PEMANFAATAN GLISERIN DARI RESIDU GLISERIN SEBAGAI *PLASTICIZER* UNTUK PEMBUATAN BIOPLASTIK DENGAN BAHAN BAKU PATI BONGGOL PISANG KEPOK

GLYCERIN UTILIZATION OF GLYCERIN RESIDUE AS PLASTICIZER FOR BIOPLASTICS MAKING BY USING STARCH KEPOK'S BANANA WEEVIL

Azaria Robiana, M. Yashin Nahar, Hamidah Harahap
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik,Universitas Sumatera Utara,
Jl. Almamater Kampus USU, Medan, 20155, Indonesia
Email : azaria.robiana89@yahoo.co.id

Abstrak
Residu gliserin merupakan limbah industri oleokimia yang masih mengandung gliserin. Untuk menghasilkan kualitas dan kuantitas maksimum dari gliserin, maka dilakukan penelitian pengaruh pH asidifikasi dengan menggunakan asam fosfat. Analisa gliserin meliputi analisa pH, *Fatty Acid and Ester* (FAE), dan analisa kadar gliserin. Hasil maksimum diperoleh pada pH asidifikasi 2 yaitu dengan kadar gliserin 91,60% dan *Fatty Acid and Ester* (FAE) 3,63 meq/100 g. Gliserin yang diperoleh dipergunakan sebagai *plasticizer* pada pembuatan bioplastik. Pembuatan bioplastik menggunakan metode penuangan larutan dengan variasi konsentrasi pati bonggol pisang (5%b/v dan 7%b/v), variasi penambahan gliserin (1 ml, 3 ml, 5 ml dan 7 ml), serta variasi suhu gelatinisasi (60˚C, 70˚C, dan 80˚C). Analisa bioplastik meliputi uji FTIR, kekuatan tarik yang didukung oleh analisa SEM. Hasil yang diperoleh pada analisa FTIR tidak terbentuk gugus baru pada bioplastik pati bonggol pisang, tetapi hanya terjadi pergeseran daerah resapan saja, hal ini disebabkan karena adanya tambahan gugus O-H yang berasal dari molekul air yang masuk dalam polisakarida melalui mekanisme gelatinisasi yang menghasilkan interaksi ikatan hidrogen yang menguat. Kekuatan tarik maksimum bioplastik dihasilkan pada konsentrasi pati 7%b/v, gliserin 1 ml, dan suhu gelatinisasi 80˚C yaitu 3,430 MPa. Sedangkan kekuatan tarik bioplastik mengalami penurunan dengan bertambahnya gliserin yang dapat ditunjukkan dari hasil SEM dimana terdapat *crack*, lekukan dan gumpalan pati yang tidak larut.

Kata kunci : residu gliserin, gliserin, bioplastik, bonggol pisang, penuangan larutan

Abstract
Glycerin residue is waste oleochemical industry that still contain glycerin. To produce quality and maximum quantity of glycerin, then research the effect of pH acidification using phosphoric acid. Glycerin analysis includes the analysis of pH, Fatty Acid and Ester (FAE), and analysis of the levels of glycerin. The maximum yield obtained at pH acidification 2 is grading 91,60% glycerin and Fatty Acid and Ester (FAE) 3,63 meq/100 g. Glycerin obtained is used as a plasticizer in the manufacture of bioplastics. Manufacture of bioplastics using the method of pouring a solution with varying concentrations of starch banana weevil (5% w/v and 7% w/v), variations of the addition of glycerin (1 ml, 3 ml, 5 ml and 7 ml), and a variety of gelatinization temperature (60°C, 70°C, and 80°C). Analysis of bioplastics include FTIR testing, tensile strength that is supported by SEM analysis. The results obtained in the analysis of FTIR does not form a new cluster on bioplastics starch banana weevil, but only a shift in the recharge area only, it is due to the addition of O-H groups originating from water molecules that enter the polysaccharide through a mechanism gelatinitation that generates interaction hydrogen bonding strengthened. The maximum tensile strength of bioplastics produced at a concentration of starch 7% w/v, 1 ml glycerine and gelatinization temperature of 80°C is 3,430 MPa. While the tensile strength bioplastic decreased with increasing glycerin which can be shown from the results of SEM where there is a crack, indentations and lumps of starch insoluble.

