

**FABRIKASI KOMPOSIT *GRAPHENE*/TiO<sub>2</sub>/PAni  
SEBAGAI BAHAN ELEKTRODA BATERAI *LITHIUM-ION* (LI-ION)**

La Agus<sup>1</sup>, Yuliana<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Laboratorium Material Basah, Fakultas matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Halu Oleo (UHO)  
Kampus UHO, Mukodompit, Kendari 93232  
E-mail: [yulhiez\\_coo@yahoo.co.id](mailto:yulhiez_coo@yahoo.co.id)

**ABSTRAK**

Fabrikasi komposit *graphene*/TiO<sub>2</sub>/PAni (GTP) sebagai bahan elektroda baterai Li-ion telah berhasil dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh material *graphene* dengan metode reduksi *graphene* oksida (RGO), *Sol-gel* TiO<sub>2</sub> dan mengetahui daya hantar elektrodanya setelah penambahan PAni serta mengetahui nilai arus dan potensial oksidasi-reduksi terbaik pada elektroda GTP. Hasil XRD menunjukkan terbentuknya *graphene* pada 2 $\theta$  23.04<sup>0</sup> dengan d-spacing 3,85 Å dan TiO<sub>2</sub> dengan puncak tertinggi pada 2 $\theta$  25<sup>0</sup> dan 48<sup>0</sup> dengan fasa *anatase*. Analisis morfologi permukaan dengan SEM menunjukkan adanya lembaran *graphene* monolayer dan bilayer sedangkan TiO<sub>2</sub> terlihat seperti butiran kecil. Hasil spektrofotometri FTIR juga menunjukkan adanya gugus fungsi C=C aromatik yang menginformasikan terbentuknya *graphene* dan gugus C=O pada TiO<sub>2</sub> sebagai indikasi terbentuknya titanium dioksida. Elektroda kerja *graphene*/TiO<sub>2</sub>/PAni (GTP) terdiri dari komposisi 95%:5%:1; 75%:25%:1; 50%:50%:1. Konduktivitas listrik terbaik diperoleh pada perbandingan 75%:25% :1 yaitu 1,8701 S/cm. Hasil pengujian elektroda GTP dengan metode voltametri siklik diperoleh bahwa elektroda dengan persentase 75%:25%:1 dalam larutan elektrolit KCl 1 M merupakan hasil pengujian elektroda terbaik dengan nilai potensial oksidasi-reduksi masing-masing berkisar +0,25 V dan -0,6 V.

**Kata kunci** : *Graphene*, TiO<sub>2</sub>, PAni, elektroda, konduktivitas listrik, voltametri siklik, baterai Li-ion.

**PENDAHULUAN**

Salah satu tema penelitian yang menarik adalah penelitian tentang media penyimpanan energi, termasuk baterai. Penemuan baterai sangat berguna dan mempengaruhi perkembangan teknologi. Walaupun ada banyak jenis baterai, konsep dasarnya tetaplah sama yaitu mengubah energi kimia yang tersimpan dalam baterai menjadi energi listrik. Jenis baterai yang saat ini berkembang pesat penggunaannya adalah baterai litium-ion (Li-ion). Permintaan baterai litium-ion dengan kemampuan menyimpan energi yang lebih lama dan juga siklus hidup yang meningkat semakin besar. Hal ini erat kaitannya dengan perkembangan industri elektronika dan telekomunikasi yang berkembang semakin cepat.

Pada umumnya, elektroda baterai yang digunakan pada Li-ion adalah grafit, sifat elektrokimia grafit menghalangi perpindahan ion litium dan ukuran partikel grafit yang besar yang berakibat pada jarak yang ditempuh ion

litium untuk lepas dari grafit semakin jauh sehingga menurunkan energi yang dihasilkan (House *et al.*, 2007). Kapasitas energi teoritik grafit hanya 372 mAh/g. Nilainya tergolong kecil untuk dapat memenuhi tuntutan kinerja Li-ion yang semakin tinggi (Rohman, 2012). Banyak cara untuk mengatasinya, antara lain dengan menggunakan bahan yang mempunyai kapasitas teoritik yang lebih besar. *Graphene* dengan kapasitas teoritik 1000-3000 mAh/g adalah salah satu kandidat bahan elektroda (Zhamu *et al.*, 2012).

