

Bioplastik Berbasis Galaktomanan Hasil Ekstraksi Ampas Kelapa Dengan Campuran Polyvinyl Alkohol

Nofita Sari*, Maudy Mairisy, Riska Kurniasari, Sari Purnavita

Program Studi Teknik Kimia, Politeknik Katolik Mangunwijaya
Jl. Sriwijaya 104 Semarang, Jawa Tengah 50242
Email : nofitasari2213@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimum yang meliputi luas permukaan dan jumlah solven pada proses ekstraksi galaktomanan dari ampas kelapa terhadap *yield* yang dihasilkan dan mendapatkan kondisi optimum pada proses pembuatan bioplastik yang meliputi jumlah sorbitol dan waktu pencampuran terhadap karakteristik bioplastik yang meliputi ketebalan, ketahanan air, kuat tarik, elongasi, waktu degradasi dan morfologi. Bioplastik merupakan plastik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme dalam waktu yang singkat, sehingga lebih ramah lingkungan dibandingkan plastik konvensional. Bioplastik terbuat dari bahan polimer alami seperti pati, selulosa atau lemak. Penelitian pembuatan bioplastik ini berbasis dari galaktomanan ampas kelapa dan PVA. Galaktomanan merupakan polimer alami yang memiliki kemampuan membuat lapisan film. Polyvinyl alkohol (PVA) merupakan polimer sintetik namun memiliki sifat mudah larut dalam air sehingga dapat digunakan sebagai bahan campuran pembuatan bioplastik. PVA juga mampu meningkatkan elastisitas dan kuat tarik bioplastik. Penelitian ini menghasilkan bioplastik dengan ketebalan terbaik 0,18 mm dan prosentase ketahanan air tertinggi 74,76%. *Tensile strength* bioplastik terbaik dengan nilai 7,55 MPa, sedangkan prosentase *elongation* terbaik 46,81%. Bioplastik pada penelitian ini memiliki titik leleh (MP) 120°C dan terdegradasi sempurna dalam 24 jam.

Kata kunci: bioplastik, Galaktomanan, PVA.

Abstract

Galactomannan Based Bioplastics Produced by Coconut Pulp Extract with Polyvinyl Alcohol Mixture

This study aims to obtain optimum conditions which are including surface area and amount of solvent in the galactomannan extraction process from coconut pulp to the produced yield and obtaining the optimum conditions in the bioplastic manufacturing process which are included the amount of sorbitol and mixing time of the bioplastic characteristics including thickness, water resistance, tensile strength, elongation, degradation time and morphology. Bioplastics are plastics that can be decomposed by microorganisms in a short time, making them more environmentally friendly than conventional plastics bioplastics made from natural polymer materials such as starch, cellulose, or fat. The research in making bioplastics was based on galactomannan coconut pulp and PVA. Galactomannan is a natural polymer that can make film layers. Polyvinyl alcohol (PVA) is a synthetic polymer but has properties that are soluble in water so it can be used as a mixture of bioplastics. PVA is also able to increase the elasticity and strong pull of bioplastics. This study produced bioplastics with the best thickness of 0,18mm and the highest percentage of water resistance in 74,76%. The best bioplastic tensile strength at 7,55 MPa value, while the best percentage of elongation 46,81%. Bioplastics in this study had a melting point (MP) of 120 ° C and were degraded correctly in 24 hours.

Keywords: bioplastics, galactomannan, PVA

PENDAHULUAN

Plastik merupakan bahan kemasan pangan yang paling populer digunakan. Plastik banyak digunakan diberbagai sektor kehidupan. Hampir setiap produk industri menggunakan plastik sebagai pengemas. Setiap tahun sekitar 100 juta ton plastik diproduksi di dunia untuk digunakan di berbagai sektor industri dan sekitar itulah limbah plastik yang dihasilkan setiap tahun (Arini, 2017).