Keywords *:glycerin residue, glycerin, bioplastic, banana weevil starch, solution casting*

Pendahuluan

Indonesia adalah negara yang menghasilkan produk oleokimia dan sudah cukup banyak industri oleokimia didirikan. Industri oleokimia selain menghasilkan produk yang bermanfaat juga menghasilkan limbah, salah satunya adalah residu gliserin. Residu gliserin ini merupakan hasil akhir destilasi gliserin yang mengandung komponen selain gliserin, seperti senyawa lemak, sabun dan lain-lain. Sebagai perbandingan, residu gliserin yang berasal dari *Palm Kernel Oil Methyl Ester*

Plant mengandung 20,3% gliserin, 6,6% asam lemak (dalam bentuk senyawa sabun) dan 64,3% garam-garam [12]. Kegunaan gliserin cukup banyak yaitu dalam bidang farmasi, kosmetik, makanan serta bidang polimer. Bidang polimer, gliserin ini berfungsi sebagai *plasticizer* untuk pembuatan bioplastik.

Bahan baku bioplastik ini biasanya berasal dari sumber daya alam yang terbaharukan serta bersifat *biodegredable*, sehingga penguraian plastik tidak memerlukan waktu yang lama. Kebanyakan bioplastik berasal dari tumbuhan yang mengandung pati, salah satunya tumbuhan penghasil pati yang tinggi adalah bonggol pisang. Bonggol pisang memiliki komposisi 76% pati, 20% air, sisanya adalah protein dan vitamin [11].

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan kajian pemurnian kembali gliserin dari residu gliserin yang berasal dari limbah oleokimia dan di gunakan sebagai *plasticizer* dalam pembuatan bioplastik dari pati bonggol pisang dengan variasi konsentrasi larutan pati bonggol pisang, penambahan *plasticizer* (gliserin), dan suhu gelatinisasi yang digunakan untuk memperbaiki sifat kekuatan tarik dari bioplastik tersebut.

Teori

Oleokimia merupakan turunan dari lemak dan minyak yang digunakan industri kimia untuk menghasilkan jenis produk yang bervariasi dan kemudian digunakan untuk banyak aplikasi. Industri oleokimia ini menghasilkan produk setengah jadi berupa asam lemak, dan gliserin sebagai hasil samping yang merupakan bagian penting untuk penjualan [9]. Industri oleokimia selain menghasilkan produk yang bermanfaat juga menghasilkan limbah, salah satunya adalah residu gliserin. Residu gliserin masih mengandung pengotor sehingga tidak dapat langsung dimanfaatkan dan akan menambah jumlah limbah saja apabila tidak dilakukan proses lebih lanjut menjadi gliserol atau dalam komersial disebut gliserin. Untuk dapat digunakan, residu gliserin terlebih dahulu dilakukan pengolahan awal untuk menghilangkan bahan-bahan lain selain gliserol. Tahap pertama dalam proses ini adalah penambahan asam fosfat atau sulfat untuk mendekomposisi sabun dan membentuk asam lemak bebas yang kemudian dilakukan pemurnian gliserin [2]. Adapun karakteristik gliserin dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Karakteristik Gliserin [6]

Parameter	Gliserin Komersial	Residu Gliserin
pH	6 - 7	11 - 14
Kandungan Gliserin	99,80 %	42,71 %
Fatty Acid and Esters	max. 1	10 - 14
Warna	*Clear*	Cokelat Gelap

