

Pengaruh Jumlah Penambahan *Graphene Nanosheets* (GNSs) dan Gliserol Terhadap Sifat Mekanis *Coating* Komposit Berbasis *Polyvinyl Alcohol* (PVA)

Abdul Rasyid Amrin¹, Amun Amri², Aman²

¹Mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Kimia ²Dosen Jurusan Teknik Kimia,
Fakultas Teknik, Universitas Riau

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

Email: abdul.rasyid8507@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Polyvinyl alcohol (PVA) based conductive coatings composite with the addition of graphene nanosheets (GNSs) have been successfully synthesized. Composites were synthesized using the solution mixing method and were tested their conductive properties, mechanical properties (tensile strength, elongation at break, and young modulus), morphology, and functional group analysis. The results showed that the addition of graphene increased the electrical conductivity, tensile strength, and Young modulus, but decreased elongation at break composite coating. Addition of glycerol increased elongation at break, but decreased the electrical conductivity, tensile strength, and Young modulus. The highest electrical conductivity was 1.11×10^{-3} s/m obtained by adding 3% graphene, the highest tensile strength was 25,894 MPa obtained by adding 3% graphene, the highest elongation was 250.862% obtained by adding 2%wt glycerol, and the highest modulus young was 18,496 MPa obtained by adding 3% graphene. Based on the results of the study, the PVA-based conductive composite coating with the addition of graphene nanosheets has a good perspective to develop further.

Keywords: coating composite, glycerol, graphene, PVA

1. Pendahuluan

Perangkat optoelektronik berbasis *transparent conductive* telah menjadi kebutuhan dalam kehidupan sehari-hari bagi kebanyakan orang. Perangkat optoelektronik berbasis *transparent conductive* antara lain panel layar, LCD, LED, *solar cell*, dan perangkat berbasis layar lainnya. Menurut Badan Pusat Statistik (2018) Indonesia mengimpor perangkat optoelektronik berbasis *transparent conductive* sebanyak 6534,686 ton dengan biaya impor sebesar 189,524 Juta US Dollar. *Transparent conductive* yang digunakan saat ini disusun oleh material ITO (*indium tin oxide*). ITO memiliki konduktivitas listrik yang baik, namun memiliki fleksibilitas yang sangat buruk sehingga rentan terjadi keretakan dan mengakibatkan kerusakan (Ye *et al.*,

2014). Pemanfaatan *coating* komposit konduktif berbasis PVA merupakan upaya pengembangan guna memperoleh alternatif *transparent conductive* berbasis ITO.

PVA adalah polimer sintesis yang biodegradable dan biokompatibel dan memiliki sifat mekanik yang baik. PVA larut dengan baik dalam air sehingga memiliki sifat pembentuk *coating* yang sangat baik. PVA telah digunakan dalam serat, *coating*, dan perekat secara luas. Struktur molekul PVA memiliki banyak gugus hidroksil, yang dapat membentuk ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen tersebut memberikan pengaruh baik terhadap sifat mekanis *coating* (Pu-you *et al.*, 2014). Pemanfaatan PVA bertujuan untuk mendapatkan *coating* dengan sifat mekanis

yang baik, terutama sifat fleksibilitas.

Beberapa penelitian mengkaji tentang sifat termal dan mekanis PVA pada pembuatan *coating* komposit. Jia *et al* (2014) mengamati sifat mekanis PVA dengan menambahkan gliserol. Sifat mekanis PVA yang telah dimodifikasi dengan gliserol tampak lebih baik daripada PVA murni. Mohsin *et al* (2011) mengatakan bahwa PVA dengan penambahan gliserol memiliki karakteristik pembentukan *coating* komposit yang sangat baik. Semua campuran PVA dengan berbagai persentase berat gliserol, memiliki karakteristik pembentukan *coating* yang sangat baik. *Coating* komposit yang dihasilkan homogen dan transparan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa gliserol membentuk interaksi yang menguntungkan dengan PVA melalui interaksi ikatan hidrogen antarmolekul.

