



Aplikasi Mikrofibril Selulosa dari Batang Sorgum Sebagai Bahan Pengisi pada Sintesis Film Bioplastik

Application of Cellulose Microfibrils from Sorghum Stem as Filler in Bioplastic Film Synthesis

Yuli Darni*, Hilda Lestari, Lia Lismeri, Herti Utami, dan Edwin Azwar

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung
*E-mail : yuli.darni@eng.unila.ac.id

Terima draft :11 Oktober 2017; Terima draft revisi: 2 Maret 2018; Disetujui : 12 Maret 2018

Abstrak

Pada penelitian ini telah disintesis bioplastik dengan mengaplikasikan mikrofibril selulosa dari batang sorgum sebagai bahan pengisi, dengan formulasi pati sorgum-gelatin dan pemlastis gliserol. Formulasi pati sorgum-gelatin yang digunakan yaitu 10:0 ; 9,5:0,5 ; 8,5:1,5 ; 7,5:2,5 ; 6,5:3,5 dan 5,5:4,5 (g/g). Penambahan mikrofibril selulosa sebesar 0 %, 1%, 2%, dan 3% dari total berat kering campuran pati dan gelatin. Suhu gelatinisasi yang digunakan adalah 95°C dan konsentrasi gliserol 10% berat berdasarkan persen berat kering dari total berat campuran 10 gram pati dan gelatin. Kecepatan pengadukan yang digunakan sebesar 375 rpm waktu pengadukan selama 35 menit dengan temperatur pengeringan 60°C selama 11 jam. Ukuran granula pati yang digunakan yaitu lolos ayakan 60 mikron. Mikrofibril selulosa sebagai bahan pengisi dihasilkan melalui metode alkali-mekanik dan berukuran 3-7 µm. Penggunaan mikrofibril selulosa dapat meningkatkan kuat tarik film bioplastik sebesar 3,65-10,47 MPa, dan menurunkan perpanjangan putus sebesar 2,14-14,32%.

Kata kunci : bioplastik, Film, gelatin, Mikrofibril, pengisi, selulosa, sorgum

Abstract

This study examines the effect of applications of cellulose Microfibrils as filler from sorghum stem to enhance the physical and mechanical properties in the bioplastic synthesis, with formulation of sorghum - gelatin starch by using glycerol plasticizer. Variations of starch formulation of sorghum-gelatin used were 10:0; 9.5:0.5; 8.5:1.5; 7.5:2.5; 6.5:3.5, and 5.5:4.5 (g/g). Addition of Microfibrils cellulose of sorghum stem were 0%, 1%, 2%, 3% based on the dry weight of the total mixture of 10 grams is the total mass between the of sorghum starch and gelatin, and gelatinization temperature of 95°C. Glycerol concentration was 10% weight based on the dry weight of the total mixture of 10 grams is the total mass between the of sorghum starch and gelatin. The stirring speed was 375 rpm for 35 minutes and drying at 60°C for 11 hours. The size of the starch granules was 60 micron sieve. Cellulose Microfibrils as filler produced from alkali-mechanical treatment have diameter of 3-7 µm. It was observed that the addition of cellulose Microfibrils was improved tensile strength of films as much as 3,65-10,47 Mpa, but tends to decrease of elongation at break as much as 2,14-14,32%.

Keywords: *Bioplastic, cellulose microcrilstalline, film, filler, gelatine, sorghum, stem*

1. Pendahuluan

Plastik merupakan bahan kimia sintetik yang bersifat ringan, kuat dan elastis. Produk plastik sintetik membutuhkan waktu lebih dari 100 tahun agar dapat terdegradasi sempurna (Kumar dkk., 2011). Plastik sintetik tidak dapat terdegradasi oleh mikroorganisme, sehingga disebut *non-biodegradable* (Borghei dkk., 2010). Plastik *non-biodegradable* yang dibuat dari minyak bumi sulit terdegradasi, sehingga tidak ramah lingkungan untuk digunakan.

Biodegradable berasal dari kata bio dan *degradable*. Bio berarti hidup, sedangkan *degradable* berarti dapat terurai. Biasanya plastik konvensional berbahan dasar petroleum, gas alam, atau batu bara. Sementara plastik *biodegradable* terbuat dari material yang dapat diperbaharui, yaitu dari senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanaman misalnya pati, selulosa, dan lignin, serta pada hewan seperti kasein, protein atau lipid.

Dalam penelitian ini, pembuatan bioplastik menggunakan pati biji sorgum. Kandungan pati dalam sorgum mencapai 80,42% (Suarni, 2004). Bahan tambahan yang diperlukan untuk memperbaiki sifat mekanik dari bioplastik berbahan dasar pati antara lain pemlastis dan pengisi serta aditif lainnya seperti gelatin. Pada penelitian ini jenis pemlastis yang digunakan adalah gliserol dengan Mikrofibril selulosa (MFC) dari batang sorgum sebagai pengisi (*pengisi*) dengan ukuran 3-7 μm . Adanya bahan pengisi akan memberikan pengaruh pada sifat-sifat komposit yang terbentuk (Bayandori dkk., 2009).

