



Pembuatan Bioplastik Berbahan Pati Sagu dengan Penguat Mikrofibril Selulosa Bambu Terdispersi KCl Melalui Proses Sonikasi

Silviana^{*)} dan Puji Rahayu

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Telp./Fax. (024)7460058/(024)76480675

^{*)}Penulis korespondensi : silviana@che.undip.ac.id

Abstract

PRODUCTION BIOPLASTIC BASED SAGO STARCH USING BAMBOO MICROFIBRILLATED CELLULOSE REINFORCED KCl DISPERSED BY SONICATION.

Sago starch is a potential natural material to develop of bioplastic in Indonesia. Amylopectin on sago starch as matrix of bioplastic. Bioplastic decrease use of synthetic plastic due to non-degradable. However, bioplastic still have weaknesses such as sensitive to water and a low tensile strength. This study describes methods for improving mechanical properties of bioplastic by adding microfibrillated cellulose bamboo (MFC). The bamboo MFC solution was modified by adding potassium chloride (KCl) as dispersing agent. The purpose of this studied of effect adding bamboo MFC to tensile strength value and studied of effect addition KCl on processing bamboo MFC solution to bioplastic morphology. The experiment were used two variables, that is bamboo MFC concentration (0, 0.5, 1, 1.5, 3 and 5% w/w) and KCl concentration (1, 2 and 3% b/v). The results showed that bamboo MFC is able to increase tensile strength up to 17.99 MPa with bamboo MFC composition of 5% w/w and KCl composition of 1% w/v. The addition of KCl is able to reduce processing time of bamboo MFC solution up to ± 10 minutes. SEM analysis results showed that bioplastic surface there are white dots that are pointed out is saturated KCl.

Keywords: *dispersing agent; bamboo; microfibrillated cellulose; potassium chloride; tensile strength*

Abstrak

Pati sagu merupakan bahan alami yang berpotensi dalam pengembangan bioplastik di Indonesia. Kandungan amilopektin pada pati sagu mampu digunakan sebagai matriks pada bioplastik. Penggunaan bioplastik dapat mengurangi penggunaan plastik sintesis yang sulit terurai di dalam tanah. Akan tetapi, bioplastik masih memiliki kelemahan diantaranya sensitif terhadap air dan mempunyai nilai kuat tarik yang rendah. Penelitian ini menjelaskan metode untuk meningkatkan sifat mekanik bioplastik dengan cara menambahkan microfibrillated cellulose bambu (MFC). Larutan MFC bambu dimodifikasi dengan cara menambahkan potassium chloride (KCl) sebagai dispersing agent. Tujuan penelitian ini mempelajari pengaruh penambahan MFC bambu terhadap nilai kuat tarik dan mempelajari pengaruh penambahan KCl dalam pembuatan larutan MFC bambu terhadap morfologi bioplastik. Penelitian ini dilakukan menggunakan dua variabel yaitu konsentrasi MFC bambu (0; 0,5; 1; 1,5; 3 dan 5% b/b) dan konsentrasi KCl (1; 2 dan 3% b/v). Hasil penelitian menunjukkan bahwa MFC bambu mampu meningkatkan nilai kuat tarik hingga 17,99 MPa dengan komposisi MFC bambu 5% b/b dan KCl 1% b/v. Penambahan KCl mampu mereduksi waktu proses

pada pembuatan larutan MFC bambu hingga ± 10 menit. Hasil analisa SEM menunjukkan bahwa pada permukaan bioplastik terdapat titik-titik putih yang disinyalir adalah KCl jenuh.