Peningkatan sifat mekanis pada *coating* komposit dapat dilakukan dengan memanfaatkan keunggulan *filler* yang digunakan. *Graphene* menjadi material yang berpotensi digunakan sebagai *filler* pada *coating* komposit konduktif. *Graphene* adalah alotrop karbon dua dimensi dengan struktur heksagonal, tiap satu atom membentuk verteks dengan hibridisasi sp^2 . *Graphene* dapat dianggap sebagai struktur unit grafit, CNT (*carbon nanotubes*), dan *fullerene*, serta molekul aromatik dengan ukuran tak terbatas, seperti hidrokarbon aromatik polisiklik yang sangat planar (Zhen and Zhu, 2018). *Graphene* memiliki konduktivitas listrik yang baik, stabilitas kimia, dan transmisi cahaya yang sangat baik. Transmisi *graphene* tetap merata di seluruh spektrum. *Graphene* lebih potensial dibandingkan dengan bahan elektroda transparan tradisional, seperti ITO (*indium tin oxide*).

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *aquadest*, PVA

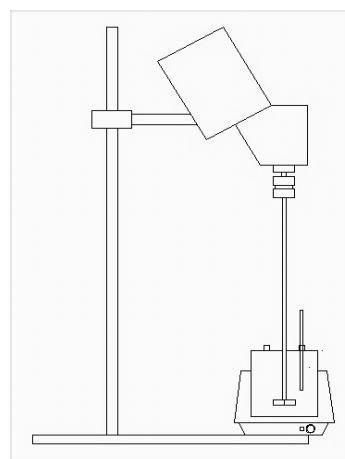
(*polyvinyl alcohol*), gliserol, grafit (dari batang pensil), dan surfaktan.

2.2 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *blender*, cetakan kaca, gelas beker, gelas ukur, *heating* mantel, neraca analitik, pipet tetes, spatula, dan *stirrer* mekanis. UTM (*Universal Testing Machine*).

2.3 Variabel

Variabel berubah pada penelitian ini adalah penambahan gliserol (0, 1 dan 2%wt PVA) dan penambahan *graphene* (0, 1, 2, dan 3 %wt PVA).



Gambar 1. Rangkaian Alat

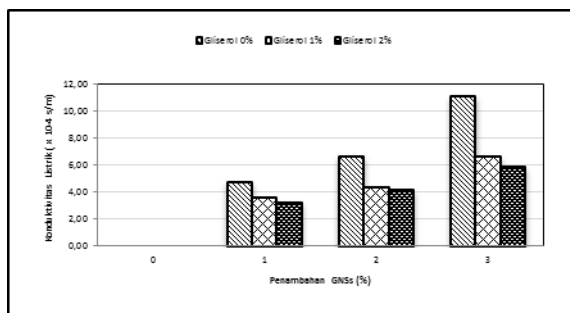
2.4 Prosedur Penelitian

Graphene disintesis menggunakan metode *turbulence asissted shear exfoliation* (TASE) dengan konsentration *graphene* 20 mg/ml. Pembuatan *coating* konduktif metode *solution mixing*. 10 gram PVA dilarutkan dalam *aquadest* 100 ml dan ditambahkan gliserol sesuai variabel. Campuran dipanaskan dengan suhu 90°C sambil diaduk dengan kecepatan pengadukan 200 rpm selama 1 jam. Kemudian, *graphene* sesuai variabel ditambahkan dan diaduk dengan kecepatan 200 rpm selama 30 menit. Larutan homogen kemudian dituangkan kedalam cetakan kaca berukuran 10 cm x 5 cm x 0,5 cm dan dikeringkan selama 7 hari dalam suhu ruang.