*Graphene* adalah monolayer grafit, yang terdiri dari hibridisasi sp<sup>2</sup> atom karbon yang memiliki struktur hexagonal dan tersusun dalam kisi kristal *honeycomb* (Geim dan Novoselov, 2007). Bahan karbon dua dimensi ini memiliki luas permukaan spesifik 2.600 m<sup>2</sup>/g (Stoller *et al.*, 2008) dengan struktur sarang lebah yang berpotensi menghasilkan kapasitas penyimpanan litium yang lebih tinggi. Selanjutnya, mobilitas elektron yang tinggi

(15.000 cm<sup>2</sup>/(V·s)), konduktivitas termal yang luar biasa (3000 W/(m·K)) (Bolotin *et al.*, 2008), stabilitas kimia dan sifat mekanik yang baik menjadi target yang menarik untuk membentuk material komposit yang digunakan sebagai dasar elektroda.

Namun, *graphene* murni tidak dapat menjadi pengganti langsung bahan elektroda komersial berbasis karbon dalam baterai litium ion saat ini karena memiliki efisiensi *coulomb* yang rendah, *Platform charge-discharge* tinggi dan stabilitas siklus yang rendah (Atabaki dan Kovacevic, 2013). Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan memodifikasi material *graphene* dengan material yang tidak reaktif terhadap sistem elektrolit dalam baterai Li-ion sehingga baterai lebih stabil terhadap panas, masa hidup lebih lama dan energi baterai lebih besar.

Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) merupakan oksida logam transisi yang secara kimia bersifat inert, tidak mahal serta stabil secara kimia (Brown *et al.*, 1992). Kemampuan TiO<sub>2</sub> untuk menginterkalasi ion-Li ke dalam struktur internal kisi kristal menunjukkan TiO<sub>2</sub> mampu mengakomodasi ion-Li selama proses pemakaian baterai sehingga berpotensi sebagai material anoda baterai ion-Li (Fitria dkk., 2010). Meskipun demikian, TiO<sub>2</sub> memiliki nilai kelistrikan yang rendah.

Polianilin (PAni) adalah salah satu polimer konduktif yang serbaguna karena memiliki stabilitas termal dan kimiawi yang baik serta memiliki sifat konduktivitas yang tinggi. Kombinasi polianilin (Pani) dengan bahan organik atau anorganik lain dapat menghasilkan bahan fungsional baru yang tidak hanya meningkatkan sifat mekanik tetapi juga sifat lain tergantung material yang ditambahkan (Phang, 2008). PAni banyak digunakan sebagai elektroda katalitik maupun komposit pada suatu material elektroda (Bejbouji *et al.*, 2010).

*Graphene* dapat diproduksi dengan berbagai metode. *Graphene* yang dihasilkan dengan metode pengelupasan mikromekanik dan deposisi uap kimia, merupakan metode kompleks dan hanya dapat menghasilkan sejumlah kecil *graphene*, sehingga tidak cocok untuk produksi massal dan aplikasi. Metode yang paling cocok untuk produksi *grapheme* skala besar saat ini adalah reduksi kimia dari *graphene* oksida (Fan dkk., 2008).

Metode kimiawi yang terkenal dalam proses sintesis *graphene* oksida sebelum direduksi adalah metode *hummers*. Metode ini melibatkan beberapa asam kuat seperti H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, HCl, dan KMnO<sub>4</sub> dalam jumlah besar. Proses ini dalam skala industri tidak ramah terhadap lingkungan sebab menghasilkan limbah asam kuat yang banyak. Untuk menghindari penggunaan asam yang terlalu banyak maka sebagian prosesnya biasanya diganti dengan eksfoliasi secara fisik menggunakan gelombang ultrasonik atau dengan pemanasan pada suhu tinggi. Pada penelitian ini modifikasi metode *hummers* menggunakan ultrasonikasi dan *microwave*. Proses sintesis yang melibatkan gelombang ultrasonik dapat dilihat pada (Junaidi dan Susanti, 2014).