Kata kunci: agen pendispersi; bambu; kuat tarik; mikrofibril selulosa; potassium klorida

How to Cite This Article: Silviana dan Rahayu, P., (2017), Pembuatan Bioplastik Berbahan Pati Sagu dengan Penguat Mikrofibril Selulosa Bambu Terdispersi KCl Melalui Proses Sonikasi, Reaktor, 17(3), 151-156, <http://dx.doi.org/10.14710/reaktor.17.3.151-156>

PENDAHULUAN

Pada tahun 2007 konsumsi plastik mencapai 260 juta ton (Abolibda, 2015). Plastik sintesis berbahan dasar minyak bumi seperti *polyetilena terephthalate* (PET), *polyvinylchloride* (PVC), *polyetilene* (PE), *polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS) dan *polyamida* (PA) banyak digunakan karena relatif murah dengan sifat *tensile* dan *strength* yang baik (Siracusa dkk., 2008). Saat ini, persediaan minyak bumi dunia semakin menipis yaitu 1.213,43 miliar barel (OPEC, 2017), sehingga diperlukan bahan baku lain yang mampu mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi dan lebih ramah lingkungan (*biodegradable*).

Minyak bumi dapat digantikan dengan bahan baku alami dan produknya disebut bioplastik. Bioplastik mulai banyak dikembangkan dari gluten (Jerez dkk., 2005), protein putih telur (Jerez dkk., 2007) dan pati sagu (Nafchi dkk., 2012; Xie dkk., 2013). Pati sagu merupakan material yang menjanjikan karena memiliki kandungan amilopektin hingga $\pm 73\%$ (Flach, 1997). Indonesia merupakan produsen pati sagu terbesar di dunia setelah Brazil dengan luas 1,25 juta Ha atau sekitar 50% dari total produksi di dunia (Flach, 1997). Penelitian tentang pembuatan bioplastik berbahan pati sagu telah banyak dilakukan, namun masih menghasilkan bioplastik dengan sifat mekanik yang lemah, stabilitas jangka panjang yang kurang baik, dan sensitif terhadap air (Xie dkk., 2013). Oleh karena itu, diperlukan upaya guna meningkatkan karakteristik bioplastik, salah satunya dengan menambahkan nano filler berupa *phyllosilicates*, *polysaccharide*, dan *carbonaceous* (Xie dkk., 2013).

Nano filler dari polisakarida berupa selulosa dalam bentuk *Microfibrillated cellulose* (MFC) biomassa mulai banyak dikembangkan, seperti kulit buah pir (Habibi dkk., 2009), ampas tebu (Bhattacharya dkk., 2008), dan bambu (Chang dkk., 2012). Bhat (2013), meningkatkan nilai kekuatan tarik *biopackaging* berbahan pati sagu dengan penambahan lignin komersial maupun hasil isolasi dari kelapa sawit. Penggunaan fiber bambu memiliki kekuatan tarik hingga 600 MPa dan *specific gravity* 0,9 g/cm³ bahkan memiliki fisik yang ringan (Ray dkk., 2005). Tanaman bambu merupakan sumber daya alam yang melimpah di Indonesia. Jenis bambu di Indonesia mencapai 157 jenis dengan lebih dari 10% jenis bambu di dunia (Widjaja dan Karsono, 2005). Hal tersebut menjadikan bambu sebagai sumber daya alam berpotensi untuk pengembangan penelitian bioplastik berpenguat bambu berkelanjutan.