Berdasarkan penelitian sebelumnya penggunaan batang sorgum sebagai pengisi tanpa delignifikasi dan berukuran 63 μm , belum signifikan meningkatkan kuat tarik bioplastik (Darni dkk., 2017). Dalam penelitian Wicaksono (2013) dengan bahan baku ampas tapioka menggunakan metode alkali-mekanik telah dihasilkan selulosa berukuran 20-30 nm, dan telah diaplikasikan sebagai bahan pengisi dalam pembuatan bioplastik. Penambahan pengisi ini telah meningkatkan kuat tarik bioplastik tapioka antara 2,44-2,71 N/mm². Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan delignifikasi dan pengecilan ukuran (metode alkali-mekanik) untuk menghasilkan Mikrofibril selulosa dari batang sorgum sebagai pengisi yang berfungsi untuk meningkatkan kekuatan tarik bioplastik. Penelitian ini akan memvariasikan formulasi pati sorgum-gelatin dan pengisi Mikrofibril selulosa.

2. Metodologi

2.1. Bahan Dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Kalium Hidroksida (KOH) 4% dari Merck, Asam Peroksida (H₂O₂) 6%, gelatin, gliserol 85%, batang sorgum dan biji sorgum dari BPPT Sulusuban, Lampung dan aquades. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah *Hot plate*, gelas ukur, spatula, termometer, pH meter, *stopwatch*, timbangan digital, desikator, cawan petri, kertas saring, pipet kaca, oven, krus porselen, aluminium foil, *blender*, *magnetic stirrer*, ayakan ukuran 60 mikron. Instrumen pengujian yang digunakan meliputi *Universal Testing Machine Autograph AGS-500D Shimadzu*, *Scanning Electron Microscope (SEM) ZEISS EVO MA 10*, Varian 2000 FT-IR, *Fourier Transform Infrared (FTIR)*.

2.2. Pembuatan Mikrofibril Selulosa (MFC)

Pembuatan MFC dilakukan dengan metode alkali-mekanik, dimana *pretreatment* secara kimiawi dilakukan terlebih dahulu sebelum serat batang sorgum diproses secara mekanis. Proses *pretreatment* kimiawi yaitu sebanyak 10 gr serbuk batang sorgum ukuran 60 mikron dimasak dan diaduk dalam larutan KOH 4% pada suhu 80°C selama satu jam. Selanjutnya bahan dipucatkan sebanyak dua kali dengan H₂O₂ 5% pada suhu 70°C masing-masing selama 1 jam sambil diaduk. Bahan setelah dicuci, kembali diberi perlakuan alkali dengan KOH 4% pada suhu 80°C selama satu jam, kemudian dicuci untuk menghilangkan residu alkali. Proses selanjutnya adalah metode yang dinamakan mikrofibrilasi.

Mikrofibrilasi dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan menggunakan blender berkecepatan 22.000 rpm (perlakuan mekanis). Setelah dihomogenisasi menggunakan blender, bahan dimasukkan ke dalam *diskmill* hingga didapatkan MFC berukuran 3-7 μm (Gambar 1).

2.3. Pembuatan Pati Sorgum

Mula-mula sorgum dicuci, kemudian ditiriskan. Setelah itu dijemur hingga kering dan digiling dengan mesin penggiling. Kemudian sorgum yang telah halus dikeringkan kembali sampai berat konstan. Sorgum dan batang sorgum hasil gilingan diayak dengan ukuran 60 mikron dan dikemas dalam kantong plastik untuk mencegah adanya jamur ataupun kutu.

2.4. Sintesis Bioplastik

Pati dan aquades dengan volume 191,7 mL dicampurkan pada gelas ukur 500 mL. Gelatin sebagai aditif meningkatkan karakteristik mekanik bioplastik dilarutkan dengan aquades sebanyak 7,5 mL. Larutan gelatin dan pati lalu dicampurkan bersama-sama dengan gliserol sebagai pemlastis dengan volume 0,8 mL. Selanjutnya campuran dipanaskan menggunakan *hot plate* pada temperatur 95°C sambil diaduk pada kecepatan 375 rpm selama 35 menit. Campuran tersebut kemudian ditambahkan MFC dengan konsentrasi 1% dan diaduk sampai homogen. Setelah itu campuran dibiarkan selama 5 menit, lalu dituangkan ke dalam cetakan sebanyak 50 mL. Selanjutnya di oven pada temperatur 60°C

selama 11 jam, hingga diperoleh film bioplastik. Film bioplastik yang dihasilkan kemudian dimasukkan ke dalam *zip bag lock* dan disimpan dalam desikator. Langkah-langkah ini diulangi untuk formulasi pati-gelatin dan konsentrasi MFC yang lain.

2.5. Karakterisasi Mikrofibril Selulosa dan Film Bioplastik

a. Pengamatan Mikroskopis

Sampel dipotong ukuran 2 x 2 cm untuk ditempelkan pada *holder* (wadah sampel untuk diuji). Sampel dimasukkan pada *chamber* peralatan SEM untuk setting posisi dan merekam gambar. Foto SEM diambil dengan magnifikasi 1000 kali.

b. Pengujian Sifat Mekanik

Karakteristik sifat mekanik suatu bahan dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya adalah rasio pati-selulosa. Karakteristik ini ditunjukkan oleh perbedaan nilai kuat tarik, persen perpanjangan, dan *modulus young* pada setiap bioplastik. Sampel film bioplastik diuji dengan menggunakan alat *autograph*.