Ide dasar penelitian ini merujuk pada Huang *et al* (2015). Mereka telah membuat elektroda komposit PAni/*graphene*/TiO<sub>2</sub> *nanotube arrays* (PGTNs) untuk aplikasi superkapasitor yang difabrikasi dengan metode *in-situ* polimerisasi. Komposit yang dihasilkan mewarisi keunggulan dari setiap bahannya sehingga memenuhi persyaratan sebagai perangkat penyimpanan energi kinerja tinggi.

## METODE PENELITIAN

### 1. Preparasi Sampel Grafit

Grafit Batangan dihaluskan dengan mortar kemudian di ayak dengan ukuran 250 mesh. kemudian dikemas dalam wadah plastik dan siap untuk disintesis.

### 2. Sintesis Graphene oksida

#### a. Sintesis Graphite Oxide

Grafit oksida disintesis dengan menggunakan metode hummer termodifikasi. Proses sintesis dengan metode ini menggunakan serbuk grafit, KMnO<sub>4</sub>, NaNO<sub>3</sub>, dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai bahan dasar. Proses sintesis dimulai dengan *stiring* 2 gram serbuk grafit dan 4 gram NaNO<sub>3</sub> dengan 98 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98% selama 4 jam dengan kecepatan tinggi di dalam *ice bath*. Setelah proses *stiring* berjalan selama 1 jam 8 gram KMnO<sub>4</sub> dan 4 gram NaNO<sub>3</sub> mulai ditambahkan sedikit demi sedikit dan bertahap. Setelah proses Hummer selesai dilakukan, dilanjutkan dengan proses pengadukan pada temperatur 35°C selama 24 jam. Kemudian 200 ml aquades ditambahkan secara bertahap

kedalam larutan tersebut dan diaduk kurang lebih selama 1 jam atau sampai larutan tersebut homogen. Setelah larutan menjadi homogen ditambahkan 15 ml hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) secara bertahap sambil diaduk. Setelah itu larutan tadi dipisahkan antara fasa padat dan cairnya, dipercepat dengan menggunakan *centrifuge* 3000 rpm selama 1 jam. Fasa padat yang sudah terpisah dari liquid dicuci menggunakan 10 ml HCl 35% dan aquades beberapa kali sampai pH larutan netral. Ketika pH larutan netral dan tidak ada lagi  $SO_4^-$  maka dilakukan proses *drying* pada grafit oksida pada temperatur  $110^\circ C$  selama 12 jam (Ilhami dan Susanti, 2014).

#### b. Sinesis *Graphene Oxide*

Proses sintesis *graphene* dimulai dengan melarutkan 40 mg grafit oksida dengan 40 ml aquades. Kemudian diaduk sampai homogen. Setelah itu grafit oksida yang sudah terlarut di ultrasonikasi dengan frekuensi 53 kHz selama 120 menit. Kemudian dilanjutkan dengan proses reduksi dengan cara menambahkan 10 ml HCl 37% yang berfungsi untuk membuat larutan menjadi asam karena proses reduksi berlangsung pada suasana asam dengan menggunakan menambahkan 1,6 gram serbuk Zn sebagai pereduksi. Kemudian didiamkan selama 1 hari agar proses reaksi reduksi berlangsung maksimal. Di *stirring* selama 1 jam, lalu ditambahkan lagi 10 ml HCl 37% yang berfungsi untuk menghilangkan sisa-sisa zinc yang tidak bereaksi pada larutan. Setelah itu dilakukan proses pencucian dengan aquades sampai pH netral. Dilanjutkan dengan proses hidrotermal menggunakan *microwave* selama 30 menit pada tahanan 70%. Setelah *dimicrowave*, GO yang terbentuk disimpan dalam bentuk cairan (Ilhami dan Susanti, 2014).