Menurut Melani (2017), untuk memenuhi kebutuhan plastik dalam kehidupan sehari-hari, sebanyak 100 juta ton plastik konvensional berbahan dasar petroleum di produksi tiap tahun dibutuhkan 7 juta barel minyak per hari untuk memperoleh bahan dasar plastik dan untuk memproduksinya. Selain itu, untuk mendaur ulang sampah plastik dibutuhkan biaya yang lebih tinggi dibandingkan dengan memproduksinya. Maka diperlukan pemikiran dan teknologi baru untuk membuat plastik yang ramah lingkungan (bioplastik).

Bioplastik merupakan plastik ramah lingkungan karena mudah diurai oleh mikroorganisme dibandingkan plastik konvensional. Bioplastik memiliki kegunaan yang sama seperti plastik sintesis atau plastik konvensional (Sari, 2015). Menurut Rohman (2016), Bioplastik adalah jenis plastik yang hampir keseluruhannya terbuat dari bahan yang dapat diperbaharui dan mudah terdegradasi oleh tanah. Bioplastik dapat terbuat dari bahan polimer alami seperti pati, selulosa, galaktomanan, dan lain-lain. Menurut Rindengan (2015), ampas kelapa kering mengandung 61% galaktomanan. Galaktomanan merupakan polimer organik yang mengandung unit mannopironisa dan galaktopiranosa. Galaktomanan memiliki kemampuan membuat lapisan film sehingga sangat berpotensi sebagai bahan baku pembuatan bioplastik.

Bioplastik yang terbuat dari satu komponen memiliki sifat yang rapuh, sehingga dibutuhkan bahan polimer lain untuk mendukung sifat plastik. Bahan polimer yang dapat digunakan dalam pembuatan bioplastik adalah PVA. PVA merupakan polimer sintetik namun dapat terdegradasi secara alami. PVA memiliki kekuatan tarik yang tinggi, fleksibilitas yang baik, dan sifat penghalang oksigen yang baik (Purnavita, 2018). Dalam penelitian ini *plasticizer* yang digunakan

dalam pembuatan bioplastik selain PVA adalah sorbitol. Menurut Hidayati (2015), penggunaan sorbitol diketahui lebih efektif dibandingkan gliserol. Bioplastik dengan *plasticizer* sorbitol memiliki permeabilitas oksigen lebih rendah.

Penelitian ini fokus pada pembuatan bioplastik untuk mendapatkan kondisi optimum penelitian, yaitu jumlah sorbitol dan waktu pencampuran terhadap karakterisasi bioplastik. Karakterisasi bioplastik dalam penelitian ini dilakukan analisa meliputi ketebalan, ketahanan air, *tensile strength*, *elongation*, waktu degradasi, morfologi, *melting point* (MP) dan struktur gugus fungsi bioplastik menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan bioplastik dengan hasil kondisi terbaik sehingga mampu menggantikan penggunaan plastik konvensional dengan bioplastik yang ramah lingkungan.

METODOLOGI

Bahan-bahan yang digunakan meliputi ampas kelapa yang diperoleh dari rumah makan padang hayam wuruk Semarang sebagai bahan baku penghasil galaktomanan, PVA, aquades, sorbitol yang diperoleh dari toko bahan kimia "candi sakti instrument" Semarang.

Variabel bebas pada penelitian ini yaitu jumlah sorbitol (0 ml; 0,5 ml; 1 ml; 1,5 ml; 2 ml) dan waktu pencampuran (25 menit; 35 menit) dengan variabel tetap jumlah galaktomanan 5 gram, jumlah PVA 5 gram dan suhu pencampuran 70°C. Variabel terikat pada penelitian ini adalah karakterisasi bioplastik seperti ketebalan, ketahanan air, *tensile strength*, *elongation*, morfologi, waktu degradasi, *Melting Point* (MP) dan FTIR.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RAL) dengan 2 kali pengulangan. Analisis data dilakukan secara statistik dengan uji F dan uji lanjutan. Pembuatan bioplastik dimulai dari melarutkan 5 gram PVA dengan 100 ml aquades dalam *beaker glass* hingga homogen. Pada *beaker glass* lain, 5 gram galaktomanan dilarutkan dengan 50 ml aquades hingga homogen. Setelah kedua bahan homogen dalam tematnya masing-masing, larutan galaktomanan dimasukkan kedalam larutan PVA. Sorbitol sesuai variabel yang

