

Pembuatan Bioplastik Berbasis Pati Ubi Jalar dan *Polyvinyl Alcohol* (PVA) Menggunakan *Graphene* Sebagai *Filler* dan Gliserol Sebagai *Plasticizer*

M. Fauzan Akbar¹, Amun Amri², Zultiniar²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²Dosen Jurusan Teknik Kimia

Laboratorium Material dan Korosi

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293

E-mail: m.fauzan@student.unri.ac.id

ABSTRACT

The aim of this research is to study the impact of graphene and glycerol addition on the mechanical properties, functional group, biodegradability, water uptake and morphology of the sweet potato and polyvinyl alcohol (PVA) based bioplastic. Bioplastics were synthesized using solution casting method with graphene addition of 0, 1, 2, 3%wt and glycerol addition of 20, 30, 40%wt into the sweet potato starch-PVA polyblend. Bioplastics were then tested their mechanical properties, morphology (SEM), functional group (FTIR), biodegradability, and water uptake analysis. The results showed that the addition of graphene increased the tensile strength, and the Young modulus, but decreased the elongation. Meanwhile, the addition of glycerol increased elongation, but decreased the tensile strength, and the Young modulus of bioplastics. The bioplastic produced using 3% of graphene and 20% of glycerol had the best mechanical properties with tensile strength of 16.76 MPa, elongation of 95.505%, and Young modulus of 17.549 MPa. Water uptake and biodegradability decreased as the increase of graphene content and increased as the increase of glycerol content. The sweet potato – PVA based bioplastic with the addition of graphene has a good perspective to develop further.

Keywords : *bioplastic, glycerol, graphene, mechanical properties, PVA, sweet potato starch*

1. PENDAHULUAN

Sampah plastik merupakan salah satu permasalahan yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Hal ini karena sampah plastik tidak dapat terurai oleh mikroorganisme tanah, walaupun telah terkena cahaya matahari maupun hujan. Biasanya plastik konvensional berbahan dasar petroleum, gas alam, atau batu bara. Sampah plastik berdampak negatif serta menimbulkan masalah cukup serius terhadap lingkungan. Proses pengolahan kembali (*recycle*) sudah banyak dilakukan, tetapi hal itu tidak dapat mengatasi permasalahan sampah plastik yang menumpuk (Imran *et al*, 2014).

Plastik biodegradabel atau bioplastik adalah plastik yang dapat digunakan

layaknya seperti plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan. Bioplastik terbuat dari material yang dapat diperbaharui, yaitu dari senyawa - senyawa yang terdapat dalam tanaman maupun terdapat dalam hewan (Saputro & Arruum, 2017). Salah satu bahan untuk membuat bioplastik adalah pati yang mudah terurai di alam dan juga dapat diperbaharui. Selain itu, biaya untuk mendapatkan pati ini relatif murah dikarenakan ketersediaannya yang banyak (Ma *et al*, 2009).

Ubi jalar (*Ipomoea batatas Lam*) adalah tanaman yang murah dan mudah didapat karena dibudidayakan sangat luas di dunia secara ekstensif (Issa *et al*, 2016). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik

tahun 2015, luas areal tanaman ubi jalar di Provinsi Riau pada tahun 2015 mencapai 793 Ha dengan produksi ubi jalar sebesar 82.75 kwintal/Ha (Badan Pusat Statistik, 2015). Komponen pati penyusun ubi jalar adalah 90% yang terdiri dari 22% amilosa dan 78% amilopektin (Moorthy *et al*, 2012).

Bioplastik berbahan pati memiliki keterbatasan dikarenakan sifat mekanisnya yang lemah dan sangat sensitif dengan kelembaban. Oleh karena itu, pati perlu digabungkan dengan polimer sintetis dan ditambah *plasticizer* untuk memberi sifat yang diinginkan. Diantara berbagai macam polimer sintetis, *polyvinyl alcohol* (PVA) adalah salah satu pilihan terbaik karena kelarutan air dan biodegradabilitasnya, serta kecocokan yang sangat baik dengan pati (More *et al*, 2017).

Graphene, sebuah material dua dimensi yang terdiri dari lapisan tunggal atom karbon yang tersusun seperti bentuk sarang lebah, telah menarik minat yang luar biasa karena sifat super-mekanis, elektrik, dan panasnya. Kombinasi dari sifat tersebut membuat *graphene* menjadi kandidat ideal sebagai *filler* pada nanokomposit. *Graphene* muncul sebagai salah satu material terkuat yang pernah diuji, dan sangat menjanjikan pada penelitian nanokomposit yang melibatkan penguatan plastik menggunakan *graphene* sebagai *filler*. Dispersi lembaran *graphene* sebagai *filler* pada matriks polimer berhasil digunakan untuk meningkatkan performa nanokomposit (Mo *et al*, 2011).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *aquadest*, pati ubi jalar, PVA (*polyvinyl alcohol*), gliserol, grafit (dari pensil), dan cairan pencuci piring dengan komposisi surfaktan anionik 18,9% (*Sodium Lauryl Sulfate*).