c. Uji Penyerapan Air

Sampel dipotong dengan ukuran 2 x 2 cm, kemudian ditimbang berat awal sampel (W_0) dengan menggunakan neraca digital. Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam gelas piala yang berisi aquades sebanyak 5 mL. Setelah 15 menit, sampel dikeluarkan dari gelas piala dan air yang menempel pada permukaan sampel dikeringkan. Selanjutnya ditimbang berat akhir sampel (W) dan dihitung persen air yang diserap oleh sampel dengan persamaan (1) berikut:

$$\frac{W - W_0}{W_0} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan :

W_0 : berat sampel kering (g)
 W : berat sampel setelah didiamkan dalam air (g)

d. Uji Densitas

Prosedur penentuan densitas bioplastik adalah sebagai berikut: sampel yang akan diuji ditimbang dengan timbangan digital (m). Selanjutnya gelas piala 10 mL di isi dengan aquades sebanyak 2 mL. Setelah itu sampel dimasukkan ke dalam gelas

piala yang berisi aquades. Volume air yang baru dicatat, kemudian dihitung volume bio-plastik (v) sebenarnya yaitu selisih volume akhir dengan volume awal. Kemudian dihitung densitas sampel bioplastik dengan persamaan (2) berikut:

$$\rho = m/v \quad (2)$$

Keterangan :

ρ : densitas (g/mL)
 m : massa (g)
 v : volume (mL)

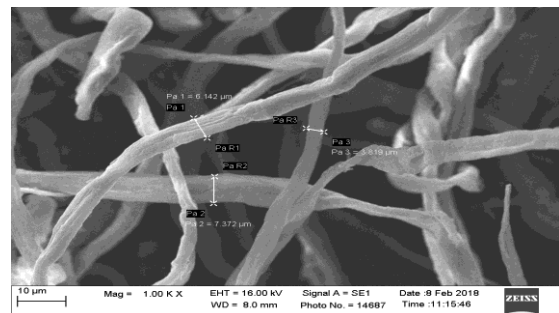
e. Analisis FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)

Sampel yang berupa film, ditempatkan ke dalam set holder, kemudian dicari spektrum yang sesuai. Hasilnya di dapat berupa difraktogram hubungan antara bilangan gelombang dengan intensitas. Spektrum FTIR direkam menggunakan spektrometer pada suhu ruang.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Morfologi Mikrofibril Selulosa (MFC)

Gambar 1 memperlihatkan morfologi MFC dengan perbesaran 1000x. Perlakuan alkali dan mekanis menghasilkan serat yang cenderung homogen dengan diameter antara 3-7 μm dari ukuran sebelum perlakuan 60 μm pada penelitian Darni dkk. (2015). Sedangkan panjang serat sulit diukur karena strukturnya yang berbelit.



Gambar 1. SEM MFC dengan perbesaran 1000 x.

Perbedaan perlakuan mekanis menghasilkan diameter serat yang berbeda. Pada penelitian Darni, dkk. (2015) menggunakan pengadukan dengan kecepatan 375 rpm, sedangkan penelitian ini menggunakan kecepatan pengadukan 22.000 rpm. Kecepatan pengadukan yang tinggi menyebabkan serat terbelah hingga diameternya lebih kecil dan pendek (Cao, et al., 2012).

Perlakuan alkali dan suhu tinggi menyebabkan hemiselulosa terhidrolisis serta larut dalam air. Adapun perlakuan *bleaching* menghilangkan sebagian besar lignin. Lignin yang teroksidasi oleh klorin menyebabkan degradasi dan terbentuk gugus hidroksil, karbonil, dan karboksilat yang mudah larut dalam alkali (Cherian, *et. Al.*, 2010). Akibat hilangnya hemiselulosa dan lignin sebagai pengikat serat, menyebabkan serat berukuran mikro terlepas dari berkas serat yang lebih besar.

3.2. Sifat Mekanik Film Bioplastik

Gambar 2a dan 2b memperlihatkan film bioplastik dengan komposisi pati-gelatin yang berbeda dengan pengisi MFC 1 %. Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa bioplastik memiliki warna coklat muda transparan. Hasil uji sifat mekanik bioplastik ditunjukkan pada Gambar 3-7, dimana formulasi pati-gelatin dan pengisi mempengaruhi sifat mekanik bioplastik. Pengujian sifat mekanik bioplastik dilakukan dengan beberapa uji yaitu uji kuat tarik, perpanjangan, dan *modulus young*.



Gambar 2a. Bioplastik dengan formulasi pati-gelatin 7,5 : 2,5 (g/g) dan MFC 1%



Gambar 2b. Bioplastik dengan formulasi pati-gelatin 5,5 : 4,5 (g/g) dan MFC 1%

Pada Gambar 3 memperlihatkan pengaruh formulasi pati-gelatin dan MFC terhadap kuat tarik bioplastik. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai kuat tarik tertinggi pada

formulasi pati : gelatin yaitu pada 5,5 : 4,5 g/g dengan konsentrasi MFC 3% dengan nilai sebesar 10,47 Mpa. Mekanisme penguatan berhubungan dengan kemampuan serat dalam membentuk struktur jaringan penguat dalam matriks film, sehingga memungkinkan terjadi peralihan beban dari matriks ke serat, saat film terkena gaya mekanis (Bilbao-Sainz dkk., 2011). Pencampuran bahan pengisi yang tidak merata dapat menghasilkan matriks film yang tidak sinambung. (Wicaksono dkk., 2013). Hal ini dapat menurunkan sifat mekanik atau kekuatan tarik film bioplastik.