telah ditentukan (0 ml, 0,5 ml, 1 ml, 1,5 ml, 2 ml) dimasukkan kedalam campuran PVA dan galaktomanan serta dilakukan pemanasan hingga suhu 70°C selama variabel waktu pencampuran yang ditentukan (25 menit dan 35 menit) dengan pengadukan menggunakan *magnetic bar* skala 6. Pencampuran selesai sesuai variabel waktu pencampuran dan dilanjutkan *degassing* selama 10 menit untuk menghilangkan udara dalam larutan dalam keadaan pengadukan tetap berjalan namun tanpa pemanasan. Setelah *degassing* selesai, larutan bioplastik dituang kedalam gelas ukur hingga volume 75 ml. Campuran kemudian dimasukkan ke dalam cetakan yang selanjutnya dipanaskan dalam oven pada suhu 60°C (Harsojuwono *et al.*, 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian pembuatan bioplastik berbasis galaktomanan hasil ekstraksi dari ampas kelapa dengan campuran PVA, langkah pertama yang dilakukan menyiapkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian. Bioplastik dibuat dari 5 gram galaktomanan yang dilarutkan dengan aquades 50 ml dan 5 gram PVA yang dilarutkan dengan aquades 100 ml serta penambahan sorbitol (0 ml, 0,5 ml, 1 ml, 1,5 ml dan 2 ml). pembuatan bioplastik dilakukan dengan pemanasan 70°C selama waktu pencampuran 25 menit dan 35 menit dengan pengadukan menggunakan *magnetic bar* skala 6. Larutan bioplastik dicetak dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C untuk dihasilkan bioplastik sesuai karakterisasi yang diinginkan.

Analisa ketebalan bioplastik menurut ulangan dan kombinasi perlakuan

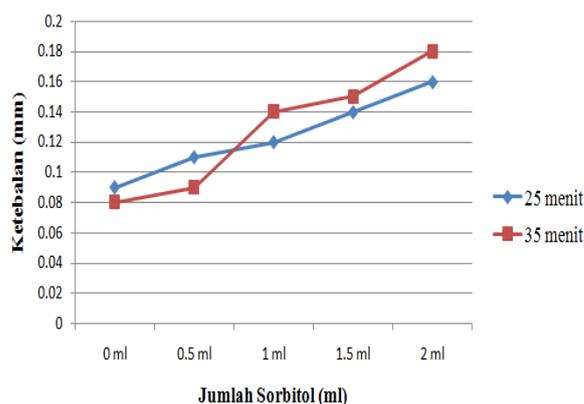
Pada Gambar 1 menunjukkan hasil analisa ketebalan bioplastik. Hasil analisa ketebalan bioplastik dilakukan uji statistik dengan uji F. hasil uji statistika menunjukkan bahwa ulangan dan kombinasi antara jumlah sorbitol dan waktu pencampuran berengaruh sangat nyata terhadap ketebalan bioplastik. Dari kombinasi tersebut, waktu pencampuran memberikan pengaruh sangat nyata terhadap ketebalan bioplastik. Kombinasi tersebut berarti bahwa semakin banyak penambahan jumlah sorbitol maka bioplastik yang dihasilkan menjadi semakin tebal karena total volume akhir bioplastik juga bertambah karena meningkatkan total padatan dalam larutan

bioplastik hal ini sama dengan penelitian Anggraeni (2016) bahwa semakin banyak penambahan sorbitol maka ketebalan bioplastik semakin tebal. Waktu pencampuran bioplastik berpengaruh sangat nyata pada ketebalan bioplastik. Hal ini terjadi karena semakin lama waktu pemanasan maka komponen volatil akan menguap sehingga viskositas larutan bioplastik semakin tinggi. Ketebalan bioplastik terbaik pada variabel waktu pencampuran 35 menit dan jumlah sorbitol 2 ml dengan nilai ketebalan 0,18 mm.