2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *blender*, cetakan kaca, gelas beker, gelas ukur, *hotplate*, neraca analitik, pipet tetes, spatula, *stirrer* mekanis, dan termometer. Peralatan karakterisasi bioplastik antara lain FTIR (*Fourier-transform Infrared*), UTM (*Universal Testing Machine*), dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

2.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini meliputi variabel tetap dan variabel berubah. Variabel tetap penelitian ini adalah komposit (pati ubi jalar : PVA) = 4 gram : 8 gram, volume *aquadest* 200 ml, suhu proses 85 °C, pengadukan pada 20 rpm dan dilakukan selama 20 menit. Variabel berubah adalah jumlah penambahan *graphene* 0,1,2,3%wt komposit, gliserol 20,30,40% wt komposit.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Pembuatan *Graphene*

Pada penelitian ini pembuatan *graphene* dilakukan dengan menggunakan metode *turbulence-assisted shear exfoliation* (TASE). Pada metode ini *graphene* disintesis dari grafit batang pensil menggunakan *blender* dan cairan pencuci piring dengan komposisi surfaktan anionik 18,9% (*sodium lauryl sulfate*). Dimana, sepuluh gram grafit batang pensil dihaluskan dan disaring hingga lolos saringan 200 mesh. Kemudian 10 gram grafit (lolos saringan 200 mesh), cairan pencuci piring sebanyak 1,227 ml, dan *aquadest* dimasukkan ke dalam *blender* hingga diperoleh total larutan sebanyak 500 ml, *blender* dioperasikan pada kecepatan 1500 rpm (power angka 2) dalam waktu 1 jam (1 menit hidup/1 menit mati). Selama *blender* tidak beroperasi *blender* harus didinginkan dengan memberikan jaket pendingin, setelah

proses selesai maka akan dihasilkan larutan *graphene* dengan konsentrasi 20 mg/ml. (Varrla, 2014).

2.4.2 Pembuatan Komposit Pati Ubi Jalar -PVA

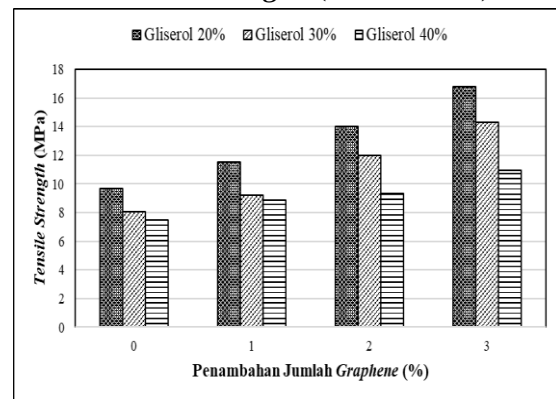
Pembuatan komposit pati ubi jalar – PVA mengacu pada Nofiandi (2016) dilakukan dengan cara menimbang pati ubi jalar dan PVA sesuai variasi penelitian yang akan dilarutkan dalam *aquades* sebanyak 200 ml didalam *beaker glass*. 4 gr pati ubi jalar dilarutkan dengan 200 ml *aquades* kemudian diaduk menggunakan *stirrer* lalu ditambahkan 8 gr PVA, pengadukan dilakukan dengan cara pemanasan diatas *hot plate* pada suhu 85°C sampai membentuk suspensi sekitar 25 menit.

2.4.3 Pembuatan Bioplastik

Sintesis bioplastik menggunakan metode *solution casting*. Komposit (pati ubi jalar – PVA) yang sudah dibuat dicampurkan *graphene*, dan gliserol sesuai komposisi pada variabel percobaan. Campuran tersebut diaduk selama 20 menit menggunakan *stirrer* dengan cara dipanaskan diatas *hot plate* pada suhu 85°C sampai homogen. Setelah itu larutan homogen tersebut di tuang ke dalam cetakan kaca ukuran (20x20) cm, kemudian dikeringkan selama 1 minggu (7 hari) dalam suhu ruang. Kemudian bioplastik dipisahkan dari cetakan dan dilakukan pengujian karakterisasi bioplastik.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Tensile Strength (Kuat Tarik)



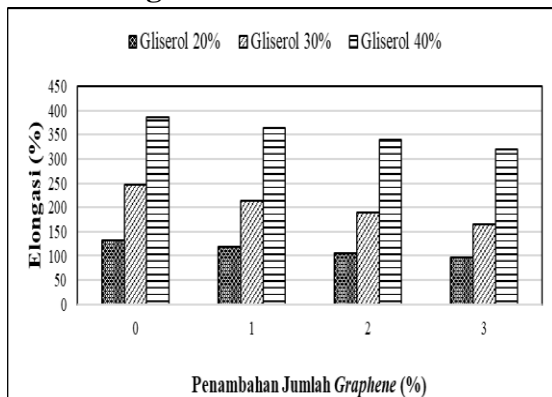
Gambar 3.1 Diagram *Tensile Strength* Bioplastik Pada Variasi Penambahan *Graphene* dan Gliserol