### 3. Sintesis Titanium Dioksida ( $TiO_2$ )

Sol *gel*  $TiO_2$  dibuat menggunakan dua larutan yaitu: larutan I, akuades sebanyak 250 mL ditambahkan asam nitrat hingga pH mencapai 1,5, lalu disimpan pada suhu dingin. Larutan II, Titanium Tetra Isopropoksida (TTIP) sebanyak 1,25 mL lalu ditambahkan dengan 25 mL etanol absolut. Larutan I dan larutan II dicampur kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan tinggi selama 30 menit. Kemudian diaduk perlahan pada suhu  $4^\circ C$  selama 12 jam

yang disimpan pada suhu dingin. Kemudian dipanaskan pada suhu  $500^\circ$  dan dilanjutkan dengan melarutkan dalam etanol (Li *et al.*, 2009).

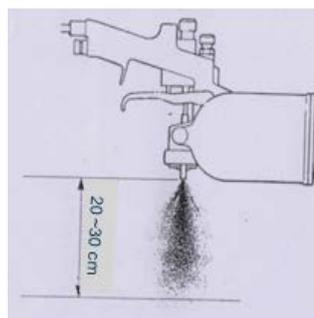
#### 4. Pembuatan Elektroda

##### a. Preparasi *Graphene-Titanium oksida*

Untuk mempersiapkan dispersi *Graphene-TiO<sub>2</sub>* (GT), larutan *Graphene* oksida dan larutan Titanium oksida dicampurkan dengan perbandingan 95%:5%; 75%:25%, dan 50% : 50% ke dalam botol yang sudah disiapkan. Kemudian distirrer magnetik selama 1 jam. Hal ini dimaksudkan untuk membuat larutan homogen. Karena apabila larutan belum homogen maka pada saat *coating* penyebaran *Graphene-TiO<sub>2</sub>* tidak akan merata dan tidak sesuai dengan yang diharapkan (Chen *et al.*, 2008).

##### b. *Spray-Coating*

Pembuatan elektroda melalui dua tahapan utama yaitu *spray-coating* dan *dip-coating*. Proses *coating* dengan metode *Spray-coating* konsepnya dapat dilihat pada Gambar 1. Langkah pertama larutan *Graphene-TiO<sub>2</sub>* yang telah di *stirrer* dimasukkan ke dalam kaleng pada *spray-gun*. Setelah itu *spray-gun* disemprotkan dengan menggunakan kompresor. Larutan disemprotkan ke arah substrat secara vertikal secara kontinu dengan jarak antara ujung *spray-gun* dengan permukaan substrat kertas kurang lebih 20-30 cm dengan tekanan 30 psi (Lee *et al.*, 2003). Setelah itu sampel dikeringkan.



Gambar 1. Skema penyemprotan atau *spray-coating*

##### c. Preparasi PANi (polianilin)

Guna mendapatkan polimer konduktif dari PANi maka harus dilakukan sintesis dan pendopingan pada monomer anilin. Sintesis PANi(HCl) dilakukan dengan cara kimiawi.

Tahap sintesisnya diawali dengan larutan anilin 1 M yang di tambahkan dengan HCl 1 M kemudian diaduk selama 2 jam pada suhu kamar. Kemudian diaduk dengan stirrer magnetik. Kemudian ditambahkan dengan ammonium peroksidisulfat  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  2 M sebanyak 25 mL secara perlahan dalam larutan anilin hidroklorida sambil terus diaduk 24 jam pada suhu  $0-5^\circ\text{C}$  sampai membentuk endapan atau larutan polianilin mengental (Ozkazanc dkk, 2012).