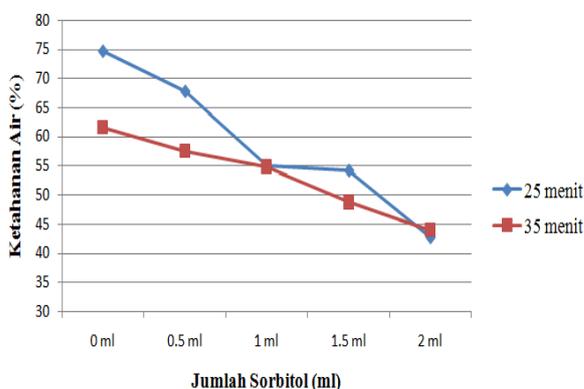
Analisa ketahanan air bioplastik menurut ulangan dan kombinasi perlakuan

Hasil analisa ketahanan air bioplastik berdasarkan pengaruh jumlah sorbitol dan waktu pencampuran ditunjukkan pada Gambar 2.

Analisa ketahanan air dilakukan untuk mengetahui terjadinya ikatan dalam polimer serta



Gambar 1. Grafik pengaruh jumlah sorbitol dan waktu pencampuran terhadap ketebalan bioplastik



Gambar 2. Grafik pengaruh jumlah sorbitol dan waktu pencampuran terhadap ketahanan air bioplastik

tingkatan ikatan dalam polimer yang ditentukan melalui prosentase penambahan berat polimer setelah terjadinya penyerapan air. Prosentase penembangan bioplastik oleh adanya air ditentukan dengan uji *swelling*. Semakin rendah nilai penyerapan air maka sidat bioplastik akan semakin baik, sedangkan semakin tinggi penyerapan air maka sifat bioplastik akan semakin buruk (Coniwanti *et al.*, 2014). Pada Gambar 2 menunjukkan grafik hasil analisa ketahanan air pada bioplastik hasil penelitian. Hasil analisa ketahanan air dilakukan uji statistika. Hasil uji statistika menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan antara jumlah sorbitol dan waktu pencampuran berpengaruh sangat nyata terhadap ketahanan air bioplastik. Dari kombinasi perlakuan tersebut, jumlah sorbitol sangat berpengaruh terhadap prosentase ketahanan air. Gambar 2 menunjukkan semakin banyak penambahan jumlah sorbitol maka bioplastik yang dihasilkan ketahanan airnya semakin buruk karena sorbitol bersifat hidrofilik. Waktu proses pencampuran bioplastik juga berpengaruh pada ketahanan air bioplastik. Semakin lama waktu pencampuran maka ketahanan air bioplastik semakin baik. Hal ini terjadi karena semakin lama waktu pemanasan maka komponen volatil akan menguap sehingga kemungkinan kandungan air dalam larutan bioplastik semakin sedikit. Bioplastik dengan ketahanan air terbaik pada variabel waktu pencampuran 25 menit dan jumlah sorbitol 0 ml dengan prosentase 74,76%. Hasil penelitian ini sama dengan penelitian Setiawan, *et al.* (2015) bahwa semakin banyak sorbitol yang ditambahkan sebagai *plasticizer* bioplastik maka ketahanan air bioplastik semakin menurun.

Analisa *tensile strength* dan *elongation* bioplastik menurut ulangan dan kombinasi perlakuan

Hasil analisa *tensile strength* dan *elongation* bioplastik berdasarkan pengaruh jumlah sorbitol dan waktu pencampuran pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.

Tensile strength menunjukkan nilai maksimum yang diperoleh ketika dilakukan uji tarik. Bioplastik dengan nilai *tensile strength* yang tinggi mampu melindungi produk yang dikemasnya (Hasanah *et al.*, 2017). Gambar 3(a) menunjukkan grafik hasil analisa *tensile strengt*,

