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan Analisis Variansi (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji BNT 5%. Bioplastik dari variasi perlakuan diatas kemudian dilakukan pengujian sifat mekanik dengan mengukur kuat tarik dan elongasi serta ketahanan air dari setiap kombinasi perlakuan yang ada. Selanjutnya hasil uji kuat tarik dengan nilai tertinggi dilanjutkan analisa gugus fungsi FT-IR. Analisa dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbandingan massa pati-serat sabut siwalan terhadap sifat mekanik dan ketahanan air bioplastik terbaik.

Berikutnya efek dari masing-masing perlakuan (main effect) dan interaksi antara faktor-faktor tersebut dapat diperoleh dan diketahui melalui analisa secara kualitatif menggunakan Analisis Variansi(ANOVA). Selanjutnya metode pengambilan keputusan perlakuan terbaik didasarkan pada perlakuan yang berpengaruh dan berbeda (uji BNT5%) terhadap nilai parameter yang diuji kemudian apabila terdapat lebih dari satu perlakuan yang memenuhi syarat tersebut kemudian diambil nilai yang paling tinggi. Namun untuk parameter daya serap air akan diambil nilai yang paling kecil karena kaitannya dengan sifat bioplastik yang apabila nilai ketahanan airnya lebih kecil artinya lebih baik.



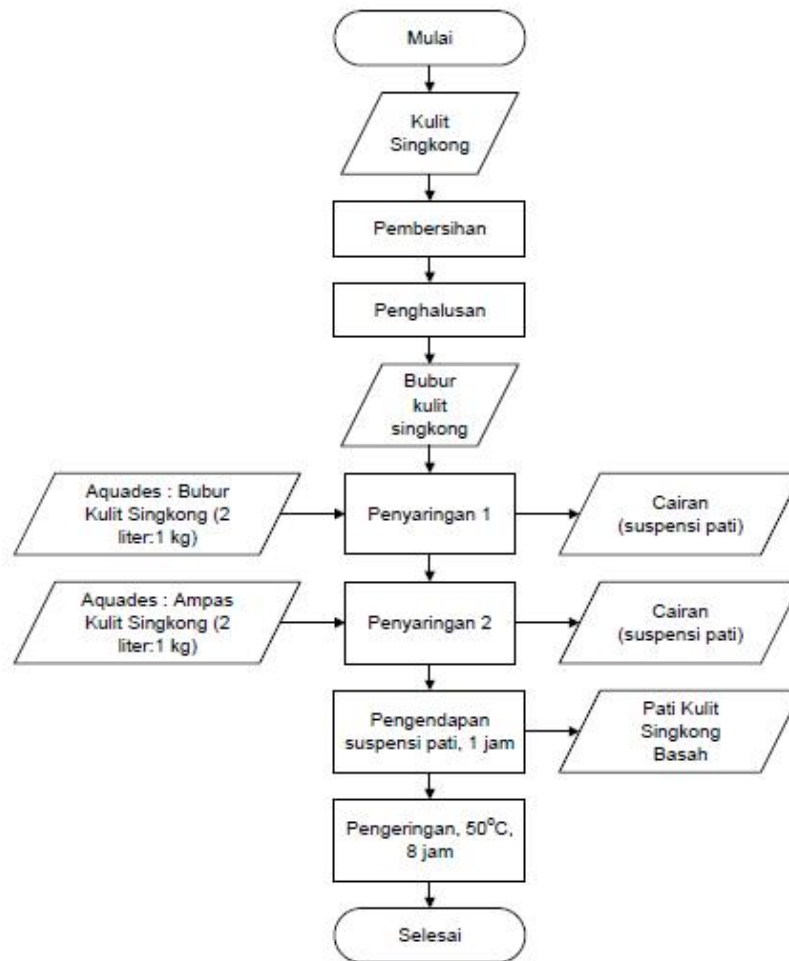
Gambar 1. Diagram alir penelitian

Penyiapan serat sabut siwalan

Tahap pertama yang dilakukan adalah memisahkan serat atau sabut dari kulit siwalan. Sabut siwalan kemudian dicuci dengan air lalu dikeringkan dibawah sinar matahari selama ± 5 hari. Kemudian dilakukan *size reduction* menggunakan *grinding mill* dengan kecepatan 1200 rpm dan diayak menggunakan ayakan berukuran 100 mesh. Penggilingan serat kulit siwalan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan karena sifat fisik dari sabut kulit siwalan yang keras sehingga sulit hancur. Selanjutnya pemilihan ayakan 100 mesh bertujuan agar diperoleh serbuk sabut siwalan yang halus sehingga pada saat proses pembuatan bioplastik (*blending*), serat sabut siwalan dan bahan lainnya dapat bercampur dengan sempurna. Silica gel diberikan untuk mencegah kelembapan selama penyimpanan serbuk sabut siwalan tersebut.

Proses selanjutnya ialah isolasi serat sabut siwalan dari pengotornya. Serbuk sabut siwalan ditimbang sebanyak 80 gram kemudian ditempatkan dalam *beaker glass* 1000 ml. Serbuk sabut siwalan kemudian dicampur dengan larutan NaOH 10%. Konsentrasi NaOH yang digunakan sebesar 10% ini karena *selulose alpha* dapat larut dalam larutan natrium hidroksida 10% dengan suhu diatas 20°C (Dewati, 2010). Sehingga diharapkan pengotor pada serat sabut siwalan ikut larut dalam larutan natrium hidroksida dan terbuang bersama dengan larutan perlakuan tersebut. Perbandingan serbuk sabut siwalan dan larutan NaOH yang ditambahkan adalah 1:10. Proses ini dilakukan pada temperatur 50°C selama 60 menit dengan pengadukan terus menerus. Setelah itu dilakukan penyaringan. Residu yang diperoleh kemudian dicuci dengan aquades sampai pH 11.