Distribusi serat selulosa dalam film bioplastik dipengaruhi juga oleh sifat adhesinya. Struktur kimia yang menyerupai antara serat selulosa dan matriks dari pati menyebabkan sifat adhesi yang semakin baik, sehingga berpengaruh baik pula terhadap sifat mekanik (Chang dkk., 2010). Demikian juga perlakuan alkali yang diterapkan untuk menghilangkan komponen non-selulosa pada MFC meningkatkan adhesinya dengan matriks pati (Abraham dkk., 2011). Penghilangan lignin yang bersifat hidrofob, akan meningkatkan interaksi antara matriks pati sorgum dengan MFC. Hal ini akan berpengaruh positif terhadap distribusi MFC yang semakin baik dalam matriks film bioplastik (Guimaraes dkk., 2010).

3.3. Sifat Fisik Film Bioplastik

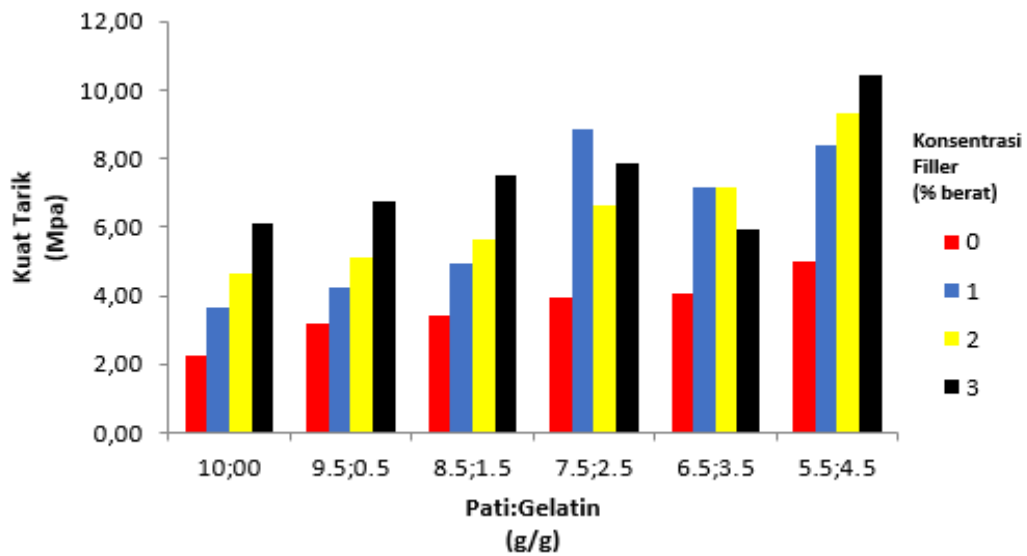
Uji sifat fisik yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai penyerapan air dan densitas dari film bioplastik yang dihasilkan. Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa pada formulasi pati dan gelatin 7,5:2,5 (g/g) dengan MFC 3% diperoleh nilai penyerapan air sebesar 33,84%. Nilai penyerapan air tertinggi pada formulasi pati:gelatin 10:0 (g/g) tanpa pengisi. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa faktor penyebab tingginya nilai penyerapan air pada bioplastik disebabkan oleh komponen penyusunnya. Pati dan gelatin memiliki sifat hidrofilik yang memberikan pengaruh besar terhadap penyerapan air. Penambahan pengisi berpengaruh terhadap penyerapan air. Semakin banyak pengisi yang diberikan maka penyerapan airnya semakin kecil. Hal ini disebabkan karena pengisi menutupi pori-pori bioplastik, sehingga molekulnya semakin rapat.

Densitas atau kerapatan dapat didefinisikan sebagai massa per satuan volume bahan. Densitas atau kerapatan merupakan sifat

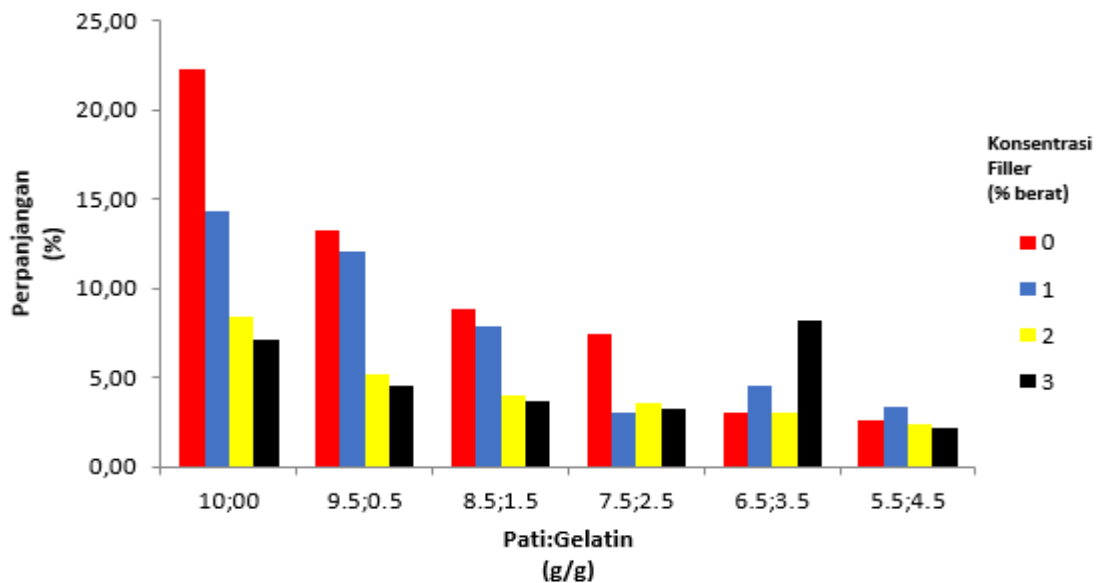
fisik suatu polimer. Semakin rapat jarak antar molekul suatu bahan, maka kuat tariknya semakin besar. Gambar 7 menunjukkan pada formulasi pati dan gelatin 6,5:3,5 g/g dengan MFC 3 % diperoleh densitas sebesar 1,25 (gr/mL). Sedangkan untuk nilai densitas terendah terdapat pada formulasi pati dan gelatin 9,5:0,5 g/g pada MFC 0% didapat sebesar 0,535 (gr/mL). Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin rapatnya