sedangkan Gambar 3(b) menunjukkan grafik hasil analisa *elongation* bioplastik. Gambar 3 (a) menunjukkan nilai *tensile strength* terbaik pada bioplastik dengan waktu pencampuran 35 menit dan pada penambahan sorbitol 1 ml dengan nilai *tensile strength* 7,55 Mpa. Gambar 3(b) menunjukkan bahwa bioplastik dengan prosentase *elongation* terbaik pada bioplastik dengan jumlah sorbitol 1,5 ml dengan prosentase 46,81% pada waktu pencampuran 25 menit. Dari kedua grafik hasil analisa dapat disimpulkan bahwa penambahan sorbitol terlalu banyak dapat menurunkan nilai *tensile trength*, tetapi akan meningkatkan nilai elastisitas bioplastik tersebut. Penelitian ini sama dengan hasil penelitian dari Setiawan, *et al.* (2015). Penambahan sorbitol yang terlalu banyak dapat menurunkan nilai *tensile strength*, hal ini disebabkan karena sorbitol atau *plasticizer* akan mengurangi nilai *tensile strength* dari bioplastik, namun menyebabkan bioplastik memiliki nilai elastisitas tinggi.

Analisa morfologi bioplastik menurut ulangan dan kombinasi perlakuan

Analisa morfologi bertujuan untuk mengetahui kondisi permukaan bioplastik yang dihasilkan dengan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 100x. Hasil analisa morfologi ditunjukkan pada Gambar 4.

Terlihat pada Gambar 4 bahwa bioplastik dengan waktu pencampuran 35 menit memiliki permukaan lebih halus dibandingkan permukaan bioplastik pada waktu pencampuran 25 menit. Permukaan bioplastik semakin halus ini menunjukkan bahwa kerapatan pori-pori bioplastik sudah baik hal ini dipengaruhi oleh jumlah padatan terlarut dalam bioplastik. Hal ini sama dengan penelitian Kairina (2014) bahwa semakin homogen larutan bioplastik maka kerapatan pori-pori bioplastik semakin baik. Menurut Pamilia (2014) morfologi plastik dipengaruhi oleh waktu pencampuran. Semakin lama waktu pencampuran maka penyebaran partikel semakin merata sehingga permukaan lebih halus yang ditandai dengan sedikitnya gelembung pada plastik.

Analisa waktu degradasi bioplastik menurut ulangan dan kombinasi perlakuan

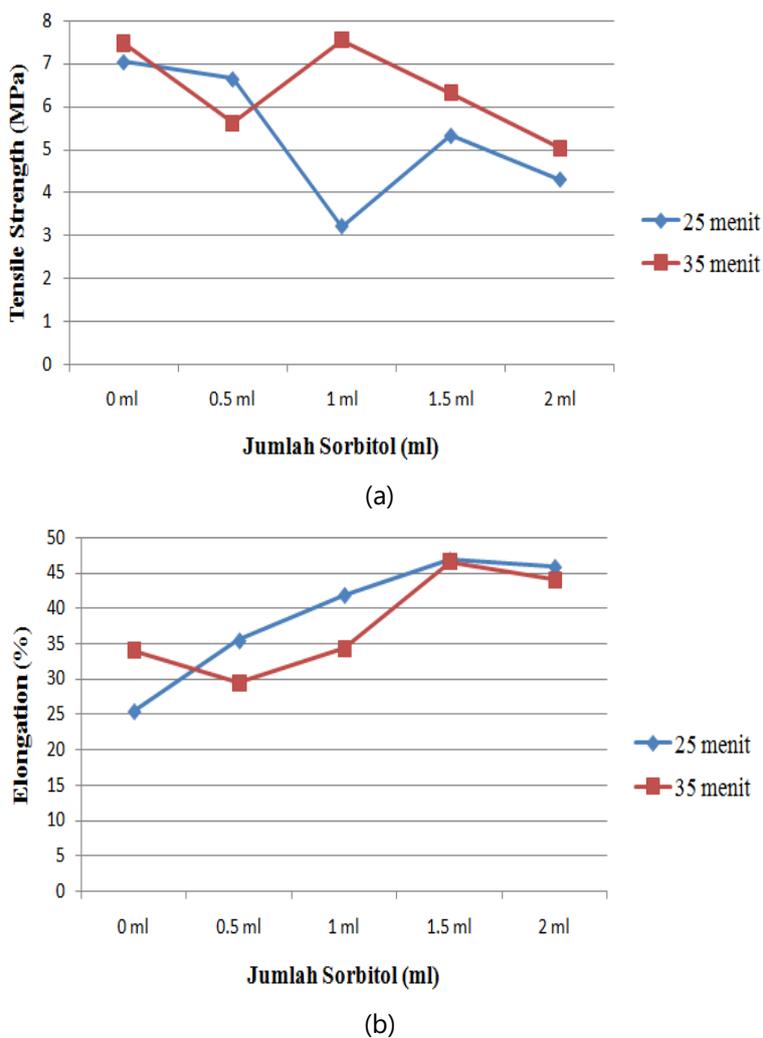
Analisa degradasi bertujuan untuk mengetahui kemampuan mikroorganisme untuk