Gliserin yang telah dimurnikan dapat digunakan sebagai *plasticizer* dalam pembuatan bioplastik. Dalam pembuatan bioplastik cara pembuatan dan konsentrasi *plasticizer* akan mempengaruhi sifat produk yang dihasilkan [5]. Bioplastik merupakan plastik yang dibuat dari biopolimer. Bioplastik dapat dibuat dengan menggunakan tumbuh-tumbuhan, hewan, atau bakteri contohnya pati. Bioplastik ini cukup menguntungkan, beberapa produk tidak terlalu lentur dan tidak terdegredasi pada lingkungan. Pati dapat dicampur secara kimiawi dengan polimer hidrofilik melalui reaksi substitusi, kemudian kopolimerisasi, oksidasi, dan hidrolisis [3]. Pada penelitian kali ini, digunakan pati bonggol pisang untuk pembuatan bioplastik. Di Indonesia, masalah limbah sedang giat-giatnya dipikirkan untuk bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi . Bahan yang belum dimanfaatkan sebagai penghasil sumber karbohidrat adalah bonggol pisang. Bonggol pisang memiliki komposisi 76% pati, 20% air, sisanya adalah protein dan vitamin [11].

Pembuatan bioplastik dilakukan dengan menggunakan metode penuangan larutan karena merupakan pilihan yang cepat dan mudah untuk membuat bioplastik pada skala laboratorium. Metode penuangan larutan ini berdasarkan oleh gelatinisasi pada pati di dalam air. Secara sederhana, serbuk pati dan *plasticizer* akan terdispersi dalam air [4].

Metodologi Penelitian

Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah residu gliserin yang diperoleh dari PT. Flora Sawita Chemindo, Tanjung Morawa dan bonggol pisang kepok yang diperoleh di daerah Tanjung Morawa.

Prosedur Penelitian

Prosedur kerja dari penelitian ini terdiri dari 4 tahap yaitu pemurnian gliserin dari residu gliserin, isolasi pati dari bonggol pisang kepok, pembuatan bioplastik, dan karakterisasi hasil penelitian.

Pemurnian Gliserin dari Residu Gliserin

Pemurnian gliserin dimulai dengan menimbang residu gliserin sebanyak 200 g dalam *beakerglass*, kemudian ditambahkan aquadest sebanyak 400 ml sambil diaduk di atas *hotplate* pada suhu 50-60˚C sampai larut. Kemudian ditambahkan asam fosfat 85% setetes demi setetes sampai pH 2. Lalu didiamkan dalam corong pisah selama 30 menit hingga terbentuk 2 lapisan. Filtrat dipisahkan dan dimasukkan ke dalam *beakerglass*, kemudian dinetralkan dengan menggunakan natrium hidroksida 30%. Kemudian di evaporasi pada suhu 110˚C selama 3 jam untuk menghilangkan air. Ekstrak yang diperoleh ditambahkan metanol

sebanyak 80 ml di dalam *beakerglass*, lalu didiamkan selama 20 menit hingga terpisah garam-garamnya, kemudian disaring dengan kertas *whatman* no.42. Filtrat yang diperoleh dievaporsi kembali pada suhu 80˚C selama 1 jam untuk menghilangkan metanol. Kemudian proses diulang untuk variasi yang lain.

Isolasi Pati dari Bonggol Pisang Kepok

Isolasi pati dimulai dengan menimbang 100 g bonggol pisang kepok, kemudian dikuliti dan dicuci bersih. Lalu ditambahkan aquadest sebanyak 100 ml dan dihaluskan dengan menggunakan *blender*, lalu disaring. Filtrat yang diperoleh didiamkan selama 24 jam, kemudian airnya dibuang. Pati yang diperoleh dicuci sampai bersih dengan menggunakan aqaudest. Lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu 110˚C selama 1 jam, lalu pati dihaluskan.

Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik dimulai dengan menimbang 5 g pati bonggol pisang ke dalam *beakerglass*, lalu ditambahkan aqaudest sebanyak 95 ml. Kemudian ditambahkan asam asetat glasial sebanyak 2 ml sambil diaduk. Lalu ditambahkan gliserin sebanyak 1 ml dan dipanaskan di atas *hotplate* pada suhu 60˚C sambil diaduk sampai tergelatinisasi. Lalu di tuangkan ke dalam cetakan 25 cm x 25 cm x 0,1 cm dan dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam. Kemudian proses tersebut dilakukan kembali untuk variasi yang lain.