2.5 Hasil dan Pembahasan Konduktivitas Listrik

Berdasarkan Gambar 2, secara

umum dapat dilihat bahwa penambahan GNSs meningkatkan konduktivitas listrik *coating* komposit konduktif. GNSs mampu meningkatkan konduktivitas listrik karena GNSs merupakan konduktor yang memiliki konduktivitas listrik tinggi sebesar 10^8 s/m (Li *et al.*, 2003). Semakin besar persentase penambahan GNSs maka semakin tinggi konduktivitas listrik *coating* komposit konduktif yang diperoleh. Berdasarkan Gambar 2, terlihat juga bahwa penambahan gliserol cenderung menurunkan konduktivitas listrik *coating* komposit konduktif. Penurunan konduktivitas listrik *coating* komposit konduktif karena gliserol merupakan senyawa yang bersifat isolatif (Bin-Dahman *et al.*, 2018). Semakin besar persentase penambahan gliserol maka semakin rendah konduktivitas listrik *coating* komposit konduktif yang diperoleh. Konduktivitas listrik tertinggi diperoleh pada *coating* komposit konduktif dengan penambahan *gliserol* 0% dengan penambahan GNSs sebanyak 3% yaitu sebesar $1,11 \times 10^{-3}$ s/m. Sedangkan, konduktivitas listrik terendah diperoleh pada *coating* komposit konduktif tanpa penambahan GNSs yaitu bersifat isolatif.

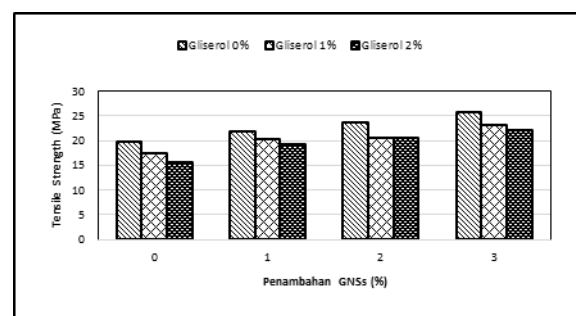


Gambar 2. Konduktivitas Listrik komposit konduktif Berbasis PVA dengan Variasi Penambahan GNSs dan Gliserol

Tensile Strength

Berdasarkan Gambar 3, secara umum dapat dilihat bahwa penambahan GNSs meningkatkan *tensile strength coating* komposit konduktif. GNSs mampu meningkatkan *tensile strength* karena GNSs memiliki *tensile strength* yang sangat baik, yaitu sebesar 130 GPa (Lee *et al.*, 2008). Semakin besar persentase penambahan

GNSs maka semakin tinggi *tensile strength coating* komposit konduktif yang diperoleh. Berdasarkan Gambar 3 terlihat juga bahwa penambahan gliserol cenderung menurunkan *tensile strength coating* komposit konduktif. Gliserol merupakan hidrofilik kecil yang dapat dengan mudah masuk di antara rantai-rantai molekul matriks dan membentuk ikatan hidrogen (Fatma, Malaka and Taufik, 2014). Pembentukan ikatan hidrogen dapat menurunkan tegangan antar molekul yang menyusun matriks *coating* sehingga menurunkan *tensile strength coating* komposit konduktif (Farahnaky, Saberi and Majzoobi, 2013). Semakin besar persentase penambahan gliserol maka semakin rendah *tensile strength coating* komposit konduktif yang diperoleh. *Tensile strength* tertinggi diperoleh pada *coating* komposit konduktif dengan penambahan GNSs 3% dan penambahan gliserol 0%, yaitu sebesar 25,894 MPa. Sedangkan, *tensile strength* terendah diperoleh *coating* komposit konduktif dengan penambahan GNSs 0% dan penambahan 2% gliserol, yaitu sebesar 15,677 MPa.