Silviana dan Hadiyanto (2017) telah berupaya meningkatkan sifat mekanik bioplastik berbahan pati sagu berpenguat MFC bambu dengan bantuan ultrasonik homogenizer sebagai upaya mencampurkan MFC bambu dalam matrik pati sagu. Pada penelitian ini, bioplastik berbahan pati sagu dengan berpenguat MFC 5% menghasilkan kekuatan tarik sebesar 21,9 MPa. Hasil analisa SEM menunjukkan permukaan bioplastik terlihat adanya holes atau pori yang terdistribusi secara acak. Hal ini menunjukkan pencampuran menggunakan ultrasonik belum berpengaruh secara maksimal terhadap morfologi bioplastik. Zhang (2015) mengkaji penambahan garam KCl sebagai agen pendispersi pada pembuatan suspensi MFC bambu mampu mereduksi waktu hingga ± 10 menit homogenisasi karena adanya pengaruh elektrostatik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan garam KCl pada pembuatan larutan MFC bambu terhadap kekuatan tarik dan sifat morfologi dari bioplastik yang dihasilkan.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Batang bambu (*Dendrocalamus asper*) yang digunakan berumur tiga tahun dari ladang bambu di Sragen Jawa Tengah dengan mengambil satu meter batang dari bawah. Pati sagu komersial yang digunakan adalah produksi PT. Budi Starch & Sweetener, Tbk., Lampung-Indonesia, *potassium chloride* (KCl) konsentrasi 70% dan *potassium hydroxide* (KOH) konsentrasi 70% diperoleh dari distributor bahan kimia di Semarang, *hydrogen peroxide* (H₂O₂) konsentrasi 50% dan alkohol konsentrasi 96% disuplai PT. Brataco, Semarang, toluene konsentrasi 99,5% diproduksi oleh Mallinckrodt Chemicals-USA.

Metode

Persiapan serbuk bambu

Bambu dipotong dan dicacah sebelum dimasukan ke dalam *mini crusher* (ROCIA QS5-15p/3). Hasil keluaran dari proses tersebut berupa serbuk, kemudian diayak dengan ukuran 150 μ m agar homogen. Serbuk bambu dicuci dengan air panas 90°C sebanyak tiga kali untuk mengurangi impuritas (Zhang, 2015).

Isolasi MFC bambu

Proses Isolasi MFC bambu merupakan modifikasi dari beberapa penelitian yang dilakukan oleh Wang dkk., (2015) dan Zhang dkk., (2015).

Isolasi MFC bambu dilakukan dalam tiga tahap, yaitu: *dewax*, *delignifikasi* dan *bleaching*. Proses *dewax* dilakukan dengan cara ekstraksi menggunakan toluena-alkohol (2:1 v/v) selama 6 jam. Proses *delignifikasi* dilakukan dengan cara mencampurkan hasil dari proses *dewax* ke dalam larutan *potassium hydroxide* (KOH) 2% b/v yang dipanaskan pada suhu 90°C dengan pengadukan *magnetic stirrer*. Proses ini dilakukan untuk menghilangkan hemiselulosa pada serbuk bambu. Adonan disaring dan dikeringkan pada suhu ruangan. Proses *bleaching* dilakukan dengan cara mencampurkan adonan ke dalam larutan *hydrogen peroxide* (H₂O₂) 2% v/v yang dipanaskan pada suhu 55°C dengan pengadukan *magnetic stirrer*. Proses tersebut dilakukan untuk mengurangi kandungan lignin pada pulp. Pulp atau selulosa disaring dan dicuci dengan aquades hingga pH netral. MFC bambu dikeringkan pada suhu 110°C selama 2 jam menggunakan oven (WTC Binder) dan digiling untuk mendapatkan ukuran partikel yang homogen (Nguyen dkk., 2013; Wang dkk., 2015; Zhang dkk., 2015; Seo dan Kim, 2015).

Pembuatan bioplastik

Pembuatan larutan pati sagu dilakukan dengan menambahkan 4 g pati sagu ke dalam 100 ml air (Bhat, dkk., 2013). Larutan MFC bambu dibuat dengan mencampurkan MFC bambu konsentrasi 0; 0,5; 1; 1,5; 3; dan 5% b/b ke dalam larutan KCl dengan konsentrasi 1; 2; dan 3% b/v. Pencampuran larutan tersebut dilakukan menggunakan *ultrasonic homogenizer* (FS-250 N) hingga MFC bambu terbentuk suspensi. Larutan suspensi MFC bambu dicampurkan ke dalam larutan pati sagu (1:3 v/v) dan diaduk selama 30 menit. Larutan bioplastik dipanaskan pada suhu 90°C (suhu gelatinisasi) menggunakan *hot plate* (Thermo Scientific) dan ditambahkan gliserol sebanyak 0,3% b/b. Larutan bioplastik dicetak pada cetakan akrilik dan dikeringkan pada suhu ruang.