Adapun pati kering bonggol pisang yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.

Gambar 1. Pati Kering Bonggol Pisang

Karakterisasi Hasil Penelitian

Bioplastik pati bonggol pisang dengan dimensi 100 mm ± 5 mm dan lebar 25 mm ± 3 mm (Gambar 1), di uji FTIR (*Fourier Trasmitter Infra Red*) dengan menggunakan alat SHIMADZU IR-PRESTIGE 21, uji kekuatan tarik menggunakan alat ZEISS dengan perbesaran 100x, serta uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dengan menggunakan alat *JEOL-JSM-6510LV*.

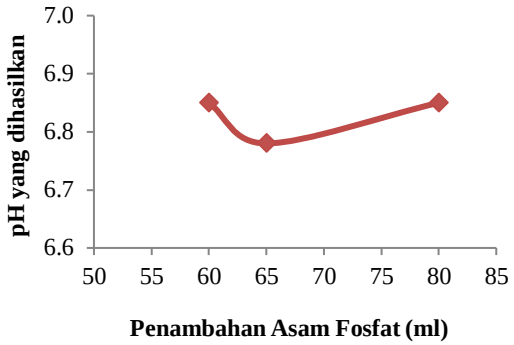
Hasil

Gliserin yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.

Gambar 2. Gliserin yang Dihasilkan

Pengaruh Penambahan Asam Fosfat terhadap pH Gliserin yang Dihasilkan

Pengaruh penambahan asam fosfat terhadap pH gliserin yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



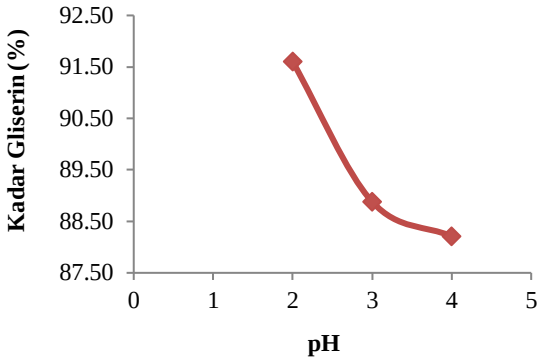
Gambar 3. Pengaruh Penambahan Asam Fosfat terhadap pH Gliserin yang Dihasilkan

Gambar 3 menunjukkan bahwa penambahan asam fosfat tidak berpengaruh pada nilai pH gliserin yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena pada tahap pemurnian gliserin dari ketiga variasi penambahan asam fosfat tersebut terdapat proses netralisasi dengan menggunakan natrium hidroksida (NaOH), sehingga menghasilkan pH yang netral. Pada umumnya, pH gliserin komersial yang dihasilkan memiliki pH netral yaitu berkisar 6,00 - 7,00 [10].

Pengaruh Variasi pH terhadap Gliserin yang Dihasilkan

Pengaruh variasi pH terhadap kadar gliserin (%) yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4 berikut. Gambar 4 menunjukkan bahwa pH berbanding terbalik dengan kualitas dan kuantitas produk yang dihasilkan, yaitu semakin rendah pH yang digunakan maka semakin baik proses asidifikasinya, yang menyebabkan semakin besar proses penguraian residu gliserin menjadi asam-asam lemaknya sehingga mempermudah terpisahnya gliserin itu sendiri. Pada dasarnya, semakin rendah pH (kadar asam tinggi), maka akan lebih baik karena proses asidifikasi emulsi menjadi

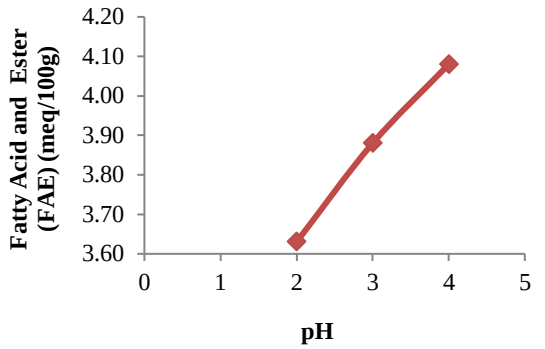
asam lemak semakin besar sehingga produk yang dihasilkan menjadi lebih baik [8].