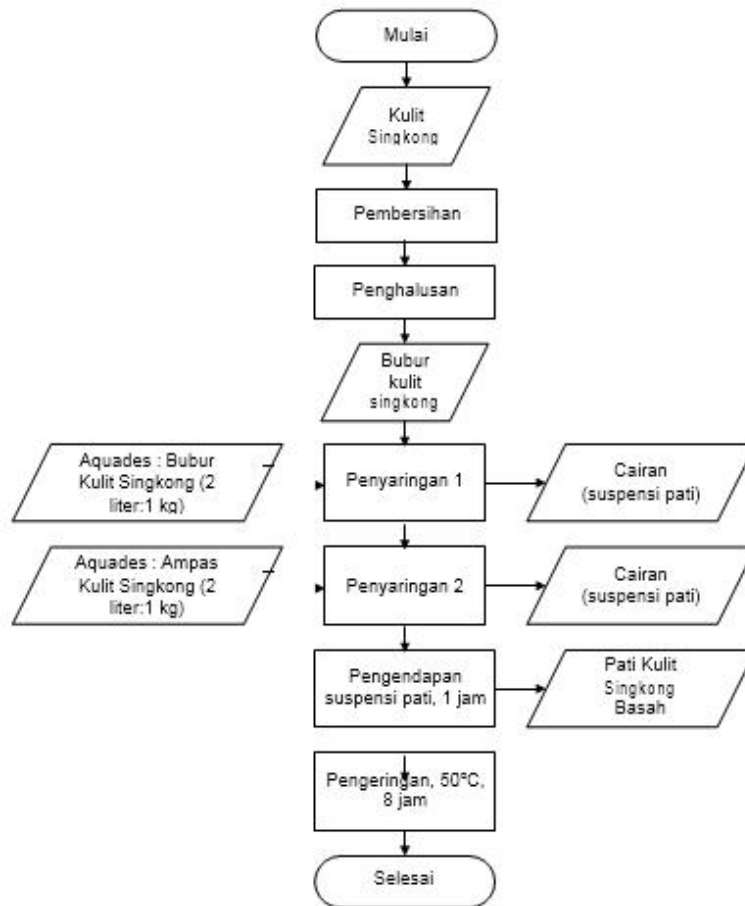
Residu yang dihasilkan dari proses sebelumnya kemudian dicampur larutan NaOCl 3% untuk proses *bleaching* atau pemucatan. *Bleaching* dilakukan pada suhu 100°C selama 30 menit. Setelah itu bahan disaring dan dicuci dengan aquades hingga pH 7. Setelah proses *bleaching*, serat kulit siwalan kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C selama ± 6 jam atau hingga beratnya konstan. Hasil dari tahapan diatas berupa serat sabut siwalan yang kemudian diolah menjadi bioplastik. Prosedur isolasi serat kulit siwalan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penyiapan serat sabut siwalan

Persiapan Pati Kulit Singkong

Proses ini dimulai dari pemisahan pati kulit singkong dengan ampasnya yaitu dengan cara mengekstraksi pati. Pengambilan kandungan pati dari kuit singkong dapat dilakukan dengan mencuci kulit singkong kemudian dihaluskan dengan blender hingga halus. Setelah halus ditambahkan air pada bahan dengan perbandingan 1 kg bahan: 2 liter air. Melakukan penyaringan menggunakan kain saring sampai diperoleh ampas dan cairan (suspensi pati), setelah itu mengekstraksi kembali ampas yang diperoleh dari proses penyaringan dengan penambahan air (1 kg ampas: 2 liter air), kemudian menyaring kembali untuk mendapatkan pati. Mencampurkan cairan pati yang diperoleh dari penyaringan pertama dan kedua dan mengendapkannya selama 1 jam, kemudian air hasil pengendapan dibuang sehingga diperoleh pati basah. Tahap terakhir yaitu mengeringkan patipada suhu 50°C selama 8 jam. Hasil dari tahapan di atas berupa serbuk atau tepung pati kulit singkong yang kemudian dicampur dengan serat kulit siwalan dan diolah menjadi bioplastik. Prosedur ekstraksi pati kulit singkong ditunjukkan pada Gambar 3.