struktur molekul bahan akan semakin kuat bahan tersebut.

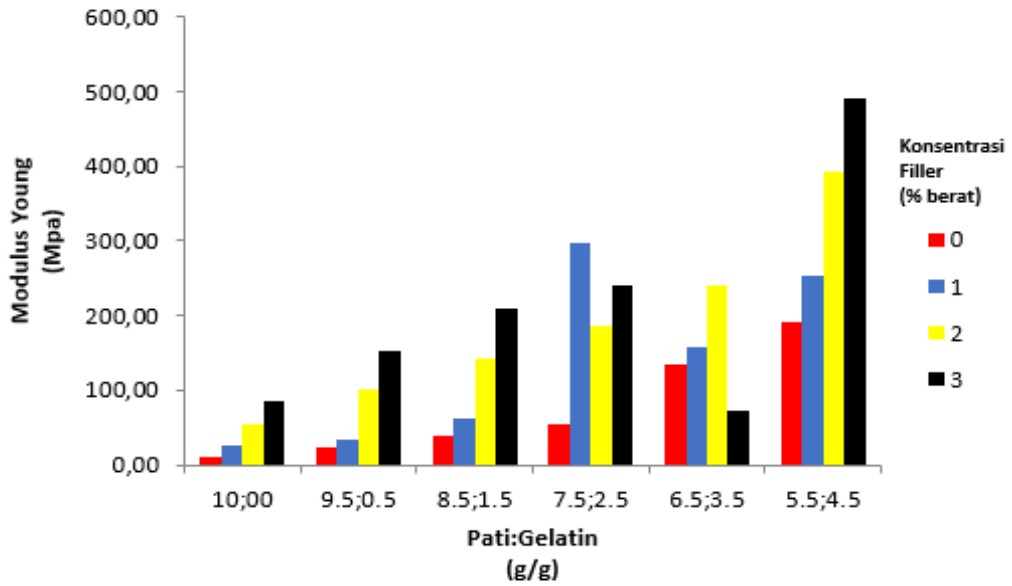
Rentang densitas untuk plastik komersial LDPE adalah 0,912 gr/mL - 0,925 gr/mL (Rosato, 2004). Berdasarkan hasil yang diperoleh pada formulasi 7,5:2,5 MFC 1% didapatkan nilai densitas sebesar 0,91 gr/mL dan 0,92 gr/mL pada formulasi 6,5:3,5 MFC 1%, hal ini menunjukkan bahwa sampel bioplastik ini memenuhi standar LDPE yang diinginkan.



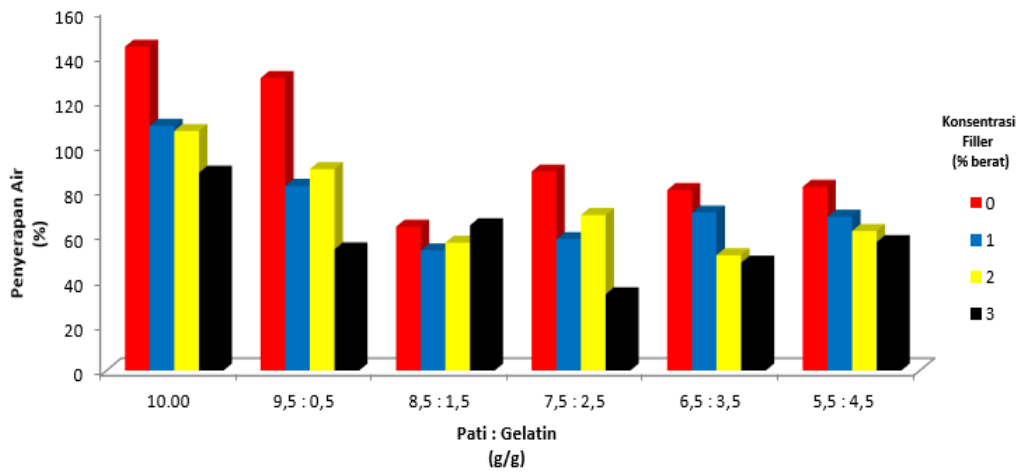
Gambar 3. Pengaruh Formulasi Pati dan Gelatin (g/g) Serta Konsentrasi MFC Terhadap Kuat Tarik Bioplastik