Gambar 4. Pengaruh Variasi pH terhadap Gliserin yang Dihasilkan

Pengaruh Variasi pH terhadap Kadar FAE pada Gliserin yang Dihasilkan

Pengaruh variasi pH terhadap kadar FAE (*Fatty Acid and Esters*) pada gliserin yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Pengaruh Variasi pH terhadap Kadar FAE pada Gliserin yang Dihasilkan

Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin tinggi pH yang digunakan maka kadar FAE yang dihasilkan pun akan semakin tinggi. Pada dasarnya, analisa *Fatty Acid and Ester* (FAE) menunjukkan bahwa sempurna atau tidaknya proses pemisahan asam lemak dari gliserin itu terjadi dan semakin rendah pH (kadar asam tinggi), maka akan lebih baik karena proses asidifikasi emulsi menjadi asam lemak semakin besar sehingga produk yang dihasilkan menjadi lebih baik [8].

Untuk menentukan kualitas bioplastik parameter yang dipakai adalah sifat mekanikal bioplastik yang terdiri dari sifat kekuatan tarik (*tensile strength*) dan sifat pemanjangan saat putus (*elongation break*).

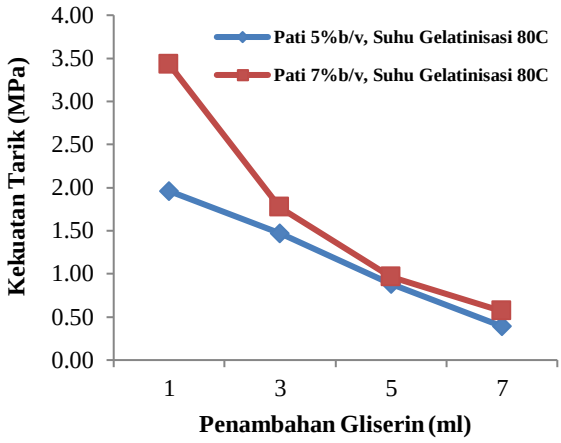
Adapun bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini juga dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.

Gambar 6. Bioplastik yang Dihasilkan

Pengaruh Penambahan Gliserin dan Konsentrasi Larutan Pati terhadap Sifat Kekuatan Tarik Bioplastik

Gliserin yang digunakan pada pembuatan bioplastik adalah yang memiliki kandungan gliserin tertinggi yaitu 91,60%.

Pengaruh penambahan gliserin dan konsentrasi larutan pati terhadap sifat kekuatan tarik bioplastik dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Pengaruh Penambahan Gliserin dan Konsentrasi Larutan Pati terhadap Sifat Kekuatan Tarik Bioplastik

Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin banyak gliserin yang ditambahkan, maka nilai kekuatan tarik yang dihasilkan akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena penambahan gliserin bioplastik ini akan menurunkan tegangan antar molekul yang menyusun matrik pada film bioplastik. Sehingga menyebabkan film bioplastik akan semakin lemah terhadap perlakuan mekanis yang tinggi, serta dengan penambahan volume gliserin akan menurunkan kemampuan dispersi dari padatan dan menghasilkan sifat fisik yang lemah terhadap film bioplastik [7].

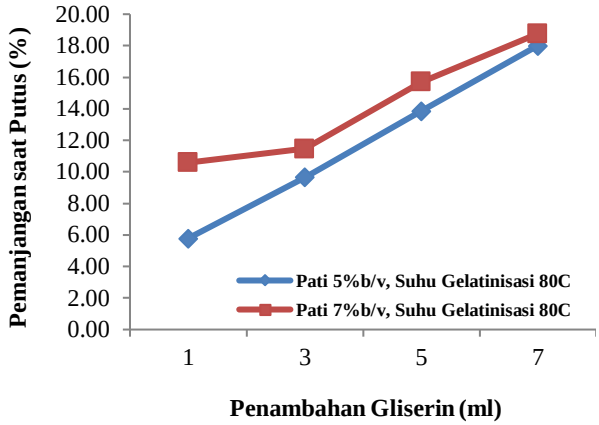
Gambar 7 juga menunjukkan pengaruh konsentrasi larutan pati yang ditambahkan, dimana semakin tinggi konsentrasi larutan pati, maka nilai kekuatan tarik yang dihasilkan pun semakin besar. Hal ini disebabkan karena pati yang digunakan