Pengukuran

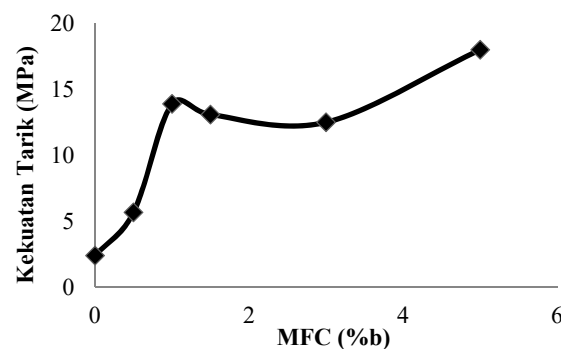
Bioplastik yang dihasilkan dianalisa secara mekanik dengan mengukur nilai kuat tarik menggunakan alat *Lloyd Instruments Texture Analyzer plus* di Laboratorium Teknologi Pangan, Universitas Katolik Soegijapranata (Unika) Semarang. Analisa secara morfologi dilakukan dengan pengukuran *Scanning Electron Microscope* (SEM) menggunakan alat SEM-Phenom di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju, Universitas Negeri Malang. Analisa secara struktur dilakukan dengan uji *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) menggunakan alat Quest Diamont ATR (SPECAC) yang dilakukan di Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Kuat Tarik

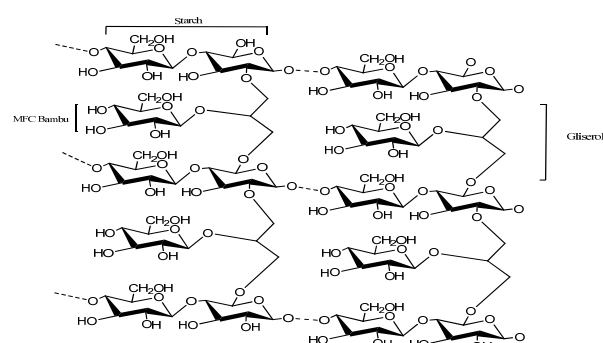
Hasil pengukuran nilai kuat tarik pada bioplastik pati sagu dengan penambahan MFC bambu

disajikan dalam Gambar 1. Gambar 1 merupakan kenaikan nilai kuat tarik bioplastik terhadap penambahan MFC bambu. Penambahan MFC bambu dengan konsentrasi 0,5; 1; 1,5; 3 dan 5% b/b menghasilkan nilai kuat tarik berturut-turut sebesar 5,66; 13,89; 13,08; 12,49 dan 17,99 MPa.



Gambar 1. Grafik hasil pengaruh penambahan MFC bambu terhadap nilai kuat tarik

Nilai kuat tarik terbaik diperoleh sebesar 17,99 MPa yaitu pada bioplastik pati sagu dengan penambahan MFC bambu sebanyak 5% b/b. Peningkatan nilai kuat tarik terjadi karena MFC bambu terdistribusi secara sempurna sebagai pengisi dengan menempati ruang-ruang pada kerangka matriks pati sagu. Pemanasan sebagai proses gelatinisasi dilakukan untuk mengeratkan MFC bambu pada matriks pati sagu. Rangkaian matriks dan pengisi MFC bambu terjalin dengan adanya ikatan gugus OH antara pati dengan selulosa sehingga matriks pati sagu lebih kuat. Penambahan gliserol dilakukan sebagai pemplastis yang menjembatani MFC bambu dengan pati sagu sehingga bioplastik yang dihasilkan menjadi elastis. Skema rangkaian tersebut disajikan pada Gambar 2.