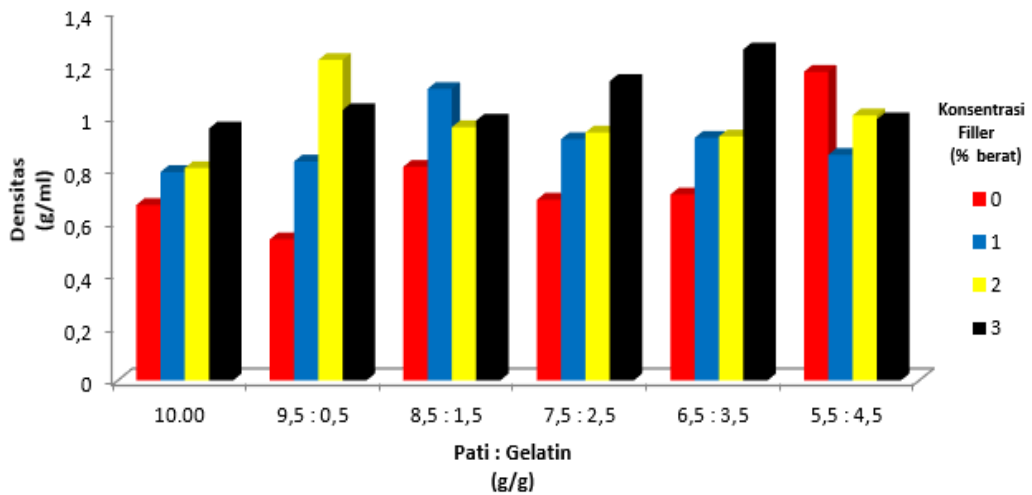
Gambar 4. Pengaruh Formulasi Pati dan Gelatin (g/g) Serta Konsentrasi MFC Terhadap Perpanjangan Bioplastik



Gambar 5. Pengaruh Formulasi Pati dan Gelatin (g/g) Serta Konsentrasi MFC Terhadap *Modulus Young* Bioplastik



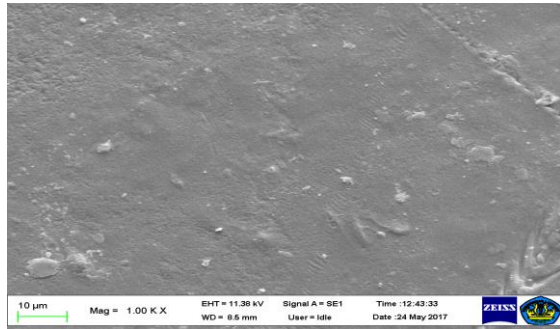
Gambar 6. Pengaruh Formulasi Pati dan Gelatin (g/g) Serta Konsentrasi MFC Terhadap Penyerapan Air



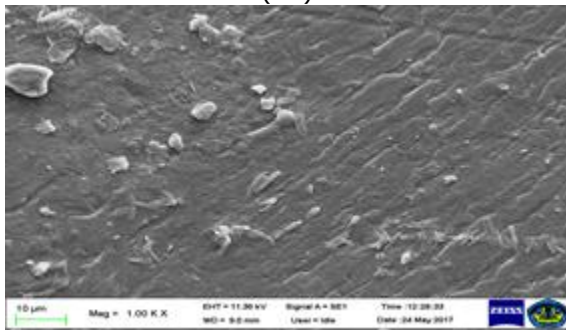
Gambar 7. Pengaruh Formulasi Pati dan Gelatin (g/g) Serta Konsentrasi MFC Terhadap Densitas Bioplastik

3.4. Morfologi Film Bioplastik

Hasil analisis SEM pada bioplastik tanpa MFC dan dengan MFC 1% yang dilakukan dengan jarak tembak sampel 9.0 mm, energi tembak (EHT) 11,38 kV dan perbesaran 1000X, ditunjukkan pada Gambar 8a dan 8b. Berdasarkan kedua gambar terlihat bahwa bioplastik yang menggunakan MFC memperlihatkan permukaan yang lebih rapat dibandingkan dengan bioplastik yang tidak menggunakan MFC.



(a)



(b)

Gambar 8. SEM Bioplastik dengan Pengisi (a) 0 % Berat dan Pati:Gelatin 7,5:2,5 (g/g); (b) MFC 1 % Berat dan Pati:Gelatin 7,5:2,5 (g/g)

MFC sebagai pengisi mampu mengisi ruang kosong pada matriks film bioplastik. Hal ini

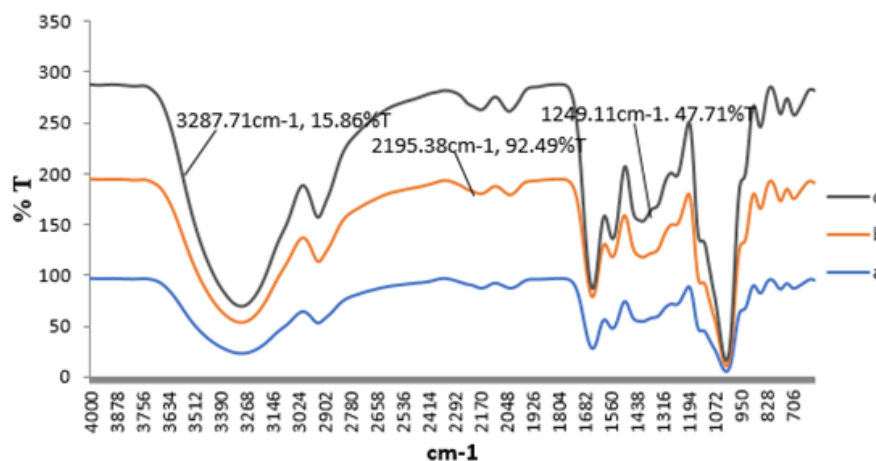
juga dapat dihubungkan dengan densitas film, bahwa adanya penambahan MFC 1% pada formulasi 7,5:2,5 dapat menghasilkan nilai densitas sebesar 0,91 gr/mL. Hal ini jauh lebih baik daripada bioplastik yang tidak menggunakan MFC, dimana nilai densitas film bioplastik tanpa MFC sebesar 0,68 gr/mL pada formulasi yang sama.