mendegradasi bioplastik. Bioplastik hasil penelitian dilakukan analisa waktu degradasi menggunakan bakteri EM4 sebagai mikroorganismenya. Bakteri EM4 yang digunakan adalah bakteri yang digunakan untuk fermentasi bahan organik tanah. EM4 mengandung bakteri fermentasi dari genus *Lactobacillus*, jamur fermentasi, *Actinomyces* bakteri fotosintetik, bakteri pelarut fosfat dan ragi (Saputro *et al.*, 2017). Hasil uji biodegradabilitas menunjukkan bioplastik galaktomanan-PVA dapat terdegradasi sempurna dalam waktu 24 jam, sedangkan bioplastik komersil dapat terdegradasi sempurna dalam waktu lebih dari 30 hari. Terurainya bioplastik dalam waktu 24 jam dikarenakan bahan yang digunakan merupakan bahan alami sehingga

mudah terurai oleh mikroorganismenya. Hal ini menunjukkan bahwa bioplastik galaktomanan-PVA dapat terdegradasi lebih cepat dibandingkan bioplastik komersil.

Analisa *melting point* bioplastik menurut ulangan dan kombinasi perlakuan

Analisa *melting point* (MP) atau titik leleh dilakukan pada 4 sampel bioplastik hasil penelitian. Analisa MP menggunakan sampel dengan perbedaan jumlah sorbitol (0 ml dan 2 ml) dan perbedaan waktu pencampuran (25 menit dan 35 menit). *Melting point* dari semua sampel bioplastik tersebut mencapai suhu 120°C. *Melting point* dipengaruhi dengan banyak sedikitnya bahan organik yang digunakan dalam pembuatan



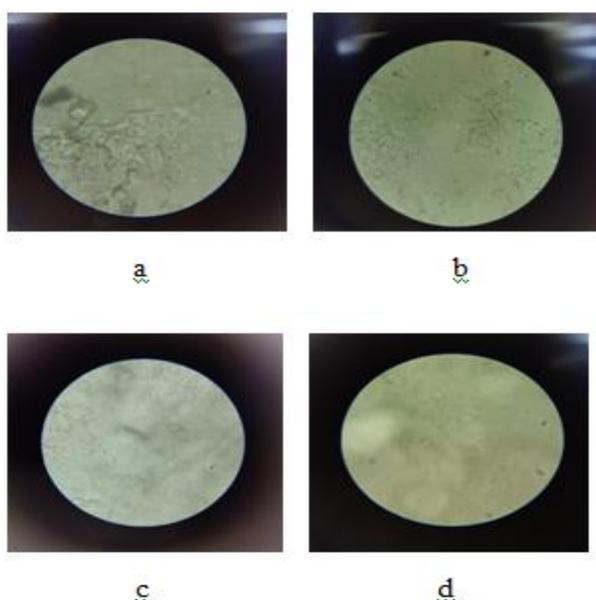
Gambar 3. Grafik pengaruh jumlah sorbitol dan waktu pencampuran terhadap *tensile strength* bioplastik (a) dan *elongation* (b)

bioplastik, semakin banyak bahan organik yang digunakan maka *melting point* bioplastik akan menurun. Hasil analisa *melting point* bioplastik galaktomanan-PVA dengan titik leleh 120°C hampir sama dengan hasil analisa MP dari penelitian Humaira (2012) dengan rentang suhu 100-118°C.