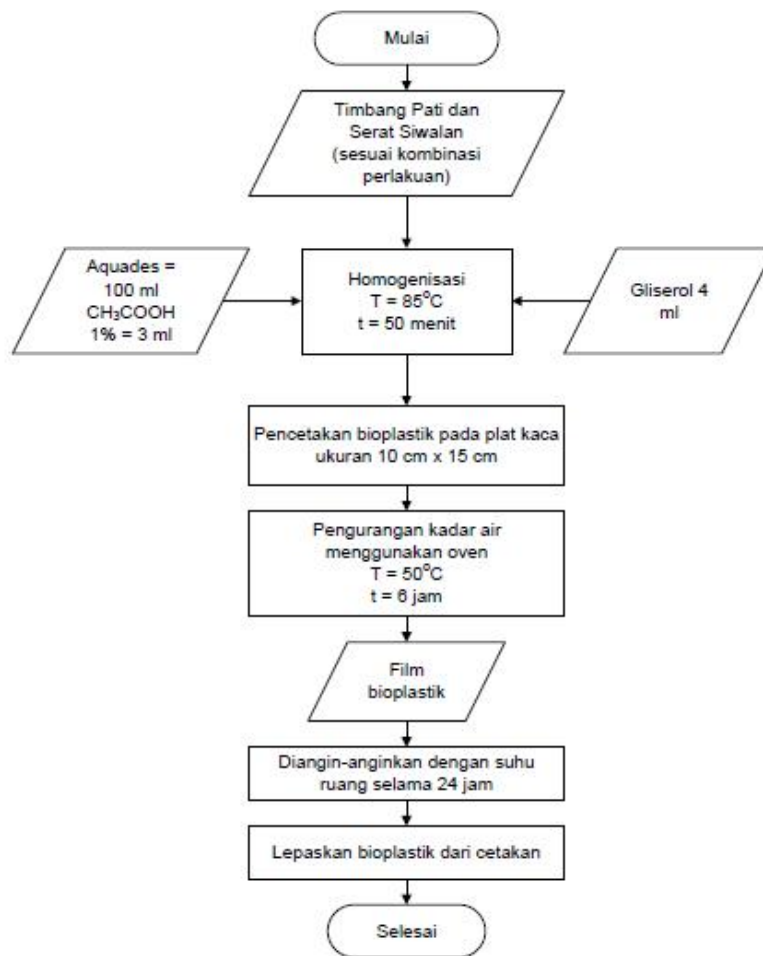
Gambar 3 Diagram Alir Proses Ekstraksi Pati Kulit Singkong

Proses Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik dilakukan dengan metode *melt interaction* yaitu menggunakan hot *plate stirrer*. Tahap pertama, pati dan sabut kulit siwalan ditimbang yang disesuaikan dengan perlakuan yang diinginkan. Beaker glass 100 ml diisi dengan aquades sebanyak 100 ml. Selanjutnya siapkan 2 buah gelas ukur 5 ml, kemudian takar asam asetat 1% dan gliserol sebanyak 3 ml dan 4 ml ke dalam masing-masing beaker glass. Tambahkan aquades sampai kedua gelas ukur tersebut penuh lalu larutan tersebut diaduk menggunakan spatula kaca. Tujuan perlakuan ini ialah untuk melarutkan gliserol dan asam asetat 1% ke dalam aquades sebelum dicampurkan dengan pati dan serat siwalan.

Tahap kedua, masukkan pati dan serat yang telah ditimbang ke dalam beaker glass 250 ml lalu tambahkan sisa aquades di beaker glass 100 ml dan aduk hingga tercampur semua. Tambahkan larutan asam asetat 1% dan gliserol yang telah dibuat sebelumnya ke dalam larutan pati dan serat lalu aduk hingga tercampur semua. Semua bahan yang telah disiapkan kemudian dipanaskan menggunakan hot plate stirrer dan dilakukan pengadukan dengan spatula kaca hingga adonan mengental dan berwarna mengkilap. Suhu yang digunakan sebesar 85°C selama 50 menit.

Tahap ketiga adalah pencetakan adonan bioplastik pada plat kaca berukuran 10 cm x 15 cm dengan ketebalan 3 mm secara merata. Selanjutnya dilakukan pengeringan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 8 jam untuk mengurangi kadar air. Setelah kering selanjutnya bioplastik diangin-anginkan dalam kondisi suhu ruang selama ± 24 jam hingga bioplastik bisa dilepaskan dari cetakan. Prosedur pembuatan bioplastik ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 4. Diagram Alir Proses Pembuatan Bioplastik

Pengujian Sifat Mekanik

Bioplastik yang telah kering, kemudian dilakukan pengujian sifat mekanik untuk setiap kombinasi perlakuan. Analisis mekanik dilakukan melalui uji kekuatan tarik dan perpanjangan. Sampel film bioplastik 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 bioplastik.



Gambar 5. Uji Kuat Tarik (a) Standar Bentuk Pengujian Kuat Tarik (mm) dan (b) Proses Pengujian Bioplastik

Pengujian Ketahanan Air / Hidrofobisitas

Prosedur pengujian daya serap air yaitu bioplastik dipotong dengan ukuran 2 cm x 2 cm, kemudian ditimbang dengan neraca analitik untuk mengetahui berat awal bioplastik, selanjutnya bioplastik dimasukkan kedalam beaker glass 100 ml yang telah diisi akuades sebanyak 20 ml, kemudian didiamkan dalam suhu ruang selama 24 jam. Setelah 24 jam didiamkan kemudian bioplastik dikeluarkan dari beaker glass lalu timbang massanya sebagai massa akhir. Air yang diserap oleh sampel dihitung melalui persamaan:

$$\text{Daya Serap Air (\%)} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

W_0 = berat sampel kering
 W = berat sampel basah

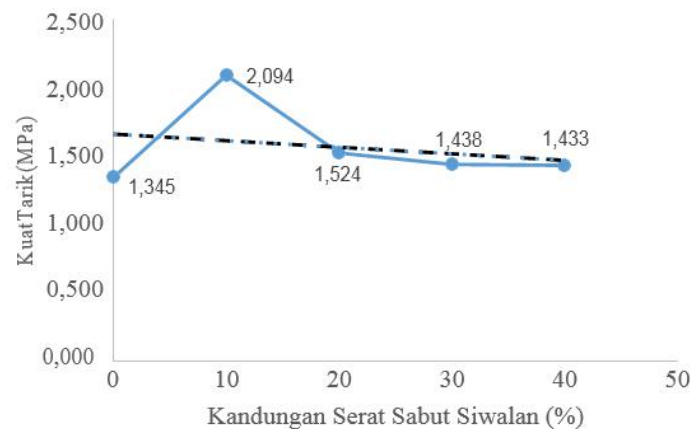
Analisis Gugus Fungsi

Analisis gugus fungsi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) bertujuan untuk mengetahui proses yang terjadi pada pencampuran apakah secara fisik atau kimia. Sampel ditempatkan ke dalam set holder, kemudian dicari spektrum yang sesuai. Hasilnya akan didapatkan difraktogram hubungan antara bilangan gelombang dengan intensitas. Spektrum FTIR direkam menggunakan spektrofotometer pada suhu ruang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kuat Tarik