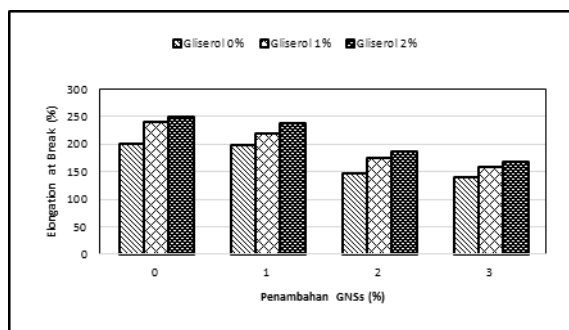


Gambar 3. Pengaruh Peningkatan Persentase GNSs terhadap *Tensile Strength Coating* Komposit Konduktif

Elongation At Break

Berdasarkan Gambar 4, secara umum dapat dilihat bahwa penambahan GNSs cenderung menurunkan *elongation at break coating* komposit konduktif. Penambahan *graphene* meningkatkan gaya *van der Waals* sehingga terjadi peningkatan tegangan antar molekul. Kondisi tersebut menyebabkan penurunan fleksibilitas dan *elongation at break coating* komposit

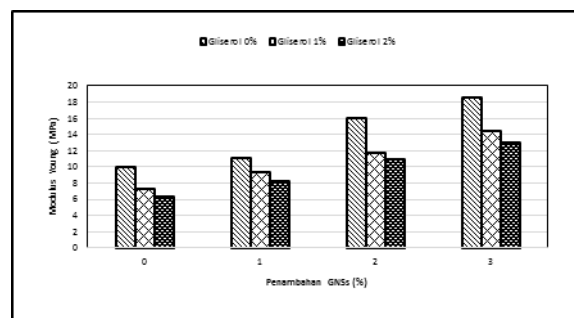
konduktif (Kutz, 2011). Semakin besar persentase penambahan GNSs maka semakin rendah *elongation at break coating* komposit konduktif yang diperoleh. Berdasarkan Gambar 4 terlihat juga bahwa penambahan gliserol meningkatkan *elongation at break coating* komposit konduktif. Gliserol tersusun atas molekul hidrofilik yang relatif kecil dan mudah masuk di antara rantai-rantai molekul matriks (Fatma, Malaka and Taufik, 2014). Kondisi tersebut menyebabkan modifikasi struktural molekul-molekul penyusun *coating* komposit konduktif. Molekul gliserol akan mengubah asosiasi matriks komposit dengan menurunkan interaksi intermolekul dan meningkatkan mobilitas polimer sehingga memperbaiki fleksibilitas *coating* komposit konduktif (Farahnaky, Saberi and Majzoubi, 2013). Semakin besar persentase penambahan gliserol maka semakin tinggi *elongation at break* komposit *coating* konduktif yang diperoleh. *Elongation at break* tertinggi diperoleh pada *coating* komposit konduktif dengan penambahan GNSs 0% dan penambahan gliserol 2%, yaitu sebesar 250,862 %. Sedangkan, *elongation at break* terendah diperoleh pada penambahan GNSs 3% dan penambahan *gliserol* 0%, yaitu sebesar 139,999 %.



Gambar 4. Pengaruh Peningkatan Persentase GNSs Terhadap *Elongation at Break* Komposit Coating Konduktif

Berdasarkan Gambar 5, secara umum dapat dilihat bahwa penambahan GNSs meningkatkan *modulus Young* komposit *coating* komposit konduktif. Semakin besar persentase penambahan GNSs maka semakin tinggi *modulus Young*

