

Pembuatan Komposit Bioplastik Konduktif Berbasis Tepung Tapioka dengan Penambahan *Electrochemical and Mechanical Liquid Exfoliation Graphene*

Heri Rahmana¹, Amun Amri^{1*}, Syelvia Putri Utami¹

¹Jurusan Teknik Kimia,

Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293

Heri.Rahmana@student.unri.ac.id

*Corresponding Author email: amun.amri@eng.unri.ac.id

ABSTRACT

Conductive bioplastics are biodegradable plastics that have a good ability to conduct electrical current. This study aims to create a conductive tapioca-based bioplastic composite with the addition of EMLE graphene (Electrochemical and Mechanical Liquid Exfoliation) and study the effect of the amount of EMLE graphene addition to the tensile strength and transparency of bioplastics. Conductive bioplastic production was held by using solution intercalation method. The main raw material was tapioca flour as matrix and graphene as filler. Graphene can be produced by using the Electrochemical and Mechanical Liquid Exfoliation method which made in the liquid phase and mechanically crushed or mashed by using a blender. The products were analyzed by using conductive bioplastic tensile test and transparency. The best tensile test value was 3.92 Mpa with elongation 8.516% in addition for 9% graphene and 30 minutes. The best transparency value was obtained 88.31% without graphene addition.

Keywords: bioplastics, EMLE, graphene, solution intercalation, tapioca flour.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara dengan produksi plastik yang cukup besar. Menurut perkiraan Sekjen Asosiasi Industri Olefin, Aromatik dan Plastik Indonesia (Inaplas) kebutuhan plastik Indonesia terus mengalami peningkatan dari 4,5 juta ton pada tahun 2015 menjadi 4,8 juta ton pada tahun 2016 atau tumbuh 5,2% dibandingkan dari tahun sebelumnya [1]. Plastik konvensional yang masih sering digunakan saat ini berasal dari bahan polimer sintetis yang terbuat dari petroleum atau gas alam yang bahan bakunya semakin hari semakin terbatas dan tidak bisa diperbaharui (*non renewable resources*) serta sulit didaur ulang dan diuraikan (*nondegradable*). Hal ini dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan [2].

Bioplastik adalah plastik yang bersifat *biodegradable*, yang akan terurai oleh mikroorganisme secara enzimatik menghasilkan air dan gas karbon dioksida. Bioplastik menjadi solusi untuk mengurangi permasalahan sampah plastik *nondegradable* karena bersifat ramah lingkungan dan tidak menjadi polutan tanah. Bioplastik dapat disintesis dari bahan alam terbarukan seperti pati [3][4], protein [5], dan bakteri [6]. Di antara polisakarida dan biopolimer pada umumnya, pati dianggap bahan alam yang paling berpotensi dan menjanjikan untuk digunakan dalam plastik *biodegradable* [7]. Salah satu sumber pati yaitu tepung tapioka dari tanaman singkong yang memiliki kandungan pati tertinggi yaitu mencapai 90% [8].

Rendahnya aplikasi bioplastik pada sektor elektronik disebabkan sifat isolator dari bioplastik. Strategi mengkonversikan sifat bioplastik menjadi konduktif diperkirakan dapat dilakukan dengan menambahkan *graphene*. *Graphene* merupakan material baru tertipis, terkuat dan terunggul di dunia saat ini yang terbentuk dari susunan atom-atom karbon *monolayer* dua dimensi yang membentuk struktur kristal heksagonal menyerupai sarang lebah [9]. *Graphene* memiliki sifat elektronik dengan konduktivitas listrik yang tinggi dan fleksibilitas yang baik. *Graphene* memiliki sifat unik dan unggul dibandingkan dengan material lain seperti mobilitas elektron yang tinggi mencapai $200.000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, konduktivitas listrik yang tinggi ($0,96 \times 10^6 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$), konduktivitas termal yang tinggi (5000 W/mK), transparansi optik yang baik (97,7%), serta memiliki kekuatan tarik 1 TPa atau 200 kali lebih keras dari baja dan 20 kali lebih keras dari berlian dan kekakuan 130 GPa [10]. Amri *et al.*, [11] juga menjelaskan struktur elektronik *graphene* yang dipengaruhi oleh orientasi relatif dari unsur yang terabsorpsi (*zigzag* ataupun *armchair*) dan kemungkinan ukuran/masa relatif dari atom dan karbon.