telah mengalami modifikasi pati yang dihidrolisis dengan menggunakan asam, sehingga terjadinya penghilangan cabang pada amilopektin yang berad dalam granula amorf pati tersebut yang menyebabkan lebih banyak amilosa, dimana polimer yang memiliki rantai yang lebih pendek akan lebih baik dibandingkan bentuk pati pada aslinya [1].

Pengaruh Penambahan Gliserin dan Konsentrasi Larutan Pati terhadap Sifat Pemanjangan saat Putus Bioplastik

Gliserin yang digunakan pada pembuatan bioplastik adalah yang memiliki kandungan gliserin tertinggi yaitu 91,60%.

Pengaruh penambahan gliserin dan konsentrasi larutan pati terhadap sifat pemanjangan saat putus bioplastik dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



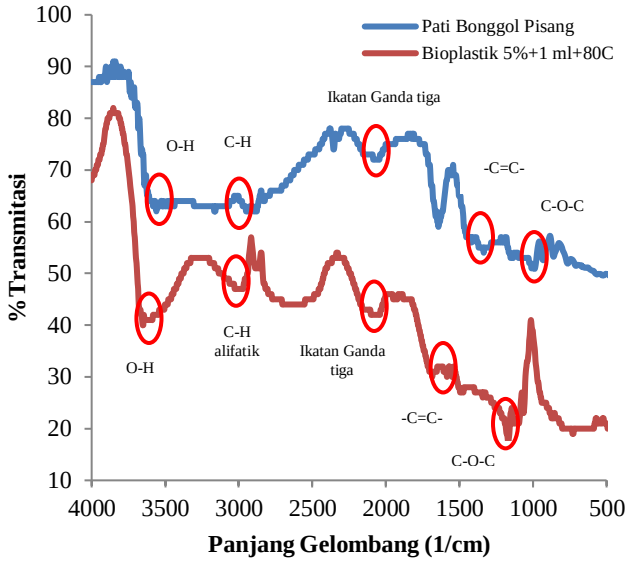
Gambar 8. Pengaruh Penambahan Gliserin dan Konsentrasi Larutan Pati terhadap Sifat Pemanjangan saat Putus

Gambar 8 menunjukkan bahwa semakin banyak gliserin yang ditambahkan, maka nilai pemanjangan saat putus bioplastik pun akan semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena pemlastis akan mengurangi gaya intermolekul yang dapat menyebabkan peningkatan ruang molekul dan mobilitas dari biopolimer. Grup polar (-OH) di sekitar rantai pemlastis menyebabkan pengembangan ikatan hidrogen polimer-plastik yang menggantikan interaksi polimer-polimer pada film biopolimer [8].

Gambar 8 juga menunjukkan pengaruh konsentrasi larutan pati yang ditambahkan, dimana semakin tinggi konsentrasi larutan pati, maka nilai pemanjangan saat putus yang dihasilkan pun semakin besar. Hal ini disebabkan karena pati yang digunakan telah mengalami modifikasi pati yang dihidrolisis dengan menggunakan asam, sehingga terjadinya penghilangan cabang pada amilopektin yang berada dalam granula amorf pati tersebut yang menyebabkan lebih banyak amilosa, dimana polimer yang memiliki rantai yang lebih pendek akan lebih baik dibandingkan bentuk pati pada aslinya [1].