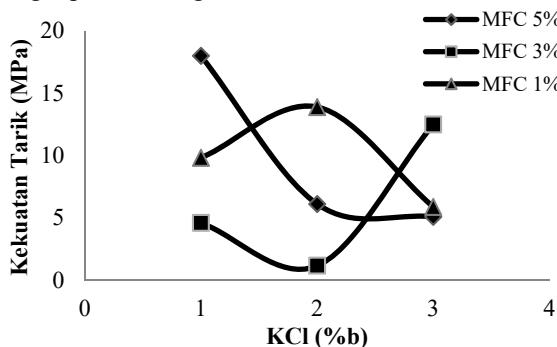
Gambar 2. Skema ikatan gugus OH pada bioplastik

Pada Gambar 2 terlihat bahwa penambahan MFC bambu 1,5% dan 3% mengalami penurunan, namun secara umum mengalami peningkatan dibandingkan dengan bioplastik tanpa penambahan MFC bambu. Penurunan nilai kuat tarik tersebut disebabkan karena pengadukan dalam proses gelatinisasi yang tidak tepat sehingga distribusi selulosa pada matriks tidak merata. Hal ini

mempengaruhi ikatan gugus OH pada gliserol yang tidak sempurna sehingga bioplastik menjadi lentur dan mudah putus. Pengaturan skala pengadukan perlu diperhatikan karena akan mempengaruhi distribusi MFC bambu pada matriks pati sagu.

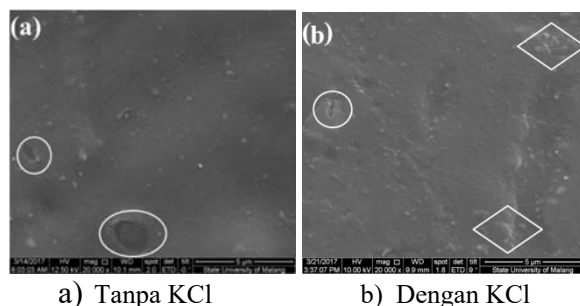
Pengaruh Penambahan KCl terhadap Nilai Kuat Tarik

Hasil pengukuran nilai kuat tarik pada bioplastik terhadap penambahan KCl disajikan dalam Gambar 3. Gambar 3 merupakan nilai kuat tarik dari bioplastik pati sagu dengan penambahan MFC bambu pada masing-masing konsentrasi larutan KCl. Hasil yang diperoleh sangat bervariasi.



Gambar 3. Grafik hasil perbandingan penambahan KCl terhadap nilai kuat tarik

Pada Gambar 3, penambahan KCl dengan konsentrasi 1% b/v menghasilkan nilai kuat tarik terbaik sebesar 17,99 MPa yaitu pada larutan MFC bambu 5%. Pada penambahan KCl dengan konsentrasi 2% b/v menghasilkan nilai kuat tarik terbaik adalah 13,89 MPa yaitu pada larutan MFC bambu 1% b/b, dan penambahan KCl dengan konsentrasi 3% menghasilkan nilai kuat tarik terbaik sebesar 12,49 MPa yaitu pada larutan MFC bambu 3% b/b. Hasil tersebut menjelaskan bahwa penambahan KCl dalam pembuatan larutan MFC bambu tidak berpengaruh terhadap nilai kuat tarik. Hal itu disebabkan karena KCl hanya berperan sebagai agen pendispersi pada pembuatan larutan MFC bambu. KCl juga tidak bereaksi dalam larutan bioplastik, hasil tersebut dibuktikan dalam hasil analisa SEM pada Gambar 4.