Berdasarkan Gambar 3.1, dapat dilihat bahwa secara umum penambahan *graphene* sebagai *filler* meningkatkan nilai *tensile strength* bioplastik. Menurut Fransisca (2013) beberapa hal penting yang dapat mempengaruhi nilai *tensile strength* salah satunya adalah affinitas antara komponen penyusunnya. Affinitas merupakan suatu fenomena dimana molekul tertentu memiliki kecenderungan untuk bersatu dan berikatan. Semakin meningkat affinitas, semakin banyak terjadi ikatan antara molekul. Kekuatan suatu bahan dipengaruhi oleh ikatan kimia penyusunnya. Ikatan kimia yang kuat bergantung pada jumlah ikatan molekul dan jenis ikatannya. Ikatan kimia yang kuat akan sulit diputus, sehingga untuk memutuskan ikatan yang kuat tersebut dibutuhkan energi yang besar pula. *Graphene* sendiri ketika dijadikan sebagai *filler* pada suatu matriks *film* akan meningkatkan nilai *tensile strength* mencapai 130 GPa (Lee *et al*, 2008). Hal tersebut diakibatkan adanya ikatan *van der waals* pada atom H yang terdapat pada sisi terluar *graphene* terhadap gugus OH yang ada pada matriks campuran pati ubi jalar-

PVA sehingga menghasilkan ikatan kimia yang kuat (Wang *et al*, 2011).

Pada Gambar 4.1 juga terlihat bahwa penambahan gliserol sebagai *plasticizer* cenderung menurunkan *tensile strength* bioplastik. *Plasticizer* mengganggu ikatan rantai polimer yang meningkatkan fleksibilitas suatu film. Gliserol mengurangi rigiditas atau kekakuan pada rantai polimer menghasilkan peningkatan pergerakan rantai polimer sehingga bioplastik yang dihasilkan lebih fleksibel dan elastis dimana berakibat nilai *tensile strength* bioplastik menurun (Kerch and Korkhov, 2011).

3.2 Elongasi



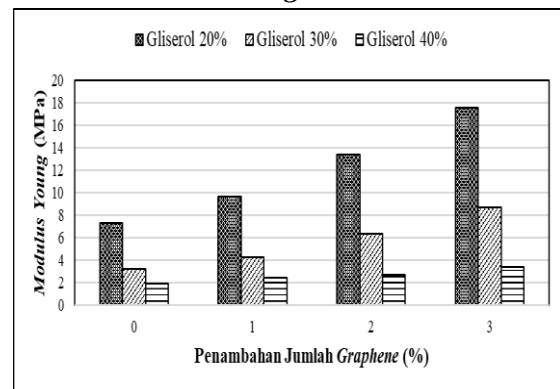
Gambar 3.2 Diagram Elongasi Bioplastik Pada Variasi Penambahan *Graphene* dan Gliserol

Berdasarkan Gambar 3.2, dapat dilihat bahwa penambahan *graphene* sebagai *filler* cenderung menurunkan nilai elongasi bioplastik. Penambahan *graphene* memperbanyak ikatan *van der waals* sehingga terjadi peningkatan tegangan antar molekul. Kondisi tersebut menyebabkan penurunan fleksibilitas dan elongasi bioplastik (Dearmitt and Rothon, 2011).

Pada Gambar 3.2 juga dapat dilihat bahwa penambahan gliserol meningkatkan nilai elongasi bioplastik. Gliserol tersusun atas molekul hidrofilik yang relatif kecil dan mudah masuk di antara rantai-rantai

molekul matriks. Kondisi tersebut menyebabkan modifikasi struktural molekul-molekul penyusun bioplastik. Molekul gliserol akan mengubah asosiasi matriks komposit dengan menurunkan interaksi antar molekul dan meningkatkan mobilitas polimer sehingga memperbaiki fleksibilitas bioplastik (Farahnaky, Saberi and Majzoobi, 2013).

3.3 Modulus Young



Gambar 3.3 Diagram *Modulus Young* Bioplastik Pada Variasi Penambahan *Graphene* dan Gliserol

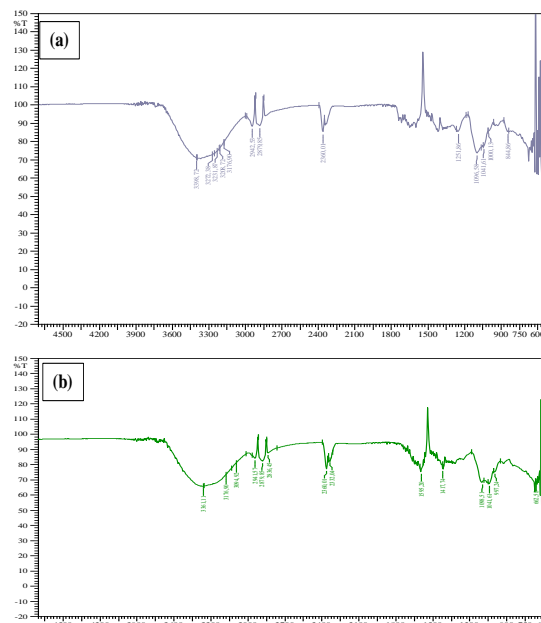
Pada Gambar 3.3, nilai *modulus Young* meningkat seiring dengan penambahan *graphene* dan menurun pada penambahan gliserol. Nilai *modulus Young* yang didapat dipengaruhi oleh nilai *tensile strength* dan elongasi pada bioplastik. Tabel 3.1 adalah hasil pengujian sifat mekanik bioplastik berbasis pati ubi jalar-PVA berupa *tensile strength*, elongasi, *modulus young* pada variasi penambahan *graphene* sebagai *filler* dan gliserol sebagai *plasticizer*.