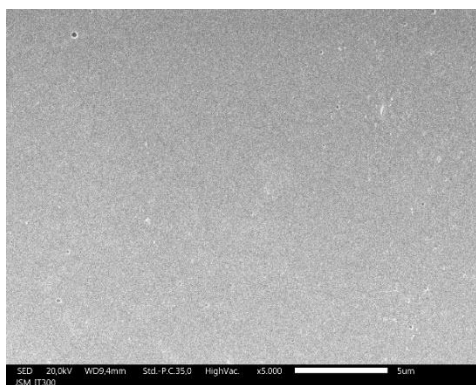
coating komposit konduktif yang diperoleh. Berdasarkan Gambar 5 terlihat juga bahwa penambahan gliserol menurunkan *modulus Young coating* komposit konduktif. Semakin besar persentase penambahan gliserol maka semakin rendah *modulus Young coating* komposit konduktif yang diperoleh. *Modulus Young* tertinggi diperoleh pada *coating* komposit konduktif dengan penambahan GNSs 3% dan penambahan gliserol 0%, yaitu sebesar 18,496 MPa. Sedangkan, *modulus Young* terendah diperoleh pada penambahan GNSs 0% dan penambahan *gliserol* 2%, yaitu sebesar 6,475 MPa.



Gambar 5. Pengaruh Peningkatan Persentase GNSs terhadap *Modulus Young Coating*

Scanning Electron Microscopy (SEM)

Berdasarkan Gambar 6, secara umum dapat dilihat bahwa distribusi matriks Komposit memiliki keseragaman yang baik. Keseragaman yang baik menunjukkan kompatibilitas yang baik antara matriks PVA dengan *plasticizers* gliserol. Adapun aglomerasi atau penggumpalan yang terbentuk sangat sedikit. Aglomerasi yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 6 dengan perbesaran 5000x. Aglomerasi terbentuk karena proses pencampuran yang belum sempurna. Namun, jumlah aglomerasi yang sangat sedikit (kurang dari 1%) tidak terlalu mempengaruhi sifat mekanis komposit *coating* PVA.

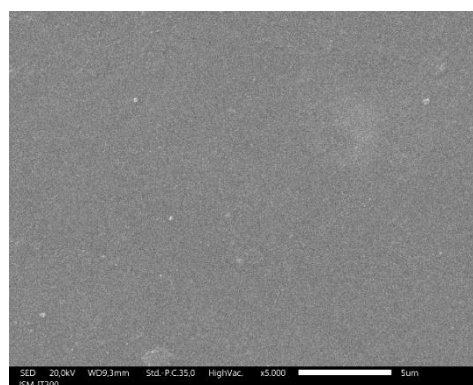


Gambar 6. SEM Permukaan *Coating* Komposit PVA dengan Penambahan 2% Gliserol dan Tanpa Penambahan GNSs Perbesaran 5000x

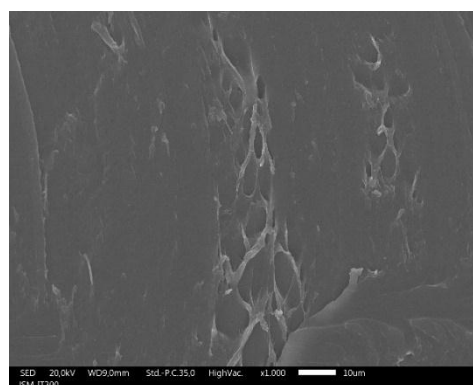
Adapun morfologi permukaan komposit *coating* PVA dengan penambahan GNSs sebanyak 3% dapat dilihat pada 7 (Perbesaran 5000x). GNSs memiliki ukuran yang sangat kecil dalam rentang *nanometer*. Pengamatan menggunakan SEM lebih ditujukan untuk mengamati distribusi *filler* GNSs pada komposit *coating* PVA. Berdasarkan Gambar 7, secara umum GNSs telah terdistribusi secara merata pada komposit *coating* PVA. Distribusi GNSs dinilai cukup merata dibuktikan dengan jumlah aglomerasi yang terbentuk dalam jumlah yang sedikit. Aglomerasi yang terbentuk setelah penambahan GNSs meningkat dibandingkan dengan aglomerasi yang terbentuk pada perlakuan tanpa penambahan GNSs. Peningkatan aglomerasi disebabkan *graphene* merupakan material yang bersifat *inert* (Qi *et al.*, 2011) dan tidak larut dalam air (Atif and Inam, 2016).