Nilai kuat tarik bioplastik tanpa ditambahkan serat memiliki nilai yang lebih kecil jika dibandingkan dengan bioplastik yang diberi serat. Berdasarkan analisa sidik ragam dapat diketahui bahwa perlakuan penambahan serat dengan kadar 10% hingga kadar 40% tidak memberikan pengaruh terhadap nilai kuat tarik bioplastik yang dihasilkan. Hal ini dibuktikan dengan nilai F hitung (1.758) yang diperoleh dari perhitungan nilainya lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai F tabel 5% (3.48). Kondisi tersebut dapat disebabkan oleh ketebalan dari bioplastik yang dihasilkan tidak seragam pada tiap ulangan untuk setiap taraf perlakuan yang diberikan sehingga akan mempengaruhi nilai rata-rata hasil uji pada setiap perlakuan. Hubungan kandungan serat sabut siwalan dengan kuat tarik ditampilkan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan Kandungan Serat Sabut Siwalan dengan Kuat Tarik

Hasil pengujian terlihat bahwa penambahan serat sabut siwalan dengan massa yang semakin banyak menyebabkan nilai kuat tarik bioplastik menurun. Hal ini dapat disebabkan oleh serat sabut siwalan yang ditambahkan memiliki ukuran yang berbeda. Walaupun pada proses persiapan bahan telah dilakukan penyeragaman ukuran serat dengan cara diayak dengan ayakan 100 mesh namun karena bentuk fisik serat sabut siwalan yang keras, kaku, dan panjang memungkinkan serat dengan bentuk memanjang lolos pada saat diayak seperti pada Gambar 7. Serat dengan ukuran berbeda ini menyebabkan persebarannya didalam matriks kurang merata sehingga komponen penyusun bioplastik menjadi tidak bercampur dengan sempurna atau tidak homogen sehingga ikatan antar komponen penyusun bioplastik kurang kuat dan nilai kuat tariknya menurun.



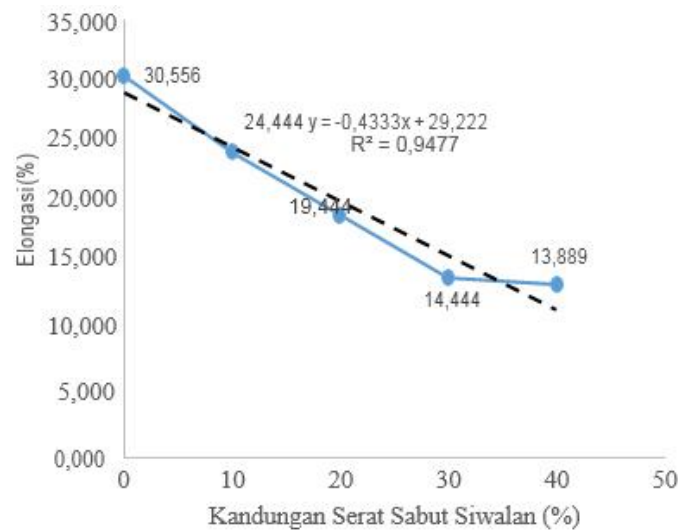
Gambar 7. Serbuk Serat Sabut Siwalan Ukuran 100 mesh

Hasil penelitian ini berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Darni et al. (2009) yang membuat bioplastik dari pati tapioka dengan selulosa sebagai penguat dan gliserol sebagai plasticizer. Hasil uji kuat tarik bioplastik yang dihasilkan menunjukkan adanya kenaikan seiring dengan banyaknya selulosa yang ditambahkan. Penelitian Marbun (2012) juga menghasilkan nilai kuat tarik semakin meningkat seiring dengan penambahan selulosa yang semakin banyak pada bioplastik. Namun hasil yang sama dengan penelitian ini dilakukan oleh Ismiyati dan Sulistiyo (2012) yang membuat bioplastik dari pati singkong dengan penguat selulosa dari isolasi residu rumput laut *Encheuma spinosum* yang ditambahkan plasticizer gliserol dengan suhu gelatinisasi terbaik sebesar 90°C. Bioplastik yang dihasilkan memiliki nilai kuat tarik yang mengalami penurunan karena penambahan selulosa yang semakin banyak.

Analisis Persen Perpanjangan (Elongation)

Data hasil pengujian elongasi bioplastik dengan variasi penambahan serat sabut siwalan dapat dilihat pada Gambar 8. Nilai elongasi bioplastik tanpa ditambahkan serat memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan bioplastik yang diberi serat. Berdasarkan analisa sidik ragam dapat diketahui bahwa perlakuan penambahan serat dengan kadar 10% hingga

kadar 40% memberikan pengaruh terhadap nilai elongasi bioplastik yang dihasilkan. Hal ini dibuktikan dengan nilai F hitung (27.672) yang diperoleh dari perhitungan nilainya lebih besar jika dibandingkan dengan nilai F tabel 5% (3.48).