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Sifat Mekanik Bioplastik

No	Variabel				Karakteristik		
	Pati (gr)	PVA (gr)	Gliserol (gr)	Graphene (gr)	Tensile Strength (MPa)	Elongasi (%)	Modulus Young (MPa)
1	4	8	2.4	0	9.655	131.27	7.355
2	4	8	2.4	0.12	11.555	119.425	9.676
3	4	8	2.4	0.24	13.995	104.235	13.426
4	4	8	2.4	0.36	16.76	95.505	17.549
5	4	8	3.6	0	8.08	247.565	3.264
6	4	8	3.6	0.12	9.195	213.35	4.309
7	4	8	3.6	0.24	11.975	189.52	6.319
8	4	8	3.6	0.36	14.3	164.89	8.67
9	4	8	4.8	0	7.455	386.4	1.929
10	4	8	4.8	0.12	8.895	364.49	2.44
11	4	8	4.8	0.24	9.305	338.595	2.748
12	4	8	4.8	0.36	10.96	320.235	3.422

3.4 Analisis *Fourier Transform InfraRed* (FTIR)

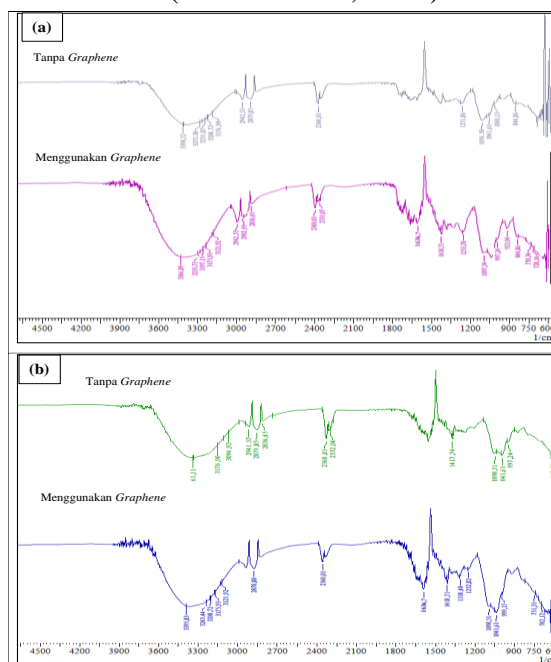
Analisis FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada bioplastik.



Gambar 3.4 Spektrum FTIR Pati-PVA dengan Penambahan Gliserol 20% (a), 40% (b)

Spektrum FTIR bioplastik pati ubi jalar – PVA dengan penambahan gliserol 20%, 40% dan tanpa penambahan *graphene* dapat dilihat pada Gambar 3.4. Berdasarkan Gambar 3.4, dapat diamati

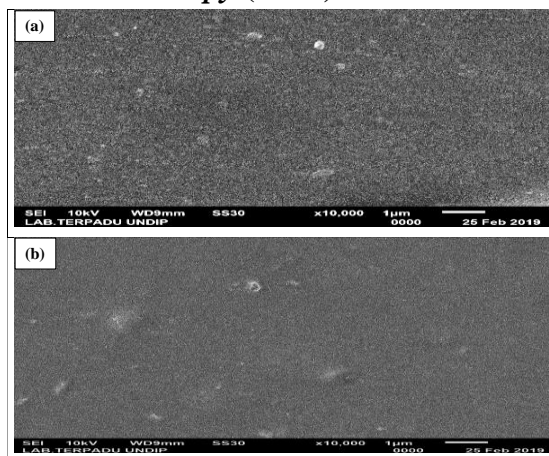
puncak di bilangan gelombang 3398.72 cm^{-1} pada Gambar 3.4 (a) dan gelombang 3361.11 cm^{-1} pada Gambar 3.4 (b) yang menunjukkan adanya puncak serapan gugus OH (tipe senyawa alkohol ikatan hidrogen). Lalu dapat juga diamati puncak di bilangan gelombang 1096.58 cm^{-1} pada Gambar 4.4 (a) dan gelombang 1098.51 cm^{-1} pada Gambar 4.4 (b) yang menunjukkan ada nya puncak serapan gugus C-O. Gugus C-O berasal dari matriks bioplastik yaitu campuran pati ubi jalar dan PVA. Panjang gelombang pada perbedaan penambahan gliserol 20% dan 40% menyebabkan gugus fungsi OH bergerak dari 3398.72 cm^{-1} ke 3361.11 cm^{-1} . Hal tersebut menunjukkan bahwa terjadi pembentukan ikatan baru antara matriks campuran pati-PVA dengan gliserol yang melemahkan ikatan OH pada matriks campuran pati-PVA. Pada bioplastik dengan penambahan gliserol, gugus C-O dan OH membentuk sebuah rantai karbon acak yang menyebabkan sampel menjadi lebih elastis (Maulida *et al*, 2018).