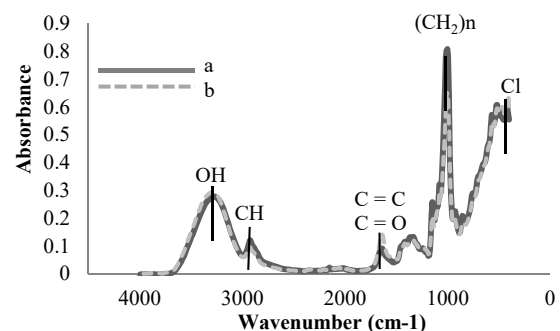


Gambar 4. Hasil analisa SEM: (a) bioplastik tanpa agen pendispersi KCl dan (b) dengan agen pendispersi KCl, dalam perbesaran 20.000 kali

Gambar 4 merupakan foto permukaan bioplastik berbahan pati sagu. Pada Gambar 4(a), permukaan bioplastik terlihat lebih halus dan merata, sedangkan pada Gambar 4(b) terlihat adanya titik putih yang mengindikasikan adanya KCl jenuh. KCl jenuh ini muncul akibat dari proses pelarutan yang tidak sempurna sehingga masih menyisakan butiran KCl. Namun, pada Gambar 4(a) terlihat adanya kawah berukuran besar yang kemungkinan adalah gelembung udara, sedangkan pada Gambar 4(b), kawah yang muncul berukuran lebih kecil. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa KCl mampu mengurangi kawah atau gelembung udara dengan bantuan proses menggunakan ultrasonik homogenizer.

Penambahan KCl mampu mereduksi waktu proses pembuatan larutan MFC bambu hingga ±10 menit. Hal itu terjadi karena kondisi permukaan air lebih stabil. Penambahan MFC bambu dalam air menghasilkan fenomena tarik-menarik elektrostatis sehingga permukaan larutan menjadi tidak stabil. KCl yang ditambahkan ke dalam larutan MFC bambu, terionisasi menjadi K⁺ dan Cl⁻. Kation K⁺ akan menstabilkan permukaan pada larutan MFC bambu sehingga proses suspensi dari MFC bambu lebih cepat (Zhang, 2015).

Pengukuran FTIR



Gambar 5. Hasil analisa FTIR: (a) bioplastik tanpa agen pendispersi KCl dan (b) bioplastik dengan agen pendispersi KCl

Gambar 5 merupakan hasil pengukuran FTIR pada bioplastik terdispersi KCl yang dibandingkan dengan bioplastik tanpa terdispersi KCl. Hasil tersebut menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan pada frekuensi gelombang yang dihasilkan, sehingga disimpulkan tidak terjadi penambahan gugus baru. Frekuensi gelombang 3350–3175 cm⁻¹ mengindikasikan adanya ikatan OH (Zhbankov, 1966). Pada line a, puncak muncul pada frekuensi gelombang 3240,41;0,27 dan puncak line b muncul pada 3248,13;0,28 yang merupakan gugus OH dari pati sagu, MFC bambu dan gliserol. Frekuensi gelombang 3000-2850 cm⁻¹ mengindikasi adanya gugus CH alkana (Zhbankov, 1966). Pada line a, puncak muncul pada frekuensi gelombang 2916,37;0,11 dan puncak line b muncul pada 2939,51;0,08 yang merupakan sisa hemiselulosa dari

proses delignifikasi dan perubahan struktur dari ikatan C-H menyebabkan puncak bergeser ke arah maksimum. Ikatan rangkap muncul pada frekuensi 1700-1490 cm^{-1} seperti C=O atau C=C dari senyawa aromatik (Zhbakov, 1966). Pada *line a*, puncak muncul pada frekuensi gelombang 1627,92;0,08 dan puncak *line b* muncul pada frekuensi gelombang 1635,07;0,14 yang merupakan sisa lignin dari proses *bleaching*. Lignin merupakan senyawa kompleks sehingga sulit untuk berikatan dengan senyawa lain. Frekuensi gelombang 1200-900 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus dari kelompok $(\text{CH}_2)_n$ termasuk CH_2OH dengan struktur cincin. Puncak *line a* muncul pada frekuensi 1002,98;0,8 dan puncak *line b* muncul pada frekuensi 1002,98;0,65 merupakan akibat dari penambahan gliserol sebagai sumber senyawa $-(\text{CH}_2)_n$. Frekuensi gelombang 600-350 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus -Cl atau -C-Cl. Puncak *line a* muncul pada frekuensi gelombang 432,05;0,58 dan puncak *line b* muncul pada frekuensi gelombang 408,91;0,64.