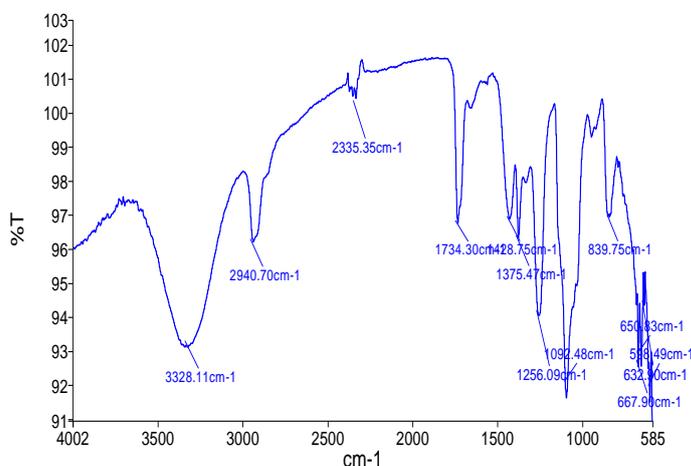
Analisa gugus fungsi bioplastik menggunakan FTIR

Gugus fungsi yang terbentuk pada bioplastik dari galaktomanan dan PVA tersaji Gambar 5. Gugus fungsi yang terbentuk pada

komposit bioplastik yang terbaik digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik profil permukaan dan gugus fungsi bioplastik (Harsojuwono *et al.*, 2017). Gambar 5 menunjukkan ada pita serapan kuat pada daerah panjang gelombang sekitar 3300 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus -OH tumpang tindih dengan -NH₂. Panjang gelombang sekitar 2900 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus -CH. Puncak pada daerah panjang gelombang sekitar 1700 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus -C=O tumpang tindih dengan gugus C-N yang menunjukkan adanya gugus fungsi amida. Pada puncak sekitar 1400 cm⁻¹



Gambar 4. (a) sorbitol 0 ml dan waktu pencampuran 25 menit; (b) sorbitol 2 ml dan waktu pencampuran 25 menit; (c) sorbitol 0 ml dan waktu pencampuran 35 menit; (d) sorbitol 2 ml dan waktu pencampuran 35 menit.



Gambar 5. Hasil analisa FTIR Bioplastik

menunjukkan gugus NH dengan gugus fungsi amina, sedangkan pada panjang gelombang sekitar 1300 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus CH amina. Panjang gelombang sekitar 1000 cm^{-1} dan 800 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-O dan C-C yang ada pada bioplastik dari galaktomanan dan PVA. Hasil analisa gugus fungsi FTIR pada penelitian sama dengan hasil analisa gugus fungsi pada penelitian Saputro, *et al.* (2017).

KESIMPULAN

Ketebalan bioplastik dengan hasil optimum pada jumlah sorbitol 2 ml dan waktu pencampuran 35 menit dengan ketebalan bioplastik 0,18 mm. Prosentase ketahanan air bioplastik terbaik adalah 74,76% pada jumlah sorbitol 0 ml dan waktu pencampuran 25 menit. *Tensile strength* terbaik pada jumlah sorbitol 1 ml dan 35 menit dengan nilai 7,55 Mpa, sedangkan hasil analisa *elongation* terbaik pada bioplastik dengan jumlah sorbitol 1,5 ml dan waktu pencampuran 25 menit dengan prosentase 46,81%. Hasil pengamatan morfologi menunjukkan bioplastik dengan permukaan terbaik pada bioplastik dengan jumlah sorbitol 2 ml dan waktu pencampuran 35 menit. Bioplastik hasil penelitian memiliki *melting point* pada suhu 120°C .

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Direktur Kemahasiswaan Dirjen. Belmawa KemenristekDikti dan Kepala LLDIKTI Wilayah VI Jawa Tengah selaku penyandang dana hibah PKMP tahun anggaran 2019 sesuai surat perjanjian pelaksanaan penugasan penelitian Hibah Bersaing Nomor: 755/SPK/KM.02.01/2019 Tanggal 22 April 2019, Direktur, Wadir Bidang III dan Ka.Prodi Teknik Kimia Politeknik Katolik Mangunwijaya yang telah memfasilitasi dan mengkoordinir pelaksanaan PKMP.