Gambar 8. Hubungan Kandungan Serat Sabut Siwalan dengan Elongasi

Berdasarkan perhitungan sidik ragam diketahui bahwa perlakuan penambahan serat sabut siwalan memberikan pengaruh terhadap nilai elongasi bioplastik. Uji lanjut BNT 5% kemudian dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari setiap perlakuan yang diberikan seperti pada Tabel 2.

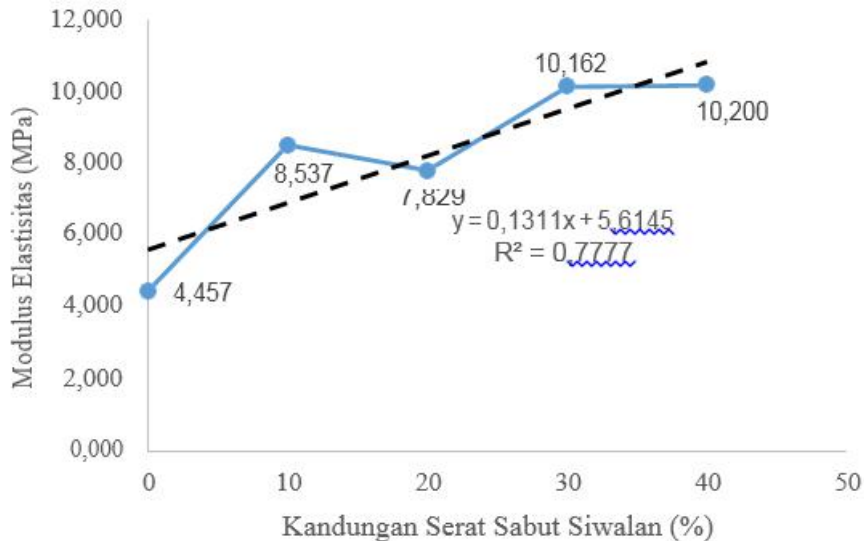
Tabel 2. 1 Uji BNT 5% Elongasi

Perlakuan	Rata-Rata	Nilai BNT 5%	Notasi BNT 5%
40%	24.444	18.660	a
30%	30.556	18.105	a
20%	19.444	23.660	b
10%	14.444	28.660	c
0%	13.889	34.771	d

Penambahan serat sabut siwalan pada perlakuan 30% menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan 40% tapi berbeda nyata dengan perlakuan 20%, 10%, dan 0%. Berdasarkan analisa diperoleh hasil bahwa penambahan serat sabut siwalan memiliki pengaruh yang berbeda nyata pada 4 perlakuan yang diberikan dan hanya 1 perlakuan yang tidak berbeda nyata dengan yang lainnya. Penambahan serat sabut siwalan yang semakin banyak mengakibatkan nilai elongasi bioplastik yang dihasilkan semakin kecil atau menurun. Hal ini karena bioplastik yang ditambahkan serat sabut siwalan dengan massa yang semakin banyak menghasilkan bioplastik dengan sifat yang keras dan kaku sesuai dengan sifat dari serat sabut siwalan, sehingga nilai elongasi atau elastisitas bioplastik semakin menurun atau semakin kecil. Sifat fisik dari serat sabut siwalan yang kuat dan keras yang menjadikan bioplastik yang dihasilkan menjadi kaku (Sitorus, 2014). Selain itu penambahan gliserol dengan tujuan untuk meningkatkan elastisitas dari bioplastik diberikan dengan volume yang sama pada setiap perlakuan sehingga pengaruhnya pun sama pada setiap bioplastik yang dihasilkan.

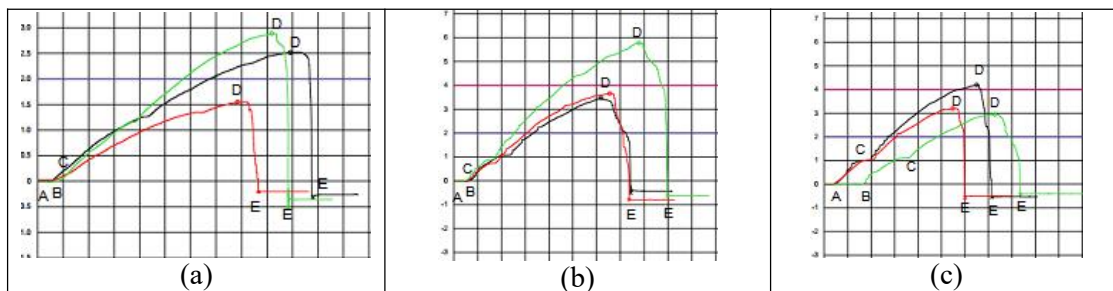
Analisis Modulus Elastisitas

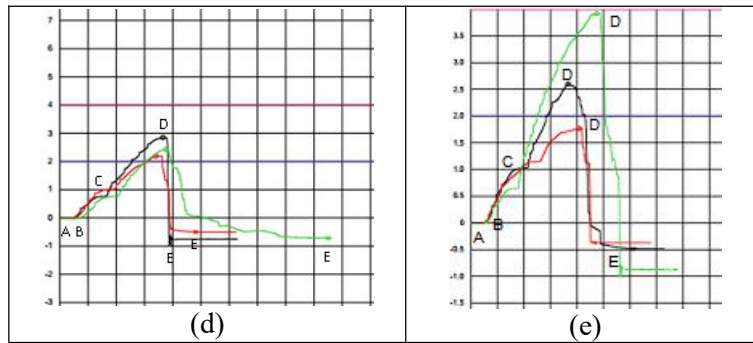
Nilai modulus elastisitas bioplastik tanpa ditambahkan serat memiliki nilai yang lebih kecil jika dibandingkan dengan bioplastik yang diberi serat. Berdasarkan analisa sidik ragam dapat diketahui bahwa perlakuan penambahan serat dengan kadar 10% hingga kadar 40% memberikan tidak berpengaruh terhadap nilai modulus elastisitas bioplastik yang dihasilkan. Hal ini dibuktikan dengan nilai nilai F hitung (2.689) yang diperoleh nilainya lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai F tabel 5% (3.48). Nilai modulus elastisitas yang disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 9.