**d. Dip-Coating**

Dilanjutkan dengan pencelupan sampel dalam PANi selama 30 sekon, kemudian di keringkan. Sampel GT dicelupkan kembali sampai didapatkan ketebalan lapisan yang diinginkan (Sarker *et al.*, 2014). Produk yang dihasilkan uji konduktivitas listik dan diuji elektroda voltametri siklik.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Karakterisasi FTIR Komposit**

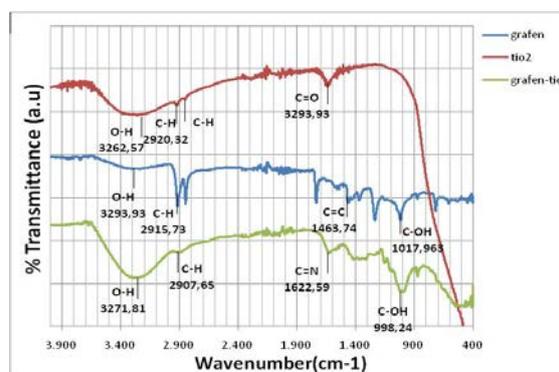
**Graphene/TiO<sub>2</sub>**

Analisis menggunakan difraksi sinar-X bertujuan untuk mengetahui apakah material *Graphene* mengalami perubahan puncak difraksi setelah penambahan material dielektrik TiO<sub>2</sub>, dengan melihat apakah terjadi pergeseran  $2\theta$  dengan membandingkan  $2\theta$  antara *Graphene* dan TiO<sub>2</sub>.

Berdasarkan spektrum inframerah pada Gambar 2 terlihat bahwa uji spektroskopi FTIR bertujuan untuk melihat gugus fungsional sampel komposit *Graphene*/TiO<sub>2</sub> yang telah difabrikasi dengan metode *spray-coating*. Bilangan gelombang yang muncul pada pengujian mengacu pada referensi hasil penelitian (Ozkazanc, 2012).

Spektrum inframerah pada Gambar 2 terlihat bahwa komposit *Graphene*/TiO<sub>2</sub> dengan persentase masing-masing 50%:50% menunjukkan adanya gugus O-H, C-H, C=C yang merupakan gugus fungsi TiO<sub>2</sub> dan *Graphene* yang memiliki intensitas yang saling menguatkan. Gugus C-H pada *Graphene* yaitu dengan bilangan gelombang  $2915,73\text{ cm}^{-1}$  yang memiliki intensitas lemah menjadi lebih kuat ketika dicampurkan dengan TiO<sub>2</sub> yang terlihat pada gambar 2. Pada spektrum serapan FT-IR komposit *Graphene*/TiO<sub>2</sub> pada Gambar 2

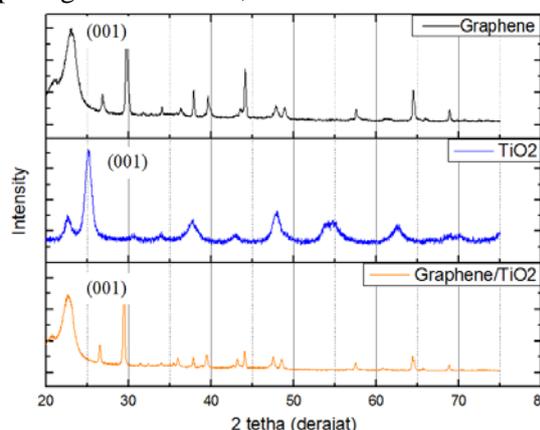
terlihat adanya puncak – puncak utama  $2907,65\text{ cm}^{-1}$  dengan intensitas sangat kuat dan  $1622,59\text{ cm}^{-1}$  intensitas tidak begitu kuat.



**Gambar 2.** Hasil analisis spektrofotometri FTIR pada lapisan *Graphene*, TiO<sub>2</sub>, dan komposit *Graphene*/TiO<sub>2</sub>

**B. Karakterisasi XRD Komposit Graphene/TiO<sub>2</sub>**

Pengukuran menggunakan instrumen *X-ray diffraction* dimaksudkan untuk mendapatkan informasi struktur kristal dari elektroda kerja *Graphene*/TiO<sub>2</sub>. Perbedaan puncak serapan antara kristal *Graphene*, TiO<sub>2</sub>, dan Komposit *Graphene*/TiO<sub>2</sub> ditunjukkan pada gambar berikut,