Karakteristik Hasil Analisa FTIR

Karakteristik hasil FTIR dari pati bonggol pisang dan bioplastik dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



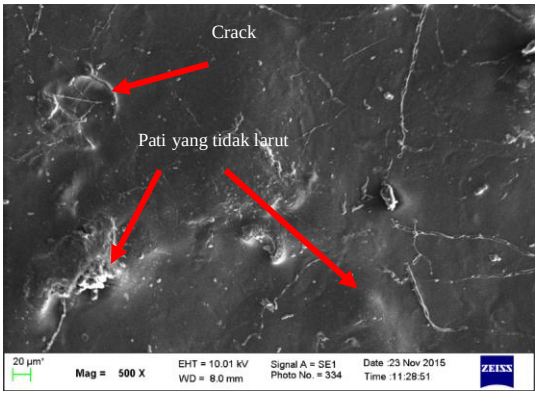
Gambar 9. Karakteristik Hasil FTIR

Gambar 9 menunjukkan bahwa pada pati bonggol pisang mula-mula vibrasi regang O-H dan N-H berada pada panjang gelombang 3560,59 cm^{-1}, vibrasi regang C-H alifatik berada pada panjang gelombang 2943,37 cm^{-1}, vibrasi regang ikatan ganda tiga berada pada panjang gelombang 2059,98 cm^{-1}, vibrasi regang ikatan ganda dua -C=C-, -C=N- berada pada panjang gelombang 1643,35 cm^{-1}, dan vibrasi regang dalam eter, ester C-O-C berada pada panjang gelombang 1145,72 cm^{-1}. Sedangkan pada bioplastik vibrasi regang O-H dan N-H bergeser menjadi 3645,46 cm^{-1}, vibrasi regang C-H alifatik bergeser menjadi 2989,66 cm^{-1}, vibrasi regang ikatan ganda tiga tetap pada panjang gelombang 2059 cm^{-1}, vibrasi regang ikatan ganda dua -C=C-, -C=N- bergeser menjadi 1685,79 cm^{-1}, dan vibrasi lentur C-H di dalam bidang pada panjang gelombang 1172,72 cm^{-1}.

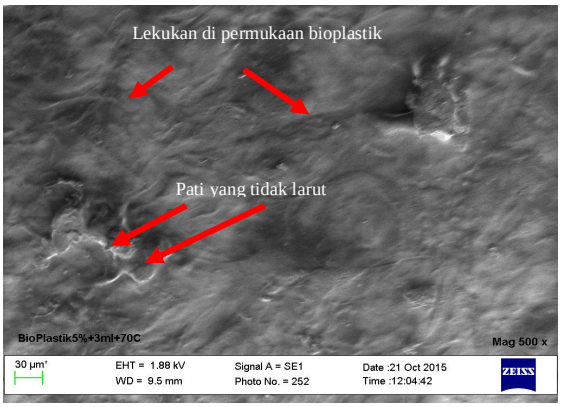
Perubahan panjang gelombang antara pati bonggol pisang dan bioplastik disebabkan oleh adanya tambahan gugus O-H yang berasal dari molekul air yang masuk dalam polisakarida melalui mekanisme gelatinisasi yang menghasilkan interaksi ikatan hidrogen yang menguat serta proses gelatinisasi menyebabkan pemutusan monomer-monomer yang terkandung pada pati bonggol pisang tersebut.

Analisa Morfologi dengan SEM

Hasil analisa morfologi dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11 berikut.



Gambar 10. Hasil SEM Bioplastik Pati 7% b/v, Gliserol 1 ml, dan Suhu Gelatinisasi 80˚C dengan Perbesaran 500 Kali



Gambar 11. Hasil SEM Bioplastik Pati 5% b/v, Gliserol 3 ml, dan Suhu Gelatinisasi 70˚C dengan Perbesaran 500 Kali

Gambar 10 menunjukkan bahwa morfologi dari bioplastik tersebut memiliki permukaan yang tidak rata dan juga terdapat *crack* yang menunjukkan retakan diduga terjadi karena pati pada bioplastik tidak larut sempurna. Ukuran matriks pati yang masih besar dapat mengakibatkan tidak rapatnya partikel yang ditunjukkan dengan warna putih tersebut dan juga karena terlalu sedikitnya gliserol yang ditambahkan sehingga mempermudah terjadinya retakan karena berkurangnya sifat elastisitas bioplastik tersebut.