Gambar 9. Hubungan Kadungan Serat Sabut Siwalan dengan Modulus Elastisitas

Nilai kuat tarik yang diperoleh memiliki nilai yang tidak berbeda signifikan antar perlakuan dengan nilai paling kecil pada perlakuan 0% sebesar 1.345 MPa dan nilai terbesar pada perlakuan 10% sebesar 2.094 MPa. Kemudian nilai elongasi menunjukkan hasil yang apabila penambahan serat semakin banyak justru nilai elongasinya menurun. Sehingga dengan nilai kuat tarik yang tidak berbeda signifikan dibandingkan dengan nilai elongasi yang semakin kecil kemudian diperoleh nilai modulus elastisitas paling besar pada perlakuan 40% karena nilai pembagiannya atau nilai elongasinya paling kecil. Selain itu, faktor lain yang mungkin mempengaruhi nilai modulus elastisitas yaitu karena komposisi dalam pembuatan bioplastik adalah pati kulit singkong yang mengandung 83% amilopektin yang sifat dasarnya elastis (Ismiyati dan Sulistiyo, 2012). Sehingga bioplastik dengan bahan baku pati tanpa ditambahkan serat atau perlakuan 0% memiliki nilai modulus elastisitas paling kecil yang berarti plastik tersebut sangat elastis. Sedangkan bioplastik berbahan pati dengan penambahan serat sebanyak 40% memiliki nilai modulus elastisitas paling besar yang artinya bioplastik yang dihasilkan lebih kaku.



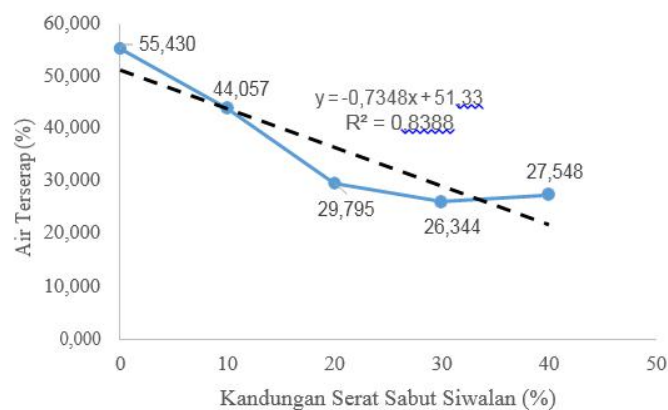


Gambar 10. Diagram tegangan (σ) – regangan (ϵ) berbagai perlakuan: (a) 0%, (b) 10%, (c) 20%, (d) 30% (e) 40%

Tingkat elastisitas bioplastik dengan nilai modulus elastisitas dari setiap perlakuan, dapat dilihat diagram tegangan (σ) – regangan (ϵ) pada Gambar 10. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada perlakuan 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% penambahan serat, diketahui nilai titik D atau besarnya gaya tarik yang dihasilkan berturut-turut yaitu 2.320 N, 4.303 N, 3.450 N, 2.490 N, dan 2.763 N. Kemudian nilai regangan (ϵ) yang dihasilkan pada perlakuan 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% penambahan serat, diketahui nilai regangan (ϵ) berturut-turut yaitu 0.306, 0.244, 0.194, 0.144, dan 0.139. Selanjutnya waktu penarikan bioplastik pada perlakuan 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% penambahan serat, berturut-turut yaitu 5.283 s, 4.213 s, 3.847 s, 2.720 s, dan 2.693 s. Dari penjelasan ini dapat diketahui bahwa bioplastik tanpa penambahan serat atau perlakuan 0% bersifat paling elastis jika dibandingkan dengan bioplastik dengan penambahan serat 10%, 20%, 30%, dan 40%.

Analisis Daya Serap Air

Gambar 11 terlihat bahwa bioplastik tanpa penambahan serat memiliki nilai daya serap air yang lebih besar jika dibandingkan dengan bioplastik yang diberi serat. Berdasarkan analisa sidik ragam dapat diketahui bahwa perlakuan penambahan serat dengan kadar 10% hingga kadar 40% memberikan pengaruh terhadap nilai daya serap air bioplastik yang dihasilkan. Hal ini dibuktikan dengan nilai nilai F hitung (150.266) yang diperoleh nilainya lebih besar jika dibandingkan dengan nilai F tabel 5% (3.48).



Gambar 11. Hubungan Kandungan Serat Sabut Siwalan dengan Daya Serap Air

Berdasarkan perhitungan sidik ragam diketahui bahwa perlakuan penambahan serat sabut siwalan memberikan pengaruh terhadap nilai daya serap air bioplastik. Uji lanjut BNT 5% kemudian dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari setiap perlakuan yang diberikan seperti pada Tabel 3. Terlihat bahwa perlakuan 30% penambahan serat sabut siwalan berbeda nyata dengan perlakuan penambahan selulosa 20%, 40%, 10% dan 0%.