3.5. Spektra Infra Merah Film Bioplastik (FTIR)

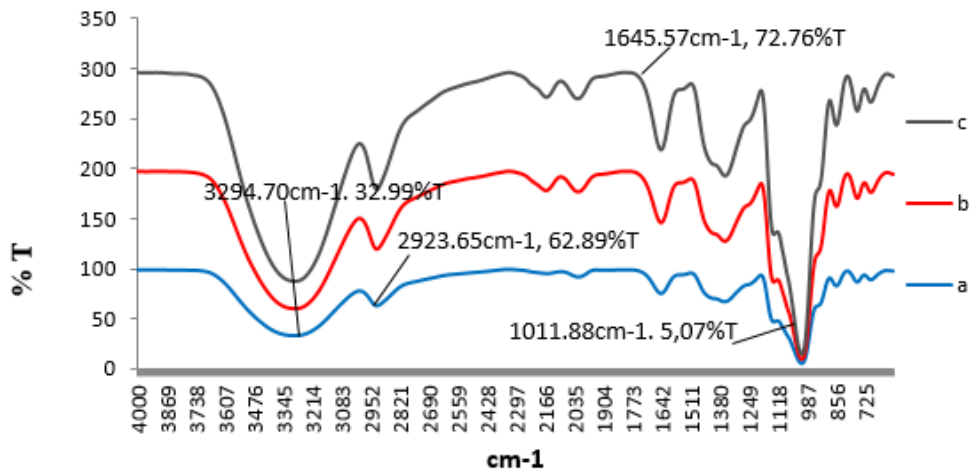
Analisis FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) sebagai analisis gugus fungsi pada polimer. FTIR merupakan teknik spektroskopi yang paling banyak digunakan untuk mempelajari mekanisme interaksi yang terlibat dalam campuran. Banyaknya frekuensi yang diserap diukur sebagai persen *transmittance* (%T).

Berdasarkan hasil pengujian gugus fungsi sampel bioplastik pada berbagai rasio pati-selulosa-MFC, diperoleh informasi beberapa puncak yang muncul. Kemunculan banyak puncak menunjukkan bahwa dalam bioplastik terdapat banyak jenis gugus fungsi. Gambar 9 merupakan hasil analisis FTIR film bioplastik dengan formulasi pati:gelatin 7,5:2,5 dengan pengisi 0,1, 0,2 dan 0,3 g.

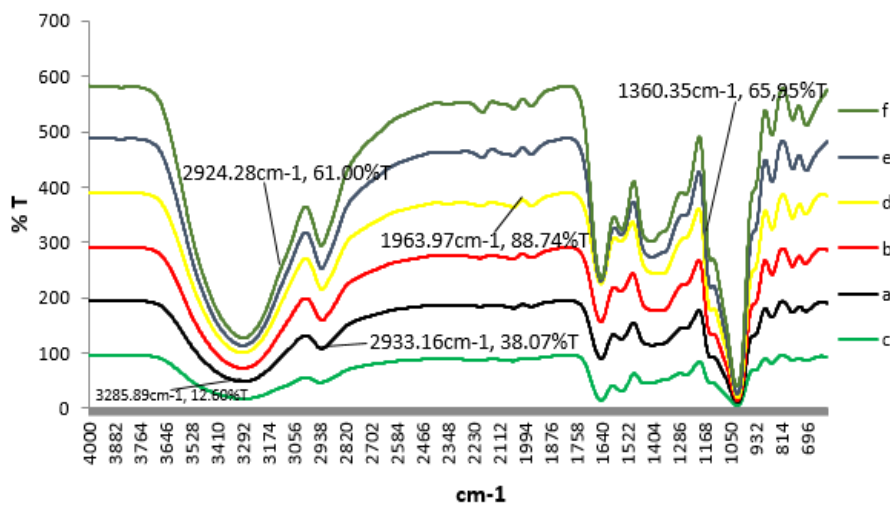
Gambar 10 merupakan hasil analisis FTIR film bioplastik dengan formulasi pati:gelatin 10:0 dengan pengisi 0,1, 0,2 dan 0,3 g. Gambar 11 merupakan hasil analisis FTIR film bioplastik dengan formulasi pati:gelatin 10:0, 9,5:0,5, 8,5:1,5, 7,5:2,5, 6,5:3,5 dan 5,5:4,5 tanpa menggunakan pengisi. Pada Gambar 9 terlihat hasil gugus fungsi yang didapat dari film bioplastik yang terbentuk berupa jenis ikatan hidroksil,metil, alkohol fenol (O-H), alkana (C-H), C=N dan lain-lain.