**Gambar 3.** Spektrum XRD Komposit *Graphene*/TiO<sub>2</sub>

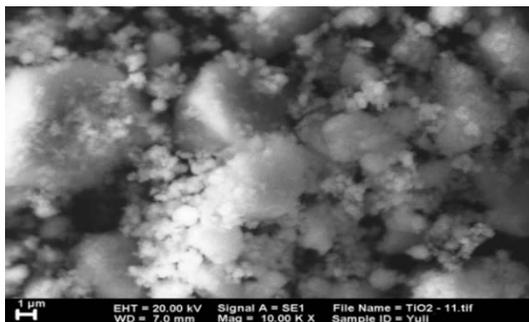
Setelah penambahan bahan dielektrik seperti TiO<sub>2</sub> terjadi perubahan  $2\theta$  dan *d-spacing* yang signifikan. Hal ini terlihat pada Gambar 3 dengan perubahan  $2\theta$  masing berkisar  $22,64$  dengan *d-spacing*  $3,92$ . Perubahan tersebut mengindikasikan bahwa bahan dielektrik tersebut telah bereaksi secara baik dalam proses

sintesis komposit membentuk produk yang ingin dihasilkan yaitu bahan dielektrik TiO<sub>2</sub> dan *Graphene* tersebar dengan baik (Williams, 2008).

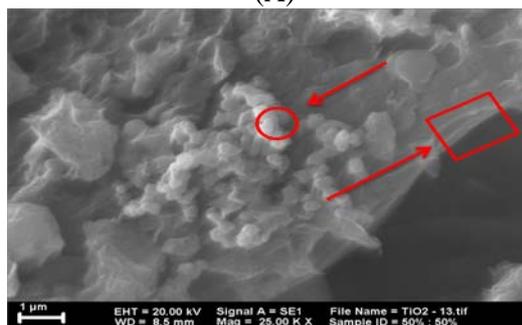
C. Karakterisasi SEM Komposit

Graphene/TiO<sub>2</sub>

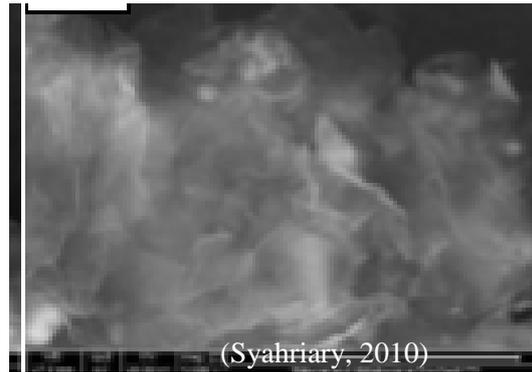
Pengamatan morfologi TiO<sub>2</sub>, *Graphene* dan komposit *Graphene*/TiO<sub>2</sub> dilakukan dengan pengujian SEM, hasil analisis morfologi SEM (*Scanning Electron Microscopy*) lapisan komposit *Graphene*/TiO<sub>2</sub> ditunjukkan pada Gambar 4. Analisis SEM dilakukan pada pebesaran 2500 kali. Instrumen yang digunakan adalah spektrofotometer SEM Merk FEI type Inspect-S50. Grafit merupakan tumpukan dari lembaran-lembaran tipis *Graphene* sehingga sebuah grafit akan terlihat membentuk flake yang tebal, sedangkan *Graphene* merupakan selapis lembaran tipis transparan dari grafit (4.C) (Adhytiawan dan susanti: 2013).



(A)



(B)



(C)

**Gambar 4.** Hasil analisis SEM:(A) TiO<sub>2</sub>; (B) komposit *Graphene*/TiO<sub>2</sub>; dan (C) lapisan *Graphene*.