Berdasarkan Gambar 9, secara umum terjadi perbedaan morfologi *cross section* komposit *coating* PVA setelah penambahan GNSs dibandingkan dengan morfologi *cross section* komposit *coating* PVA tanpa penambahan GNSs pada Gambar 8. Berdasarkan. Aglomerasi yang terbentuk setelah penambahan GNSs meningkat dibandingkan dengan aglomerasi yang terbentuk pada perlakuan tanpa penambahan GNSs. Peningkatan aglomerasi disebabkan *graphene*

merupakan material yang bersifat inert (Qi *et al.*, 2011) dan tidak larut dalam air (Atif and Inam, 2016). Aglomerasi juga dipengaruhi oleh surfaktan yang terdapat pada larutan *graphene*. Kompatibilitas yang kurang baik antara *graphene* dan surfaktan terhadap air menyebabkan terjadinya penggumpalan dan terbentuknya aglomerasi pada *coating* komposit PVA.



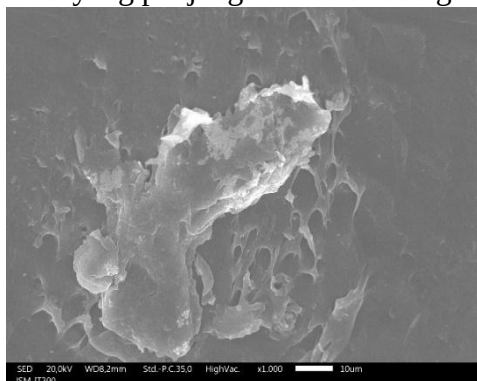
Gambar 7. SEM Permukaan *Coating* Komposit Konduktif PVA dengan penambahan 2% gliserol dan Penambahan 3% GNSs Perbesaran 1000x



Gambar 8. SEM *Cross Section Coating* Komposit PVA dengan penambahan 2% gliserol dan Tanpa Penambahan GNSs Perbesaran 1000x

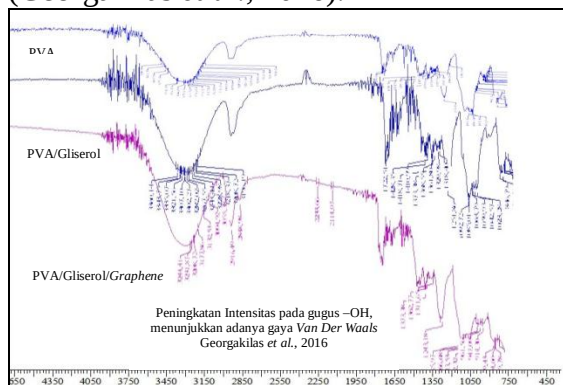
Spektrum FTIR dapat dilihat pada Gambar 10. Penambahan gliserol sebagai *plasticizer* mengakibatkan terjadinya pemutusan ikatan hidrogen di internal PVA. Setelah terjadi pemutusan ikatan hidrogen di internal PVA, kemudian gliserol akan membentuk ikatan hidrogen dengan PVA. Ikatan hidrogen terbentuk antara 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.



Gambar 9. SEM Cross Section Coating Komposit PVA dengan Penambahan 2% gliserol dan Penambahan GNSs 3% Perbesaran 1000x

Setelah penambahan GNSs pada *coating* komposit PVA, terjadi interaksi antara GNSs terhadap makromolekul PVA/Gliserol. Interaksi yang terjadi antara GNSs berupa fungsionalisasi non-kovalen yang didasarkan pada gaya Van der Waals atau interaksi π - π (Georgakilas *et al.*, 2016). Atom hidrogen terluar pada GNSs membentuk ikatan hidrogen terhadap oksigen pada molekul PVA. Fungsionalisasi non-kovalen sangat penting untuk menjaga sifat yang dimiliki GNSs seperti konduktivitas listrik dan mekanis (Georgakilas *et al.*, 2016).