Tabel 3. Hasil Uji BNT 5% Daya Serap Air

Perlakuan Serat	Rata-Rata	Nilai BNT	Notasi
30%	55.430	29.604	a
20%	44.057	30.808	b
40%	29.795	33.055	c
10%	26.344	47.318	d
0%	27.548	58.691	e

Jika serat sabut siwalan yang ditambahkan semakin banyak maka nilai hidrofobisitas yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini mungkin disebabkan oleh sifat serat alam atau selulosa tanaman yang tidak larut air sehingga bioplastik dengan perlakuan penambahan serat sabut siwalan menyerap air lebih sedikit. Namun pada perlakuan penambahan selulosa 40% nilai hidrofobisitas sedikit mengalami kenaikan sebesar 3.959%. Hal ini mungkin disebabkan oleh ketebalan dari bioplastik yang kurang seragam kemudian Fengel and Wegener (1995) dalam Ismiyati dan Sulistiyo (2012) menjelaskan bahwa struktur kimia dari selulosa memiliki ikatan hidrogen yang kuat sehingga sulit untuk menyerap atau menyatu dengan air. Namun jika selulosa yang ditambahkan kadarnya terlalu banyak maka selulosa mampu meningkatkan daya serap terhadap air karena molekul selulosa memiliki ikatan hidrogen yang cenderung mampu membentuk ikatan hidrogen intramolekul, termasuk dengan molekul air.

Hasil penelitian ini jika dibandingkan dengan jenis plastik LDPE yang kaitannya dengan standar karakteristik dari jenis plastik yang sama dan standar plastik komersial sesuai SNI, maka dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Perbandingan Sifat Mekanik Hasil Penelitian dengan Plastik Berstandar

Parameter	ASTM D 882 (LDPE)	SNI (Plastik Komersil)	Hasil Penelitian
Kuat Tarik (MPa)	0.02358	24.7 – 302	2.094
Elongasi/Perpanjangan	205	21 – 220	30.55
Modulus Elastisitas	0.372	-	10.2
Hidrofobisitas (%)	-	99	72.452
Kuat Tekan (kgf/cm ²)	-	-	0.730

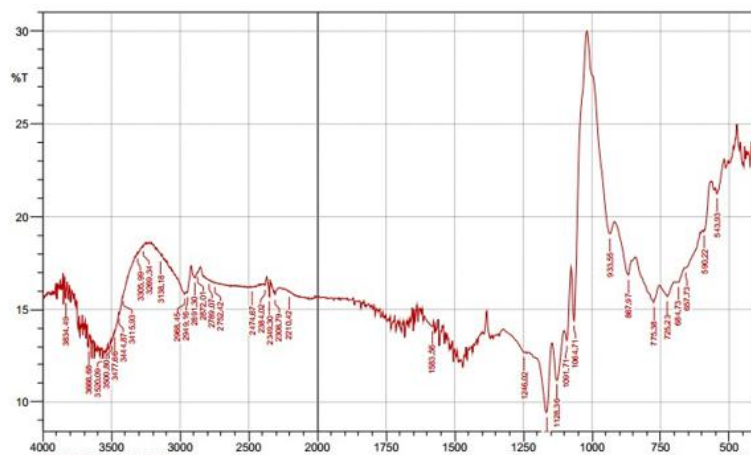
Berdasarkan tabel perbandingan tersebut diketahui bahwa bioplastik yang dihasilkan, untuk parameter kuat tarik jika plastik penelitian dibandingkan dengan plastik LDPE dan plastik komersial, plastik hasil penelitian memiliki nilai kuat tarik yang lebih besar dari plastik LDPE dan lebih kecil dari plastik komersial. Ini berarti plastik hasil penelitian mampu menahan beban tarikan lebih besar dibanding plastik LDPE namun lebih kecil jika dibandingkan dengan plastik komersial. Nilai elongasi dari plastik penelitian sesuai dengan standar SNI plastik komersial namun jika dibandingkan nilai elongasi plastik LDPE nilainya jauh lebih kecil. Ini artinya plastik hasil penelitian memiliki kemampuan perpanjangan sesuai dengan SNI plastik komersial namun plastik LDPE memiliki kemampuan perpanjangan jauh lebih besar dibanding plastik hasil penelitian ini.

Selanjutnya tingkat elastisitas plastik berdasarkan nilai modulus elastisitas diketahui bahwa, plastik hasil penelitian memiliki nilai modulus elastisitas lebih besar dibanding plastik LDPE. Ini menunjukkan bahwa plastik hasil penelitian memiliki sifat lebih kaku dibandingkan dengan plastik LDPE, yang artinya plastik LDPE mampu merenggang lebih panjang dan memiliki sifat lebih fleksibel atau mudah untuk dibentuk. Terakhir parameter hidrofobisitas,

diketahui bahwa plastik hasil penelitian memiliki nilai hidrofobisitas yang lebih kecil jika dibandingkan plastik LDPE dengan nilai hidrofobisitas 99%, berarti plastik LDPE tahan terhadap air atau plastik LDPE tidak mampu menyerap air sehingga plastik LDPE memiliki ketahanan air yang lebih baik dibanding plastik hasil penelitian.