Sampai saat ini telah banyak dilakukan penelitian tentang sintesis *graphene* untuk menghasilkan *graphene* satu lapis (*single-layer*) dan beberapa lapis (*few-layer*) dari material dasar grafit. Pada studi ini pembuatan *graphene* digunakan metode *Electrochemical and Mechanical Liquid Exfoliation (EMLE)*. Metode ini merupakan perpaduan dari metode *Mechanical Exfoliation (ME)* dan *Liquid Exfoliation (LE)* dan serpihan *graphite* yang dihasilkan berasal dari proses *Elektrochemical Exfoliation*. Metode ini sangat menjanjikan untuk produksi *graphene* karena sederhana, biaya rendah, tidak menggunakan bahan kimia beracun, kemudahan dalam produksi skala besar, dan menghasilkan *graphene* dengan kualitas yang baik [12]. Dalam hal ini, penambahan *graphene* diperkirakan

mampu menghasilkan bioplastik konduktif, kuat tarik dan fleksibilitas (elastisitas) lebih baik.

Berdasarkan sifat *biodegradable* yang dihasilkan oleh tepung tapioka dan sifat konduktif serta kekuatan tarik dan fleksibilitas yang dihasilkan oleh *graphene* menjadi alasan pada studi ini mengkombinasikannya untuk mengembangkan bioplastik konduktif. Penambahan *graphene* pada proses pembuatan bioplastik dapat dilakukan menggunakan metode interkalasi larutan yaitu metode pengembangan sistem pelarut dimana biopolimer atau bioprepolimer seperti pati dan protein terlarut dan nano penguat anorganik [13]. Bioplastik konduktif memiliki peluang besar untuk menggantikan transparan konduktif yang marak digunakan saat ini pada industri elektronik. Hal tersebut dikarenakan transparan konduktif yang umumnya berasal dari bahan kaca bersifat mudah rapuh dan memiliki tingkat fleksibel yang relatif rendah. Sedangkan bioplastik konduktif telah memenuhi syarat utama agar dapat diaplikasikan pada perangkat elektronik yaitu fleksibel, kuat tarik dan konduktivitas listrik yang lebih baik serta ramah lingkungan.

2. Metode Penelitian

2.1 Alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan yaitu gelas kimia (gelas piala), neraca analitik, pengaduk, gelas ukur, pipet tetes, cetakan *flexi glass*/plat kaca, *hot plate*, *stirrer*, termometer, kertas saring dan blender *Kenwood BL370*. Peralatan atau instrumen untuk karakterisasi antara lain alat uji tarik *Universal Testing Machine (UTM)* dengan standar ASTM D882-92 dan UV-Vis *spectrophotometer*.

2.2 Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan yaitu *aquadest* (PT. Brataco), gliserol (PT. Brataco), serpihan *graphite* (+100 mesh) dari pensil 2B, surfaktan (*fairy liquid*), dan tepung tapioka.

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Pembuatan Graphene

Pembuatan *graphene* dibuat dengan metode *Electrochemical and Mechanical Liquid Exfoliation (EMLE)*. Pada proses *Electrochemical and Mechanical Liquid Exfoliation (EMLE)* ini menggunakan larutan surfaktan jenis FL (*fairy liquid*) 5 ml dengan konsentrasi 7,5 mg/ml dalam 500 ml *aquadest* dan diaduk. Untuk proses pengelupasan (*exfoliation*), serbuk *graphite* yang berasal dari proses *electrochemical exfoliation* dengan konsentrasi 20 mg/ml ditambahkan 10 gram ke dalam blender *Kenwood BL370* serta campuran surfaktan dan *aquadest* setelahnya. Blender dioperasikan pada kecepatan maksimal dengan lama pengoperasian yaitu 60 menit. Untuk menjaga kondisi proses di dalam blender maka untuk pengoperasian yaitu 1 menit *on* dan 1 menit *off* supaya blender tidak panas. Setelah pengelupasan kulit *graphite* selesai, *graphene EMLE* yang dihasilkan kemudian didiamkan sampai buih didalam tabung menghilang. *Graphene EMLE* digunakan untuk karakterisasi dan siap digunakan dalam penelitian [12].

2.3.2 Pembuatan Bioplastik Konduktif

Pembuatan bioplastik menggunakan metode interkalasi larutan. 10 gram tepung tapioka dilarutkan ke dalam *aquadest* 100 ml dan dipanaskan diatas penangas air dengan suhu 60°C sambil diaduk. Setelah itu ditambahkan *plasticizer* gliserol dan *graphene* sesuai dengan variabel (0% dan 9%) lalu diaduk hingga homogen dengan waktu pengadukan 30 menit. Larutan homogen kemudian dituangkan ke dalam cetakan *flexi glass* dan dikeringkan selama 1 hari dalam suhu ruang. Kemudian bioplastik dipisahkan dari cetakan dan

dilakukan pengujian karakterisasi bioplastik.