Gambar 10. Spektrum FTIR PVA, PVA/Gliserol, dan PVA/Gliserol/GNSs

3. KESIMPULAN

Coating komposit konduktif telah berhasil disintesis menggunakan metode

solution mixing dengan variasi penambahan *graphene nanosheets* dan gliserol. Konduktivitas listrik tertinggi yaitu $1,11 \times 10^{-3}$ s/m yang diperoleh pada penambahan 3% *graphene*, *tensile strength* tertinggi yaitu 25,894 MPa yang diperoleh pada penambahan 3%wt *graphene*, *elongation at break* tertinggi yaitu 250,862% yang diperoleh pada penambahan 2% gliserol, dan *modulus Young* tertinggi yaitu 18,496 Mpa yang diperoleh pada penambahan 3% *graphene*. Penambahan *graphene* pada *coating* komposit PVA meningkatkan konduktivitas listrik, *tensile strength*, dan *modulus Young*, namun menurunkan *elongation at break coating*. Penambahan gliserol pada *coating* komposit PVA meningkatkan *elongation at break*, namun menurunkan konduktivitas listrik, *tensile strength*, dan *modulus Young* pada *coating*.

Daftar Pustaka

- Atif, R. and Inam, F. (2016) 'Reasons and remedies for the agglomeration of multilayered graphene and carbon nanotubes in polymers', *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 7(1), pp. 1174–1196. doi: 10.3762/bjnano.7.109.
- Bin-Dahman, O. A. *et al.* (2018) 'Electrical and dielectric properties of poly(vinyl alcohol)/starch/graphene nanocomposites', *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 96(4), pp. 903–911. doi: 10.1002/cjce.22999.
- 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(3), pp. 176–186. doi: 10.1111/jtxs.12007.
- Fatma, Malaka, R. and Taufik, M. (2014) 'Pengaruh variasi persentase gliserol sebagai', pp. 214–219.
- 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. doi: 10.1021/acs.chemrev.5b00620.
- Kutz, M. (2011) *Applied Plastics Engineering Handbook, Applied Plastics Engineering Handbook*. doi: 10.1016/C2010-0-67336-6.
- Lee, C. *et al.* (2008) 'Measurement of the elastic properties and intrinsic strength of monolayer graphene', *Science*, 321(5887), pp. 385–388. doi: 10.1126/science.1157996.
- Li, J. *et al.* (2003) 'Study on kinetics of polymer melt intercalation by a rheological approach', *Journal of Applied Polymer Science*, 89(2), pp. 318–323. doi: 10.1002/app.12094.
- Liu, T. *et al.* (2018) 'Hydrogen-Bonded Polymer–Small Molecule Complexes with Tunable Mechanical Properties', *Macromolecular Rapid Communications*, 39(9). doi: 10.1002/marc.201800050.
- Pu-you, J. *et al.* (2014) 'Properties of Poly(vinyl alcohol) Plasticized by Glycerin', *Journal Of Forest Product & Industries*, 3(3), pp. 151–153.
- Qi, J. S. *et al.* (2011) 'The possibility of chemically inert, graphene-based all-carbon electronic devices with 0.8 eV gap', *ACS Nano*, 5(5), pp. 3475–3482. doi: 10.1021/nn102322s.
- 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. doi: 10.1016/j.polymer.2017.01.051.
- Ye, S. *et al.* (2014) 'Metal nanowire networks: The next generation of transparent conductors', *Advanced Materials*. doi: 10.1002/adma.201402710.
- Zhen, Z. and Zhu, H. (2018) 'Structure and Properties of Graphene', in *Graphene*. doi: 10.1016/B978-0-12-812651-6.00001-X.