Gambar 3.5 Spektrum FTIR dengan Penambahan Graphene 3% dan Gliserol 20% (a), 40% (b)

Adapun spektrum FTIR bioplastik dengan penambahan *graphene* 3% dan gliserol 20%, 40% dapat dilihat pada gambar 3.5. Penambahan *graphene* pada bioplastik memberikan perubahan terhadap spektrum FTIR yang diperoleh. Penyerapan panjang gelombang terjadi lebih banyak pada bioplastik dengan penambahan *graphene*. Berdasarkan Gambar 3.5 dapat diamati bahwa penambahan *graphene* menyebabkan peningkatan intensitas pita serapan gugus OH yang artinya ikatan hidrogen pada bioplastik ketika ada penambahan *graphene* semakin kuat karena ada keterlibatan gaya *van der waals* (Georgakilas *et al*, 2016). Hal tersebut mempengaruhi sifat mekanik bioplastik ditunjukkan dengan nilai *tensile strength* semakin meningkat dan nilai elongasi menurun.

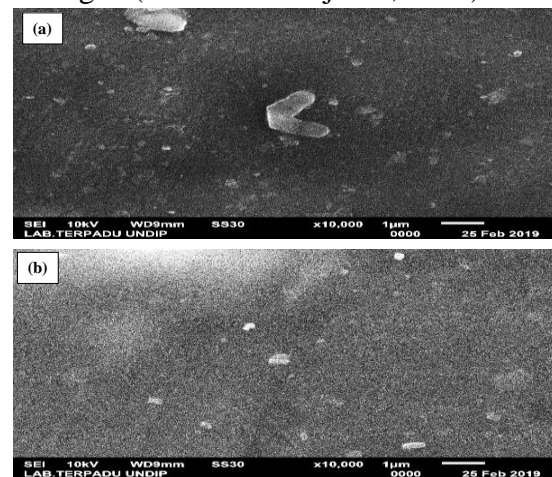
3.5 Analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM)



Gambar 3.6 SEM Permukaan Bioplastik dengan Tanpa Penambahan *Graphene* dan Penambahan Gliserol 20% (a), Gliserol 40% (b)

Berdasarkan Gambar 3.6, masing – masing sampel terdapat sedikit aglomerasi atau penggumpalan. Ketika pati dicampurkan dengan PVA membentuk film, beberapa partikel dalam ukuran

dibawah mikrometer muncul yang menunjukkan pemisahan fasa. Sehingga aglomerasi akan terjadi untuk film campuran pati-PVA. Namun, aglomerasi terbentuk tidak terlalu jelas menunjukkan interaksi yang kuat antara komponen pati dan PVA (Tian *et al*, 2017). Perbedaan juga tampak pada Gambar 3.6 (a) dan (b) yang mana permukaan bioplastik dengan penambahan gliserol 40% lebih sedikit terbentuk aglomerasi daripada penambahan gliserol 20%. Penambahan jumlah gliserol dapat membuat permukaan lebih halus dan mengurangi penggumpalan. Hal ini dikarenakan interaksi gliserol dengan matriks PVA melemahkan intermolekul ikatan hidrogen pada PVA yang mengurangi kekakuan pada bioplastik dan permukaan dari bioplastik dihasilkan semakin halus serta homogen (Ashok and Rejeesh, 2017).

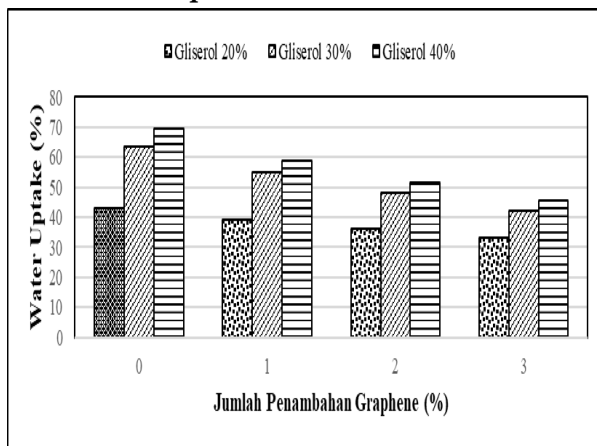


Gambar 3.7 SEM Permukaan bioplastik dengan Penambahan *Graphene* 3% dan Gliserol 20% (a), Gliserol 40% (b)

Adapun morfologi permukaan bioplastik dengan penambahan *graphene* sebanyak 3% dapat dilihat pada Gambar 3.7. *Graphene* memiliki ukuran yang sangat kecil dalam rentang *nanometer*. Pengamatan menggunakan SEM lebih ditujukan untuk mengamati distribusi *filler graphene* pada bioplastik terutama

permukaannya. Berdasarkan Gambar 3.7 (a) dan (b), aglomerasi yang terbentuk setelah penambahan *graphene* meningkat dibandingkan dengan aglomerasi yang terbentuk pada perlakuan tanpa penambahan *graphene*. Peningkatan aglomerasi disebabkan *graphene* merupakan material yang bersifat inert (Qi *et al*, 2011) dan tidak larut dalam air (Atif and Inam, 2016). Gambar 3.7 (b) memiliki aglomerasi lebih sedikit daripada 3.7 (a) karena perbedaan penambahan gliserol.