DAFTAR PUSTAKA

Anggraeni, Y., Sulistiawati, F. & Astria, D.N. 2016. Pengaruh Plasticizer Gliserol dan Sorbitol terhadap Karakteristik Film Penutup Luka Kitosan-Tripolifosfat yang Mengandung Asiatoksida. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*. 14(2):128-134.

Arini, D., Kasman & Ulum, M.S., 2017. Pembuatan dan Pengujian Sifat Mekanik Plastik Biodegradable Berbasis Tepung Biji Durian. *Journal of Science and Technology*. 6(3):276-283.

Coniwanti, P., Laila, L & Alfira, M.R. 2014. Pembuatan Film Plastik Biodegradable dari Pati Jagung dengan Penambahan Kitosan dan Pemplastis Gliserol. *Jurnal Teknik Kimia*. 4(20):22-30.

Harsojuwono, B.A., Arnata, I.W & Mulyani S. 2017. Bioplastic Characteristics From Cassava Starch Modified in Variations The Temperature and pH of Gelatinization. *Jurnal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 9(2):1-7.

Hasanah, Y.R & Haryanto. 2017. Pengaruh Penambahan Filler Kalsium Karbonat (CaCO_3) dan Clay terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradable Plastik dan Limbah Tapioka. *Jurnal Techno*. 18(2):96-107.

Hidayati, S., Zuidar, A.S. & Ardiani, A. 2015. Aplikasi Sorbitol pada Produksi Biodegradable Film dari Nata De Cassava. *Jurnal Reaktor*, 15(3): 196-204.

Humaira. 2012. Pengembangan Material Bioplastik dari Blending Tepung Konjac Glukomanan (KGM) dan Kitosan menggunakan Single Screw Extruder. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.

Kairina, A. 2014. Bioplastik Komposit Pati Tapioka Terplastisasi Sorbitol, Natrium Alginat dan Limonena. *Skripsi*. Bogor: IPB.

Melani, A., Herawati, N. & Kurniawan, A.F. 2017. Bioplastik Pati Umbi Talas Melalui Proses Melt Intercalation. *Jurnal Distilasi*. 2(2):53-67

Pamilia. 2014. Pembuatan Film Plastik Biodegradable dari Pati Jagung dengan Penambahan Kitosan dan Pemplastis Gliserol. *Jurnal Teknik Kimia*. 20(4):27-28

Purnavita, S & Utami, W.T. 2018. Pembuatan Plastik Biodegradable dari Pati Aren dengan Penambahan Aloe Vera. *Inovasi Teknik Kimia*. 3(2):31-35.

Rohman, M.A. 2016. Pengaruh Penambahan Glutaraldehyda Terhadap Karakteristik Film Bioplastik Kitosan Terplastis Carboxy Methyl Cellulose (CMC). *Skripsi*. Surabaya: Universitas Erlangga.

- Rindengan, B. 2015. Ekstraksi Galaktomanan pada Daging Buah Kelapa dan Ampasnya serta Manfaatnya untuk Pangan. *Perspektif*. 4(1):. 37-49.
- Saputro, A. N. C & Ovita, A. L. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Kitosan-Pati Ganyong (*Canna edulis*). *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*. 2(1):13-21.
- Sari, I. 2015. Pemanfaatan Tepung Kulit Singkong (Manihot Utilissima) untuk Pembuatan Plastik Ramah Lingkungan (Biodegradable) dengan Penambahan Gliserol dan Minyak Jelantah. *Skripsi* Surakarta: UMS.
- Setiawan, H., Faizal, R dan Amarullah, A. 2015. Penelitian Kondisi Optimum Modifikasi Konsentrasi Platicizer Sorbitol PVA pada Sintesa Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Pati Sorgum dan Kitosan Limbah Kulit Udang. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 13(1):29-38.