Tinggi puncak absorpsi pada *line a* dan *line b* di beberapa frekuensi gelombang terlihat berbeda. Hal itu diakibatkan oleh perbedaan kemampuan gugus dalam menyerap sinar radiasi yang ditembakkan pada sampel. Pada frekuensi gelombang gugus OH, puncak *line b* lebih tinggi dari pada puncak *line a*. Namun, perbedaan tingginya hanya 0,01 sehingga dianggap energi yang diserap sama. Pada frekuensi gelombang gugus CH, puncak *line a* lebih tinggi daripada puncak *line b* yaitu selisih 0,03. Hal ini disebabkan karena *line a* mengandung lebih banyak gugus CH dari kandungan hemiselulosa sehingga memiliki kemampuan menyerap energi elektromagnetik lebih besar. Sedangkan pada *line b*, absorpsi lebih rendah karena KCl yang terkandung mampu menekan gugus CH sehingga energi yang diserap lebih sedikit. Pada frekuensi gelombang gugus rangkap terlihat puncak *line b* lebih tinggi daripada puncak *line a* dengan selisih absorpsi sekitar 0,08. Indikasi tersebut disebabkan oleh sisa lignin yang ada pada sampel bioplastik terdispersi KCl sehingga mampu menyerap energi lebih besar. Pada frekuensi gelombang $(\text{CH}_2)_n$ terlihat puncak *line a* lebih tinggi daripada puncak *line b* dengan selisih cukup tinggi yaitu 0,2. Hal ini disebabkan oleh KCl yang berikatan dengan gugus OH dari pati ataupun selulosa sehingga energi yang diserap lebih sedikit. Frekuensi gelombang -C-Cl terlihat puncak *line a* lebih rendah daripada *line b*, hal tersebut disebabkan karena tidak ada penambahan KCl sehingga kemampuan menyerap energi dari gelombang elektromagnetik lebih kecil.

KESIMPULAN

Nilai kuat tarik bioplastik pati sago meningkat dengan penambahan MFC bambu sebagai penguat. Hasil pengukuran nilai kuat tarik terbaik diperoleh sebesar 17,99 MPa dengan komposisi MFC bambu 5% b/b terdispersi KCl 1% b/v.

Penambahan KCl pada pembuatan larutan MFC bambu dengan menggunakan ultrasonik homogenizer mampu mengurangi kawah atau gelembung udara pada permukaan bioplastik pati sago. Namun, KCl masih meninggalkan titik putih pada permukaan bioplastik karena KCl tidak bereaksi dalam larutan MFC bambu. Kesimpulan tersebut dibuktikan dengan hasil analisa FTIR yang menunjukkan tidak terjadinya gugus baru pada bioplastik terdispersi KCl.