3.6 Water Uptake

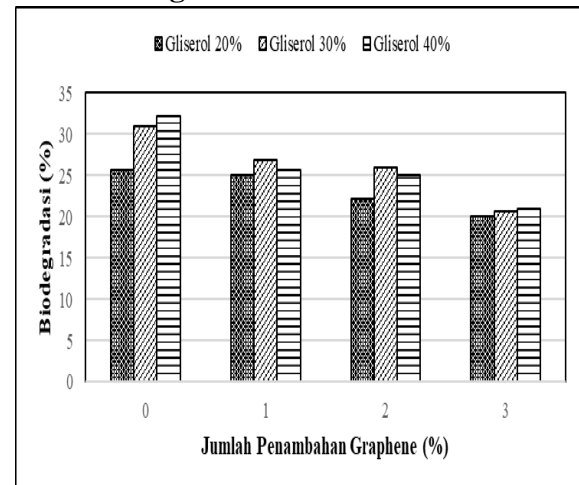


Gambar 3.8 Diagram *Water Uptake* Bioplastik Berbasis Pati Ubi Jalar-PVA dengan Variasi Penambahan *Graphene* dan Gliserol

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 3.8 secara umum bioplastik memiliki *water uptake* yang semakin tinggi dengan kenaikan jumlah gliserol sebagai *plasticizer*. Hal ini dikarenakan gliserol memiliki sifat hidrofilik karena adanya gugus hidroksil (OH^-) yang berinteraksi dengan molekul air (Azahari *et al*, 2011). Atom negatif oksigen pada gugus hidroksil membuat gugus fungsi tersebut bersifat polar, sehingga polaritas tersebut menarik molekul air yang juga polar dan membuat ikatan hidrogen pada bioplastik melemah menyebabkan penyerapan air pada bioplastik semakin tinggi.

Nilai *water uptake* menurun ketika jumlah *graphene* yang sebagai *filler* bertambah. Hal ini dikarenakan *graphene* memiliki sifat hidrofobik dan tidak larut dalam air. Ditinjau dari struktur kimia, ikatan hidrogen antara *graphene* dan polimer seperti pati-PVA dapat terjadi sehingga menghasilkan wilayah hidrofobik pada komposit menyebabkan interaksi molekul yang mengurangi sifat alami hidrofilik pada pati-PVA dan dapat mengurangi afinitas air pada *film* (Dai *et al*, 2016).

3.7 Biodegradabilitas



Gambar 3.9 Diagram Biodegradasi Bioplastik Berbasis Pati Ubi Jalar-PVA dengan Variasi Penambahan *Graphene* dan Gliserol

Pengujian biodegradabilitas bertujuan untuk mengetahui laju degradasi bioplastik sehingga dapat diperkirakan berapa lama waktu yang dibutuhkan bioplastik hingga terurai. Uji biodegradabilitas dilakukan dengan *soil burial test*. Tanah yang digunakan merupakan jenis tanah *top soil* yang merupakan bentuk lapisan tanah paling subur serta tempat aktivitas organisme tanah.

Menurut Widyaningsih *et al* (2012), bahwa degradasi polimer digunakan untuk menyatakan perubahan fisik akibat reaksi

kimia yang mencakup pemutusan ikatan dalam molekul. Reaksi degradasi kimia dalam polimer linier menyebabkan turunnya berat molekul atau pemendekan panjang rantai yang dikatalisis oleh mikroorganisme. Laju degradasi juga dipengaruhi oleh tingkat absorpsi air oleh bahan polimer, karena air dapat memberikan ruang kondusif bagi mikroorganisme yang ada pada lingkungan untuk memasuki matriks plastik. Gliserol sebagai *plasticizer* memiliki sifat hidrofilik sehingga dengan penambahan bahan tersebut tingkat penyerapan air semakin tinggi dan dapat memberikan ruang kondusif untuk perkembangan mikroorganisme.