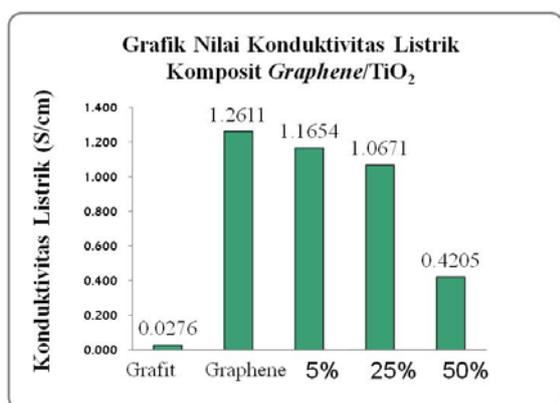
Dari hasil foto SEM pada permukaan lapisan *Graphene*-TiO<sub>2</sub> memberikan informasi gambaran struktur permukaan dari partikel komposit *Graphene*-TiO<sub>2</sub> yang merata dengan perbesaran 2500 kali yakni struktur dan posisi *Graphene* yang dideposisi dengan TiO<sub>2</sub> ditunjukkan pada gambar (4.B). *Graphene* yang terbentuk seperti sebuah lapisan yang transparan, namun *Graphene* yang terbentuk ada yang monolayer dan juga masih ada yang bilayer yang ditunjukkan pada tanda panah merah melingkar gambar (4.B). Sedangkan TiO<sub>2</sub> terlihat seperti sebuah butiran-butiran kecil yang ditunjukkan pada gambar (4.A) dan (4.B). Lembaran-lembaran halus pada komposit *Graphene*/TiO<sub>2</sub> merupakan *Graphene*. Pada sampel elektroda *Graphene*/TiO<sub>2</sub> dengan persentase perbandingan *Graphene* 50% : TiO<sub>2</sub> 50% terlihat pembentukan partikel-partikel butiran TiO<sub>2</sub> yang menutupi permukaan *Graphene*, tidak terlihat pori-pori pada permukaan komposit. Dimana dari gambar tersebut dapat diketahui penyebaran partikel penyusun nano TiO<sub>2</sub> yang merata tersebar diatas permukaan *Graphene*.

D. Uji Konduktivitas Listrik

- Sebelum penambahan PANi

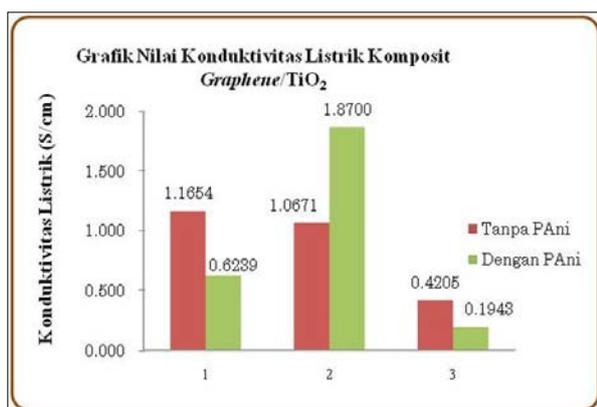
*Graphene* dengan persentase penambahan TiO<sub>2</sub> 5% memiliki nilai konduktivitas (1,1654 S/cm) yang lebih baik dibandingkan dengan *Graphene* dengan persentase penambahan TiO<sub>2</sub> 25% dan 50% yaitu masing-masing 1,0671 S/cm dan 0,4205 S/cm. Seiring dengan besarnya persentase

penambahan  $\text{TiO}_2$ , konduktivitas listrik komposit semakin rendah. Hal ini disebabkan karena  $\text{TiO}_2$  memiliki sifat kelistrikan yang rendah sehingga semakin banyak persentase  $\text{TiO}_2$ , konduktivitas listriknya juga semakin menurun. Namun, sampai penambahan persentase  $\text{TiO}_2$  yang besarnya sama dengan persentase *Graphene* yaitu *Graphene* 50% :  $\text{TiO}_2$  50% masih memiliki nilai konduktivitas yang lebih besar daripada grafit (0,2647 S/cm) sehingga disimpulkan bahwa komposit *Graphene*/ $\text{TiO}_2$  dapat digunakan sebagai bahan elektroda baterai Li-ion. Dimana  $\text{TiO}_2$  merupakan agen yang dapat mengakomodasi ion litium selama proses interkalasi. Grafik nilai konduktivitas listrik komposit ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Konduktivitas listrik komposit Graphene/ $\text{TiO}_2$