3. Hasil dan Diskusi

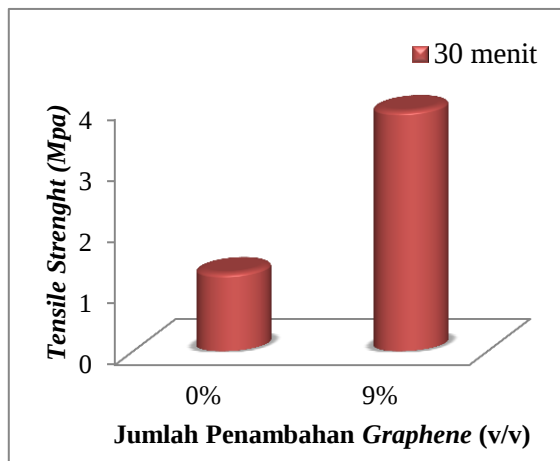
3.1 Hasil Uji Sifat Mekanik

Tujuan dari pengujian sifat mekanik adalah untuk mengetahui karakteristik sifat mekanik dari bioplastik konduktif dengan variasi penambahan jumlah *graphene* 0%, dan 9% serta dengan waktu pengadukan 30 menit. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine (UTM)* dengan standar ASTM D882-92.

3.1.1 Uji Tarik

Pengaruh penambahan *graphene (filler)* dengan waktu pengadukan 30 menit terhadap kuat tarik yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 1. Kuat tarik sampel bioplastik yang dihasilkan mengalami peningkatan seiring bertambahnya jumlah *graphene* dengan kuat tarik terbesar dihasilkan dengan penambahan 9% *graphene* dengan pengadukan selama 30 menit yaitu 3,92 MPa. Salah satu tujuan penambahan *graphene* adalah untuk memperkuat sifat kuat tarik bioplastik.

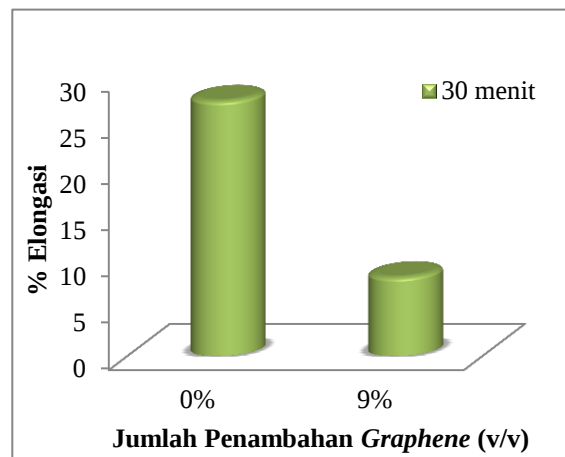
Peningkatan kekuatan tarik akibat bertambahnya penambahan *filler* disebabkan oleh peningkatan interaksi gaya tarik-menarik antar molekul penyusun bioplastik. Pada penelitian ini penambahan jumlah *graphene* yang lebih besar akan menghasilkan nilai kuat tarik lebih besar pula dibandingkan dengan penambahan *graphene* yang kecil atau tanpa penambahan *graphene*. Kuat tarik dari *film* plastik sangat dipengaruhi oleh kandungan penguat bioplastik yang ditambahkan. Karena peningkatan jumlah penguat akan menaikkan ikatan hidrogen dalam *film* dan memperbesar kemampuan *film* sehingga kuat tarik dari *film* akan semakin tinggi [14].



Gambar 1. Pengaruh Penambahan *Graphene* dan Waktu Pengadukan 30 Menit terhadap Kuat Tarik (*Tensile Strenght*).

3.1.2 Elongasi

Pengaruh penambahan *graphene* (*filler*) dan waktu pengadukan terhadap sifat elongasi yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 2. Nilai elongasi yang dihasilkan mengalami penurunan seiring bertambahnya jumlah *graphene*. Elongasi merupakan perubahan panjang maksimal *film* sebelum terputus, semakin tinggi nilai elongasi dari suatu plastik maka semakin tidak mejamin kualitas dari plastik tersebut [15]. Pada penelitian ini, nilai elongasi terbesar dihasilkan dengan penambahan *graphene* 0% pada waktu pengadukan 30 menit yaitu 27,58%. Terjadinya penurunan nilai elongasi disebabkan adanya penambahan *filler* yang menurunkan jarak ikatan antar molekuler dan mengurangi ikatan hidrogen internal hingga melemahkan gaya tarik pada rantai polimer sebelum putus [16]. Semakin banyak jumlah *graphene* yang ditambah maka nilai elongasi akan menurun.