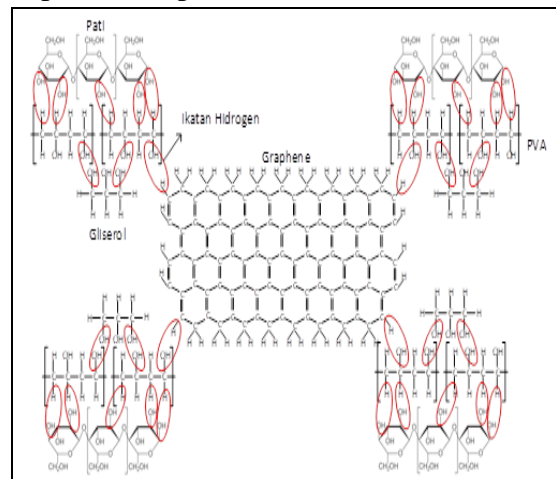
Respon yang berbeda diberikan saat penambahan *graphene*. Hasil uji degradasi pada variasi penambahan *graphene* mengalami penurunan kecepatan degradasi. Hal ini sesuai dengan hasil daya tahan serap air (*water uptake*) yang menurun dengan penambahan *graphene*. Dengan menurunnya nilai *water uptake* maka bioplastik yang dihasilkan memiliki tingkat absorpsi yang rendah terhadap air. Tingkat absorpsi yang rendah terhadap air mengakibatkan berkurangnya ruang bagi mikroorganisme untuk berkembang.

3.8 Perkiraan Mekanisme Pembentuk Bioplastik

Pati yang dicampurkan dengan PVA sebagai matriks membentuk ikatan hidrogen antara atom oksigen pada pati dan atom hidrogen pada PVA. Penambahan gliserol sebagai *plasticizer* mengakibatkan terjadinya pemutusan ikatan hidrogen di internal PVA. Setelah terjadi pemutusan ikatan hidrogen di internal PVA, kemudian gliserol akan membentuk ikatan hidrogen dengan PVA. Ikatan hidrogen terbentuk antara atom hidrogen milik gliserol dan atom oksigen

milik PVA (Shi *et al.*, 2017). Ikatan hidrogen juga terbentuk antara atom hidrogen milik PVA dan atom oksigen milik gliserol (Liu *et al.*, 2018). Ikatan hidrogen membentuk makromolekul PVA/Gliserol yang panjang secara berulang.

Setelah penambahan *graphene* pada bioplastik, terjadi interaksi *graphene* terhadap makromolekul pati-PVA/Gliserol. Interaksi yang terjadi antara *graphene* berupa fungsionalisasi non-kovalen yang didasarkan pada gaya *Van Der Waals* (Georgakilas *et al.*, 2016). Atom hidrogen terluar pada *graphene* membentuk ikatan hidrogen terhadap oksigen pada molekul PVA. Fungsionalisasi non-kovalen sangat penting untuk menjaga sifat yang dimiliki *graphene* seperti mekanis (Georgakilas *et al.*, 2016). Adapun perkiraan struktur bioplastik pati-PVA/gliserol/*graphene* dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Perkiraan Mekanisme Pembentukan Bioplastik

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan *graphene* pada bioplastik berbasis pati ubi jalar – PVA meningkatkan nilai *tensile strength*, *modulus young*, namun

- menurunkan nilai elongasi, biodegradasi serta penyerapan terhadap air atau *water uptake*.
2. Penambahan gliserol pada bioplastik berbasis pati ubi jalar – PVA meningkatkan nilai elongasi, biodegradasi, dan *water uptake*, namun nilai *tensile strength*, serta *modulus young* menurun.
 3. Morfologi bioplastik semakin halus seiring penambahan gliserol dan ketika penambahan *graphene* meningkat, aglomerasi atau penggumpalan yang terbentuk pada permukaan bioplastik semakin banyak.
 4. Hasil optimum yang diperoleh penelitian ini dengan sifat mekanik *tensile strength* 16.76 MPa, elongasi 95.505%, *modulus Young* 17.549 MPa, nilai daya serap air 33.33% serta bioplastik terdegradasi sebanyak 20% selama 28 hari pada variabel penambahan *graphene* 3% dan gliserol 20%.