Gambar 9. Formulasi Pati:Gelatin 7,5:2,5 g/g dengan MFC (a.) 1% (b.) 2% (c.) 3%



Gambar 10. Formulasi Pati:Gelatin 10:0 g/g dengan MFC (a.) 1% (b.) 2% (c.)3%



Gambar 11. Pengaruh Formulasi Pati dan Gelatin (g/g) Serta Konsentrasi MFC Terhadap Kuat Tarik Bioplastik

Sedangkan pada Gambar 10 jenis ikatan yang terbentuk berupa ikatan Alkena (C-H), C=N, O-H, C-O, NO₂, Benzene Mono Substitusi dll. Pada Gambar 11 jenis ikatan yang terbentuk berupa para disubstitusi benzena, aromatik, C=N, C-N, metil, O-H, amina alifatik, nitro, NO₂ dll. Sehingga dapat dilihat dengan jelas perbedaan jenis ikatan yang terbentuk akibat adanya MFC:pati:gelatin dengan pati:gelatin tanpa menggunakan MFC. Gugus fungsi seperti O-H, C-NH₃, C-NO₂, C-Br, C=N dll, menunjukkan bahwa film bioplastik dapat terdegradasi dengan baik di tanah dan bersifat hidrofilik.

4. Kesimpulan

Mikrofibril selulosa dari batang sorgum telah dihasilkan dengan metode alkali-mekanik dengan diameter 8 mikron. Penambahan

Mikrofibril selulosa memperlihatkan morfologi yang lebih rapat dan meningkatkan sifat fisik dan mekanik film bioplastik. Pada formulasi 7,2:2,5 (g/g) dengan MFC 1 % diperoleh kuat tarik 8,84 Mpa, densitas 0,91 gr/mL, dan persen perpanjangan 2,98%.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Kemenristek Dikti yang telah mendanai penelitian ini melalui dana DPRM Dikti (Hibah PPT) Penelitian Produk Terapan tahun anggaran 2017 dengan no. Kontrak 071/SP2H/LT/DPRM/IV/2017.

Daftar Pustaka

Abraham E., Deepa Ba., Pothan L.A., Jacob M., Thomas S., Cvelbard U.,

- Anandjiwala R. (2011) Extraction of nanocellulose fibrils from ligno-cellulosic fibres: a novel approach, *Carbohydr Polym*, (86), 1468 – 1475.
- Bayandori, M.A., Badraghi, T.N., Kazemzad, M. (2009) Synthesis of ZnO nanoparticles and electro-deposition of polyrole/ZnO nanocomposite film, *Int J Electrochem Sci*, 4, 247 – 257.
- Bilbao-Sainz C., Bras J., William T., Senechal T., Orts W. (2011) HPMC reinforced with different cellulose nano-particles, *Carbohydr Polym*, (86), 1549 – 1557.
- Borghei, M. A., Karbassi, S., Khoramnejadian, A., Oromiehie A.H., Javid (2010) Microbial Biodegradable Potato Starch Based Low Density Polyethylene. *African Journal of Biotechnology*. 9 (26): 4075-4080.
- Cao X., Ding B., Yu J., Al-deyab S.S. (2012) Cellulose nanowhiskers extracted from TEMPO-oxidized jute fiber, *Carbohydr Polym*, (90), 1075 – 1080.
- Chang P.R., Jian R., Zheng P., Yu J., Ma X., (2010) Preparation and properties of glycerol plasticized-starch (GPS)/cellulose nanoparticle (CN) composites, *Carbohydr. Polym*, (9), 301 – 305.
- Cherian B.M., Leao A.L., De Saoza S.F., Thomas, Kattaisamy M. (2010) Isolation of nanocellulose from pineapple leaf fibres by steam explosion, *Carbohydr Polym*, (81), 720 – 725.
- Darni, Y., Lismeri, Lia, Muharis, Binur (2015) The Utilization of Sorghum Rod Powder as Filler to Enhance Mechanical Strength in Bioplastic Synthesis, *Prosiding International Conference (IC-STAR) 2015*, 20-21 September 2015, Bandar Lampung.
- Darni, Y. Dewi, F.Y., Lismeri, L. (2017) Modification of Sorghum Starch-Cellulose Bioplastics with Sorghum Stalks Filler, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, Akreditasi Kemenristekdikti, no. 32a/E/KPT/2017, (12)1, 22 – 30, ISSN 1412-5064.
- Guimaraes J.L., Wypych F., Saul C.K., Ramos L.P., Satyanarayana K.G. (2010) Studies of the processing and characterization of corn starch and its composites with banana and sugarcane fibers from Brazil, *Carbohydr. Polym*, (80), 130 – 138.
- Kumar, A.A., Karthick K., K.P. Arumugam (2011) Biodegradable Polymers and Its Applications, *International Journal Of Bioscience, Biochemistry, and Bioinformatics*, 1(3), 173 – 176.
- Rosato (2004) *Plastic Product Material & Process Selection, Handbook*, Elsevier.
- Suarni (2004) *Evaluasi Sifat Fisik dan Kandungan Kimia Biji Sorgum Setelah Penyosohan*, *Jurnal Stigma* xii(1), 88 – 91.
- Wicaksono, Rumpoko (2013) *Karakteristik Nanoserat Selulosa dari Ampas Tapioka dan Aplikasinya Sebagai Penguat Film Tapioka*, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman.