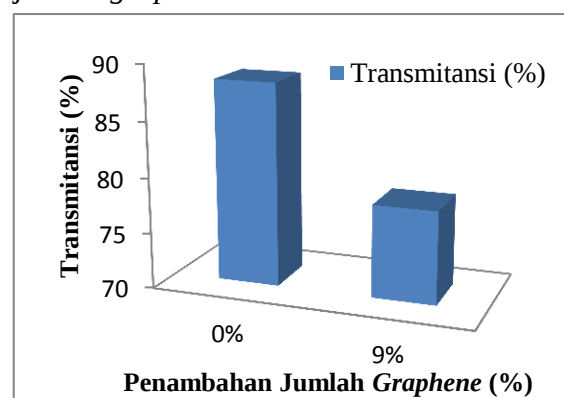


Gambar 2. Pengaruh Penambahan *Graphene* dan Waktu Pengadukan 30 Menit terhadap Elongasi Bioplastik.

3.2 Analisa Transmittansi

Pengujian transmittansi optik ini dilakukan untuk mengetahui intensitas cahaya yang dapat keluar melalui sampel atau besarnya transparansi dari bioplastik konduktif yang dihasilkan. Pengukuran transmittansi optik dilakukan pada rentang panjang gelombang 350 nm-1000 nm UV-Vis spektrofotometer untuk setiap sampel.

Yulitah *et al*, [17] melaporkan semakin besar panjang gelombang yang digunakan maka semakin besar nilai transmittansinya pada kisaran panjang gelombang cahaya tampak. Gambar 3 menunjukkan nilai transmittansi tertinggi pada panjang gelombang 987 nm dari bioplastik konduktif terhadap penambahan jumlah *graphene*.



Gambar 3. Nilai Transmittansi Bioplastik Konduktif pada Panjang Gelombang 987 nm.

Dari Gambar 3 juga terlihat bahwa dengan penambahan jumlah *graphene*, nilai transmitansi menurun. Sriprachuabwong *et al.*, [18] melaporkan dalam penelitiannya untuk menghasilkan bioplastik yang fleksibel, bahwa dengan bertambahnya konsentrasi *graphene*, bioplastik yang dihasilkan semakin gelap atau transparansinya menurun. Hal ini dikarenakan, dengan bertambahnya jumlah *graphene* akan membuat permukaan bioplastik menjadi lebih tebal. Hal ini disebabkan partikel *graphene* yang terdeposisi dipermukaan yang mengakibatkan bioplastik semakin tidak transparan. Energi cahaya matahari yang bersifat partikel (foton) akan lebih banyak terabsorpsi di permukaan lapisan dari pada diteruskan, sehingga nilai transmitansinya berkurang [19].

Nilai transmitansi tertinggi didapatkan pada penelitian ini adalah dengan penambahan jumlah *graphene* 0% sebesar 88,31%. Dengan besarnya nilai transmitansi yang didapat menandakan tingkat transparansi dari bioplastik konduktif semakin baik (transparan).

4. Kesimpulan

Terbentuknya produk bioplastik konduktif telah berhasil yang dilakukan dengan metode interkalasi larutan. Seiring bertambahnya jumlah *graphene* nilai kuat tarik dan nilai alongasi akan menurun. Hasil sifat mekanik bioplastik didapatkan karakteristik terbaik yaitu kuat tarik sebesar 3,92 Mpa dan nilai elongasi sebesar 8,516 %. Nilai transparansi menurun seiring bertambahnya jumlah *graphene* yang ditambahkan ke dalam bioplastik dari 88,31% menjadi 78,35%.