Daftar Pustaka

- Ashok, A. and Rejeesh, C. R. (2017) 'Effect of Softening Agents in the Thermal and Morphological Properties of Starch Based Bioplastics', *Polymer & Composites*, 5(1), pp. 15–24.
- Atif, R. and Inam, F. (2016) 'Reasons and remedies for the agglomeration of multilayered graphene and carbon nanotubes in polymers', *Beilstein Journal of Nanotechnology*, pp. 1174–1196.
- Azahari, N. A., Othman, N. and Ismail, H. (2011) 'Biodegradation Studies of Polyvinyl Alcohol / Corn Starch Blend Films in Solid and Solution Media Biodegradation Studies of Polyvinyl Alcohol / Corn Starch Blend Films', *Journal of Physical Science*, pp. 14–31.
- Badan Pusat Statistik. (2015) *Produksi Ubi Jalar Menurut Provinsi 1993-2015*. BPS.
- Dai, Z. *et al.* (2016) 'Mechanical behavior and properties of hydrogen bonded graphene/polymer nano-interfaces', *Composites Science and Technology*. Elsevier Ltd.
- Dearmitt, C. and Rotheron, R. (2011) 'Dispersants and Coupling Agents', in *Applied Plastics Engineering Handbook*, pp. 441–454.
- Farahnaky, A., Saberi, B. and Majzoobi, M. (2013) 'Effect Of Glycerol On Physical And Mechanical Properties Of Wheat Starch Edible Films', *Journal of Texture Studies*, 44, pp. 176–186.
- Fransisca, D., Zulferiyenni and Susilawati (2013) ' Pengaruh Konsentrasi Tapioka Terhadap Sifat Fisik Biodegradable Film Dari Bahan Komposit Selulosa Nanas', *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, 18(2), pp. 196-205.
- Georgakilas, V. *et al.* (2016) 'Noncovalent Functionalization of Graphene and Graphene Oxide for Energy Materials, Biosensing, Catalytic, and Biomedical Applications', *Chemical Reviews*, 116(9), pp. 5464–5519.
- Imran, Y. L., Hutomo, G. S. and Rahim, A. (2014) 'Sintesis Dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati Sagu (*Metroxylon sp*)', *e-J. Agrotekbis*, 2(1), pp. 38–46.
- Issa, A., Ibrahim, S. A. and Tahergorabi, R. (2016) 'Sweet Potato Starch/ Clay Nanocomposite Film: New Material for Emerging Biodegradable Food packaging', *MOJ Food Processing & Technology*, 3(3), pp. 313–315.
- Kerch, G. and Korkhov, V. (2011) 'Effect of storage time and temperature on structure, mechanical and barrier properties of chitosan-based films', *Eur Food Res Technol*, 232, pp. 17–22.

- Lee, C. *et al.* (2008) ‘Measurement of the Elastic Properties and Intrinsic Strength of Monolayer Graphene’, *Science*, 321, pp. 385–388.
- Liu, T. *et al.* (2018) ‘Hydrogen-Bonded Polymer–Small Molecule Complexes with Tunable Mechanical Properties’, *Macromolecular Rapid Communications*, 39(9).
- Ma, X. *et al.* (2009) ‘Properties of biodegradable citric acid-modified granular starch/thermoplastic pea starch composites’, *Carbohydrate Polymers*, 75(1), pp. 1–8.
- Maulida *et al.* (2018) ‘Utilization of mango seed starch in manufacture of bioplastic reinforced with microparticle clay using glycerol as plasticizer’, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 309(1), pp. 1–7.
- Mo, S. *et al.* (2015) ‘Enhanced properties of poly(vinyl alcohol) composite films with functionalized graphene’, *RSC Advances*, 5, pp. 1–14.
- Moorthy, S. N., Sajeev, M. S. and Shanavas, S. (2012) ‘Sweet Potato Starch: Physico-Chemical, Functional, Thermal and Rheological Characteristics’, *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 6(1), pp. 124–133.
- More, A. S., Sen, C. and Das, M. (2017) ‘Development of Starch-Polyvinyl Alcohol (PVA) Biodegradable Film: Effect of Cross-Linking Agent and Antimicrobials on Film Characteristics’, *Applied Packaging Research*, pp. 1–18.
- Nofiandi, D., Ningsih, W. and Putri, A. S. L. (2016) ‘Pembuatan dan Karakterisasi Edible Film dari Poliblend Pati Sukun-Polivinil Alkohol dengan Propilenglikol sebagai Plasticizer’, *Jurnal Katalisator*, 1(2), pp. 1–12.
- Qi, J. S. *et al.* (2011) ‘The Possibility of Chemically Inert, Graphene-Based All-Carbon Electronic Devices with 0.8 eV Gap’, *Q, ACS Nano*, 5(5), pp. 3475–3482.
- Saputro, A. N. C. and Ovita, A. L. (2017) ‘Synthesis and Characterization of Bioplastic from Chitosan-Ganyong Starch (*Canna edulis*)’, *Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2(1), pp. 13–21.
- Shi, S. *et al.* (2017) ‘Facile preparation of hydrogen-bonded supramolecular polyvinyl alcohol-glycerol gels with excellent thermoplasticity and mechanical properties’, *Polymer (United Kingdom)*. Elsevier Ltd, 111, pp. 168–176.
- Tian, H. *et al.* (2017) ‘International Journal of Biological Macromolecules Fabrication and properties of polyvinyl alcohol / starch blend films: Effect of composition and humidity’, *International Journal of Biological Macromolecules*. Elsevier B.V., 96, pp. 518–523.
- Varrla, E. *et al.* (2014) ‘Turbulence-assisted shear exfoliation of graphene using household detergent and a kitchen blender’, *Nanoscale*. Royal Society of Chemistry, 6(20), pp. 11810–11819.
- Wang, J. *et al.* (2011) ‘Preparation of graphene/poly(vinyl alcohol) nanocomposites with enhanced mechanical properties and water resistance’, *Polymer International*, 60(5), pp. 816–822.
- Widyaningsih, S., Kartika, D. and Nurhayati, Y. T. (2012) ‘Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Kalsium Karbonat Terhadap Karakteristik dan Sifat Biodegradasi Film dari Pati Kulit Pisang’, *Molekul*, 7(1), pp. 69–81.