Gambar 11 menunjukkan bahwa morfologi dari bioplastik tersebut memiliki permukaan yang tidak rata yang ditunjukkan dengan terdapatnya lekukan-lekukan pada bioplastik dan juga terdapatnya pati yang belum larut sempurna.

Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Rendemen gliserin (%) akan semakin meningkat dengan menurunnya pH.
2. Kadar FAE (*Fatty Acid and Ester*) akan semakin menurun dengan menurunnya pH.
3. Nilai kekuatan tarik akan semakin meningkat dengan bertambahnya konsentrasi pati dan suhu gelatinisasi.Sedangkan semakin menurun dengan bertambahnya gliserin yang ditambahkan.
4. Nilai pemanjangan saat putus akan semakin meningkat dengan bertambahnya volume gliserin, konsentrasi pati, suhu gelatinisasi.
5. Hasil analisa FTIR menunjukkan bahwa tidak ada terbentuk gugus fungsi yang baru, tetapi hanya terjadi pergeseran daerah resapan (panjang gelombang) saja yang disebabkan oleh adanya tambahan gugus O-H yang berasal dari molekul air yang masuk dalam polisakarida melalui mekanisme gelatinisasi yang menghasilkan interaksi ikatan hidrogen yang menguat serta proses gelatinisasi menyebabkan pemutusan monomer-monomer yang terkandung pada pati bonggol pisang tersebut.
6. Hasil analisa SEM menunjukkan bahwa permukaan bioplastik yang terbentuk tidak rata. Ada beberapa lekukan dan *crack* yang terbentuk pada bioplastik pati bonggol pisang yang disebabkan oleh pati yang belum larut sempurna.

Daftar Pustaka

[1] M. E. Embuscado and K. C. Huber, Edible Films and Coatings for Food Aplications, Springer Dordrecht Heidelberg London, New York, 2009.

[2] R. Hidayati, A. Hidayatallah, and S. Arita, Pengaruh Penambahan H_3PO_4 dan Resin Kation-Anion Terhadap Persen Total Gliserol Hasil Samping Pembuatan Biodiesel, Jurnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya, Vol 18, No 4, 2012.

[3] B. Momani, Assessment of The Impacts of Bioplastics: Energy Usage, Fossil Fuel Usage, Pollution, Health Effects, Effects on The Food Supply, and Economic Effects Compared to Petroleum Based Plastics, Worchester Politechnic Institute, United States, 2009.

[4] S. Pilla, Handbook of Bioplastics and Biocomposites Engineering Applications, John Wiley and Sons Inc., New Jersey, 2011.

[5] I. M. D. Pradipta, and L. J. Mawarani, Pembuatan dan Karakterisasi Polimer Ramah Lingkungan Berbahan Dasar Glukomanan Umbi Porang, Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan, Serpong, 2012.

[6] PT. FSC, Standar Gliserin Komersial, Tanjung Moraw, 2015.

[7] A. Radhiyatullah, and N. Indriani, Pengaruh Berat Pati dan Volume Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Film Bioplastik Pati Kentang, Jurnal Teknik Kimia USU, Vol 4, No 3, 2015.

[8] U. Rahmi, Pengaruh Jenis Asam dan pH Pada Pemurnian Residu Gliserol Dari Hasil Samping Produksi Biodiesel, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2006.
[9] F. Shahidi, Bailey's Industrial Oil and Fat Products : Industrial and Nonedible Products from Oils and Fats, John Wiley & Sons Inc Publication, United States of America, 2005.
[10] Unichema, Fatty Acid Data Book, Unichema International, 2015.
[11] I. W. Warsa, F. Septiyani, and C Lisna, Bioetanol Dari Bonggol Pohon Pisang. Jurnal Teknik Kimia UPN Veteran, Vol 8, No 1, 2013.
[12] K. C. Yong, T. L. Ooi, K. Dzulkefly, W. Yunus, A. H. Hazimah, Characterization of Glycerol Residue From A Palm Kernel Oil Methyl Ester Plant, Journal of Oil Palm Research, Vol 13, No 2, 2001.