Daftar Pustaka

- [1] Gosta, D. R. 2016. Inaplas: Konsumsi Plastik Tumbuh 5,2%. <http://industri.bisnis.com/read/20161227/257/615083/inaplas-konsumsi-plastik-tumbuh-52>. Diakses : 12 April 2017.
- [2] Avella, M., Aleksandra, B., Maria, E. E., Gennaro, G. and Anita, G. 2009. Eco-Challenges of Bio-Based Polymer Composites. *Materials*, 2(3), pp. 911–925.
- [3] Arrieta, A. A., Piedad, F. G., Samith, E. M. and Robin, Z. 2011. Electrically Conductive Bioplastics From Cassava Starch. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 22(6), pp. 1170–1176.
- [4] Sagnelli, D., Kim, H. H., Eric, L., Agnes, R. S., Sophie, G., Jacob, J.K.K., Kell, M., Denis, L., Andreas, B. 2016. Plant Crafted Starches for Bioplastics Production. *Carbohydrate Polymers*. Elsevier Ltd., 152, pp. 398–408.
- [5] Perez, V., Manuel, F., Alberto, R. and Antonio, G. 2016. Characterization of Pea Protein-Based Bioplastics Processed by Injection Moulding. *Food and Bioproducts Processing*. Institution of Chemical Engineers, 97, pp. 100–108.
- [6] Singh, S. and Mohanty, A. K. 2007. Wood Fiber Reinforced Bacterial Bioplastic Composites: Fabrication and Performance Evaluation. *Composites Science and Technology*, 67(9), pp. 1753–1763.
- [7] Vieira, M. G. A., Mariana, A. D. S., Lucielen, O. D. S. and Marisa, M. B. 2011. Natural-Based Plasticizers and Biopolymer Films: A Review. *European Polymer Journal*. Elsevier Ltd, 47(3), pp. 254–263.
- [8] Cui, S. W. 2005. Food Carbonhydrate: Chemistry Physycal Properties and Applications. *CRC Press*, pp. 1-8.

- [9] Fikri, A.A. and Dwandaru, W.S.B. 2016. Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan dan Waktu Ultrasonikasi Terhadap Sintesis Material Graphene dengan Metode Liquid Sonification Exfoliation Menggunakan Tweeter Ultrasonication Graphite Oxide Generator. *Jurnal Fisika*, 5 : 3.
- [10] Casero, E., Parra-Alfambra, A. M., Petit-Dominguez, M. D., Pariente, F., Lorenzo, E. and Alonso, C. 2012. Differentiation Between Graphene Oxide and Reduced Graphene by Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS). *Electrochemistry Communications*. Elsevier B.V., 20(1), pp. 63–66.
- [11] Amri, A., Hartanto, W., Zhong, T.J., Mohammednoor, A., Chun, Y.Y., Bee, M.G., Nicholas, M., Bogdan, Z.D. 2016. Double-Sided F and Cl Adsorptions on Graphene At Various Atomic Ratios: Geometric, Orientation and Electronic Structure Aspects. *Applied Surface Science*, 373, pp. 65-72.
- [12] Varrla, E., Keith, R. P., Claudia, B., Andrew, H., Ronan, J. S., Joe, M. C. and Jonathan, N. C. 2014. Turbulence-Assisted Shear Exfoliation of Graphene Using Household Detergent and a Kitchen Blender. *Nanoscale*, 6(20), pp. 11810–11819.
- [13] Zhao, R. E. 2008. Emerging Biodegradabel Material : Starch And Protein Based Bio-Nanocomposites. *Journal Materials Science* , 43, pp. 3058-3071.
- [14] Indriyati, L., Indrarti. And Rahimi, E. 2006. Pengaruh Carboxymethyl Cellulose (CMC) dan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Lapisan Tipis Komposit Bakterial Selulosa. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 8(1), pp. 4044.
- [15] Amni, C., Marwan. and Mariana. 2015. Pembuatan Bioplastik Dari Pati Ubi Kayu Berpenguat Nano Serat Jerami dan ZnO. *Jurnal Litbang Industri*, 5(2), pp. 91–99.
- [16] Zuraida, A., Yusliza, Y., Anuar, H. And Muhaimin, M.K. 2012. The Effect of Water and Citric Acid on Sago Starch Bio-Plastics. *Internasional Food Research Journal*, 19(2), pp. 715-719.
- [17] Yulitah, D., Dewi, R., Krisman. 2015. Fabrikasi dan Karakterisasi Sifat Optik Dari Ba, Sr, TiO Menggunakan Spektrofotometer Ultraviolet Visible. *JOM FMIPA*, 2, pp. 132-137.
- [18] Sriprachuabwong, C., Sorawit, D., Komkrit, S., Anurar, W. and Adisorn, T. 2015. Electrolytically Exfoliated Graphene–Polylactide-Based Bioplastic With High Elastic Performance. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(6), pp. 2–9.
- [19] Tran, Q., Fang, J., Chin, X. 2015. Properties of Fluorine-Doped SnO₂ Thin Films by a Green Sol–Gel Method, *Materials Science in Semiconductor Processing*, 40, 664-669.