Analisis Gugus Fungsi FT-IR

Spektrum FT-IR diukur menggunakan alat IR Prestige-21 Shimadzu. Bahan yang dianalisis dengan pengujian FT-IR adalah film bioplastik dengan penambahan selulosa 10% karena pada perlakuan penambahan 10% selulosa diperoleh nilai kuat tarik terbaik yang diambil berdasarkan nilai kuantitatif pengujian. Pengujian FT-IR digunakan untuk mengidentifikasi interaksi antara pati kulit singkong sebagai matriks dan selulosa sebagai penguat serta komponen penyusun lainnya seperti gliserol dan asam asetat. Spektrum FT-IR dari bioplastik dengan perlakuan penambahan selulosa 10% ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Spektrum FT-IR Bioplastik dengan Penambahan Serat Sabut Siwalan 10%

Sumbu-X menunjukkan panjang gelombang serapan (cm^{-1}) dan sumbu-Y menunjukkan persen transmisi. Hasil grafik tersebut dapat dijelaskan bahwa, pita serapan pada panjang gelombang $3500\text{-}3650 \text{ cm}^{-1}$ menandakan adanya gugus O-H Asam Karboksilat/monomer. Gugus O-H Alkohol ikatan hydrogen/ fenol ditunjukkan pada panjang gelombang $3200\text{-}3600 \text{ cm}^{-1}$. Gugus O-H yang teridentifikasi pada film bioplastik ini memungkinkan bioplastik untuk berikatan dengan air. Panjang gelombang $2850\text{-}2970 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus fungsi C-H Alkana. Gugus fungsi C- O alkohol/eter/asam karboksilat/ ester muncul pada panjang gelombang $1050\text{-}1300 \text{ cm}^{-1}$. Panjang gelombang $690\text{-}900 \text{ cm}^{-1}$ menandakan adanya gugus fungsi C-H cincin aromatic. Sedangkan gugus fungsi C-H Alkena muncul pada panjang gelombang $675\text{-}995 \text{ cm}^{-1}$.

Penambahan gliserol sebagai plasticizer serta asam asetat dan serat sabut siwalan sebagai penguat bertujuan untuk memodifikasi sifat pati. Namun berdasarkan analisa spektrum pada Gambar 4.12 diatas menunjukkan bahwa panjang gelombang yang terbaca tidak memperlihatkan kemungkinan adanya gugus fungsi baru yang terbentuk pada pembuatan bioplastik. Hasil uji FTIR yang berupa gugus fungsi juga dapat dijadikan salah satu indikator bahwa plastik yang dihasilkan dapat didegradasi. Hal ini sesuai dengan pendapat Darni et al. (2009), bahwa dimana selain gugus hidroksida (OH) gugus fungsi lainnya yang terdapat pada film plastik biodegradable adalah gugus fungsi karbonil (CO) dan ester, sehingga dengan dimilikinya gugus fungsi tersebut maka film plastik dapat didegradasi. Pada hasil uji FTIR yang dilakukan pada penelitian ini didapatkan gugus fungsi OH, CO serta ester maka bioplastik yang dihasilkan dikategorikan dapat didegradasi.

KESIMPULAN

Sifat mekanik terbaik dari bioplastik untuk parameter kuat tarik diperoleh nilai tertinggi pada formulasi proporsi pati-serat 9:1 atau perlakuan 10% penambahan serat yaitu sebesar 2.094 MPa dengan elongasi sebesar 24.444%. Modulus elastisitas diperoleh nilai tertinggi pada formulasi proporsi pati-serat 6:4 atau perlakuan 40% penambahan serat yaitu sebesar 10.20049 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada formulasi pati-serat 7:3 atau perlakuan 30% yaitu sebesar 0.73 kgf/cm².

Sifat ketahanan air terbaik dari bioplastik pati kulit singkong-serat sabut siwalan dihasilkan pada perlakuan penambahan selulosa 30% yaitu sebesar 23.589%. Penambahan selulosa mampu meningkatkan sifat ketahanan air bioplastik pati kulit singkong-serat sabut siwalan. Hasil analisis FT-IR, bioplastik dari pati kulit singkong-serat sabut siwalan yang dihasilkan tidak menunjukkan adanya kemunculan gugus fungsi yang baru sehingga proses pembuatan bioplastik ini merupakan proses blending secara fisika.

DAFTAR PUSTAKA

- Aripin, S., B. Saing, dan E.Kustiyah. 2017. Studi Pembuatan Bahan Alternatif Plastik Biodegradable dari Pati Ubi Jalar dengan Plasticizer Gliserol dengan Metode Melt Intercalation. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*: Vol. 06, Edisi Spesial 2017
- Darni, Y., H. Utami, dan S.N. Asriah. 2009. Peningkatan Hidrofobisitas dan Sifat Fisik Plastik Biodegradable Pati Tapioka dengan Penambahan Selulosa Residu Rumput Laut *Euchema Spinosum*. Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. Fakultas Teknik Unila. Bandar Lampung
- Dewati, R. 2010. Kinetika Reaksi Pembuatan Asam Oksalat dari Sabut Siwalan dengan Oksidator H₂O₂. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik* Vol. 10, no1, pp. 29-37
- Sitorus, D.O. 2014. Peningkatan Potensi Campuran Serat Sabut Kelapa dan Serbuk Kayu Gergaji Terkativasi H₂SO₄ Sebagai Media Adsorben Zat Warna Terhadap Limbah Kain Songket. Tugas Akhir. Diploma III Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang
- Song, J.H., Murphy, R.J., Narayan, R., and Davies, G.B.H., 2009. Biodegradable and Compostable Alternatives to Conventional Plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 364, pp. 2127–2139
- Sulityo, H. W. dan Ismiyati. 2012. Pengaruh Formulasi Pati Singkong–Selulosa Terhadap Sifat Mekanik Dan Hidrofobisitas Pada Pembuatan Bioplastik. *KONVERSI* vol. 1, no.2, pp. 23-30.