DAFTAR PUSTAKA

- Abolibda, M.T.Z., (2015), *Starch Based Bio-Plastics*, Thesis, University of Leicester, Leicester.
- Bhat, R., Abdullah, N., Din, R.H., and Tay, G.S., (2013), Producing Novel Sago Starch Based Food Packaging Films by Incorporating Lignin Isolated from Oil Palm Black Liquor Waste, *Journal of Food Engineering*, 119(4), pp. 707-713.
- Bhattacharya, D., Germinario, L.T., and Winter, W.T., (2008), Isolation, Preparation and Characterization of Cellulose Microfibers Obtained from Bagasse, *Journal of Carbohydrate Polymers*, 73(3), pp. 371-377.
- Chang, F., Lee, S.H., Toba, K., Nagatani, A., and Endo, T., (2012), Bamboo Nanofiber Preparation by HCW and Grinding Treatment and Its Application for Nanocomposite, *Wood Science and Technology*, 46(1-3), pp. 393-403.
- Flach, M., (1997), *Sago Palm. Metroxylon Sagu Rottb. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops*, Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, ISBN 92-9043-314-X
- Habibi, Y., Mahrouz, M., and Vignon, M. R., (2009), Microfibrillated Cellulose from the Peel of Prickly Pear Fruits, *Food Chemistry*, 115(2), pp. 423-429.
- Jerez, A., Partal, P., Mart, I., Gallegos, C., and Guerrero, A., (2005), Rheology and Processing of Gluten Based Bioplastics, *Journal of Bioplastics*, 26, pp. 131-138.
- Jerez, A., Partal, P., Martínez, I., Gallegos, C., and Guerrero, A., (2007), Protein-based Bioplastics: Effect of Thermo-Mechanical Processing, *Rheol Acta*, 46, pp. 711-720.
- Nafchi, A.M., Karim, A.A., Mahmud, S., and Robal, M., (2012), Antimicrobial, Rheological, and Physicochemical Properties of Sago Starch Films Filled with Nanorod-rich Zinc Oxide. *Journal of Food Engineering*, 113(4), pp. 511-519.

Nguyen, H.D., Thi Thanh, T.M., Ngoc, B.N., Thanh,

- D.D., My Loan, P.L., Tan, T.D., and Van, M.T., (2013), A Novel Method for Preparing Microfibrillated Cellulose from Bamboo Fiber, *Nanosci. Nanotechnol*, 4, pp. 015-016.
- OPEC, (2017), OPEC Share of World Crude Oil Reserves, 2016. Available at : http://www.opec.org/opec_web/en/data_graphs/330.htm. [Mei, 2017].
- Ray, A.K., Mondal, S., Das, S.K., and Ramachandrarao, P., (2005), Bamboo - A Functionally Graded Composite-Correlation between Microstructure and Mechanical Strength, *Journal of Materials Science*, 40, pp. 5249–5253.
- Seo, J.H. and Kim, H.J., (2015), Effect of H₂O₂ Bleaching with Ultrasonication on the Properties of Thermomechanical Pulp and Unbleached Kraft Pulp, *Ultrasonics Sonochemistry*, 23, pp. 347–353.
- Silviana and Hadiyanto, (2017), Preparation of Sago Starch-Based Biocomposite Reinforced Microfibrillated Cellulose of Bamboo Assisted by Mechanical Treatment, *American Institute of Physics*, 1885, pp. 030024-1–030024-5.
- Siracusa, V., Rocculi, P., Romani, S., and Rosa, M.D., (2008), Biodegradable Polymers for Food Packaging: A Review, *Trends in Food Science and Technology*, 19(12), pp. 634–643.
- Wang, H., Xuexia, Z., Zehui, J., Wanju, L., Yan, Y., (2015), A Comparison Study on The Preparation of Nanocellulose Fibrils from Fibers and Parenchymal Cells in Bamboo (*Phyllostachys Pubescens*), *Industrial Crops and Products*, 71, pp. 80-88.
- Widjaja, E.A. and Karsono, (2005), Keanekaragaman Bambu di Pulau Sumba, *Biodiversitas*, 6(21), hal. 95–99.
- Xie, F., Pollet, E., Halley, P.J., and Averous, L., (2013), Starch-based Nano-Biocomposites, *Progress in Polymer Science*, 38(10-11), pp. 1590–1628.
- Zhang, X., Yu, Y., Li, W., Ren, D., and Wang, H., (2015), An Efficient Dispersive Agent - KCl for Ultrasonic Preparation of Microfibrillated Cellulose (MFC), *BioResources*, 10, pp. 6635–6642.