- Setelah penambahan PANi

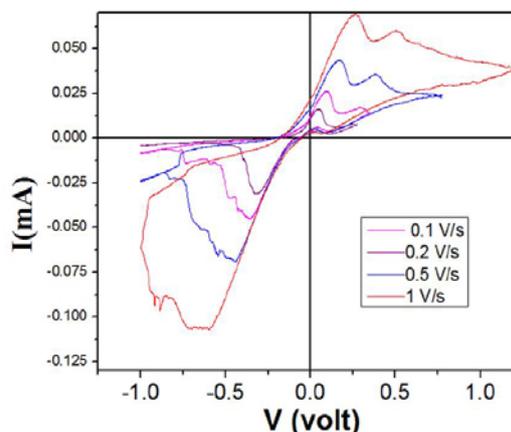


Gambar 6. Konduktivitas listrik komposit Graphene/ $\text{TiO}_2$

Berdasarkan Gambar 6, elektroda kerja yang telah dilapisi dengan PANi dengan metode

*dip-coating* memiliki nilai konduktivitas listrik yang meningkat pada persentase 75%:25% yaitu 1.87 S/cm. Sementara untuk variasi 95%:5% dan 50% :50% mengalami penurunan konduktivitas listrik. Peningkatan nilai konduktivitas ini disebabkan karena kandungan *graphene* yang ada pada komposit yang menyebabkan elektron yang ada pada polianilin lebih mudah untuk melakukan lompatan elektron disepanjang rantai polimer tersebut (polianilin) (Ghani *et al.*, 2010). Sedangkan menurunnya konduktivitas listrik elektroda kerja pada komposisi 50% :50% adalah disebabkan karena  $\text{TiO}_2$  yang berikatan dengan matriks polianilin mengalami kejenuhan, sehingga sulit untuk melakukan lompatan elektron (Dharmawan *dkk.*, 2014).

E. Uji Elektroda dengan Elektrolit KCL 1 M



Gambar 7. Voltamogram siklik elektroda GTP

Dilihat dari voltamogram hasil pengujian voltametri gambar 7, menunjukkan bentuk siklik yang cukup baik sebagai elektroda dimana memiliki puncak arus oksidasi dan reduksi yang hampir sama dengan persentase 75%:25%:1 dan juga memiliki peningkatan yang relatif stabil untuk setiap perubahan *scan ratenya*. Puncak oksidasi tertinggi diperoleh pada *scan rate* 1 V/s dengan kisaran potensial 0,25 V dan puncak arus reduksinya pada potensial kisaran -0,6 V. Hal ini sesuai dengan teori bahwa *Scan rate* pada voltametri siklik mempengaruhi nilai arus yang dihasilkan pada voltamogram, karena *scan rate* dapat mempengaruhi ketebalan lapisan difusi antar muka. *Scan rate* yang besar akan mengakibatkan tipisnya lapisan difusi, yaitu ke

arah kanan sebagai arus anodik dan ke arah kiri sebagai arus katodik (Rahayu dan Fredy, 20110). Selain itu, elektroda pembantu yang digunakan adalah platina (Pt) dimana elektroda padat ini memiliki kelebihan yaitu dapat digunakan pada daerah potensial yang lebih luas. Pt dapat digunakan pada +1,2 V – (-0,2) V (vs EKJ) dalam suasana asam dan +0,7 V – 0,1 V dalam suasana basa (Mulyani R, dkk, 2012).

Dari hasil pengujian elektroda GTP menunjukkan bahwa elektroda GTP dalam larutan elektrolit kalium klorida menggunakan instrumen potensiostat dengan model DY2116 dengan *scan rate* 1 V/s. Elektroda GTP terbaik diperoleh pada persentase 75%:25%:1 dengan nilai potensial oksidasi dan reduksi berkisar 0,25 V dan -0,6 V pada *scan rate* 1 V/s. Pada *scan rate* ini, elektroda GTP memiliki puncak arus oksidasi dan reduksi yang lebih stabil. Oleh karena itu, komposit *Graphene/TiO<sub>2</sub>/PANI* pada persentase 75%:25%:1 dapat dijadikan sebagai kandidat bahan elektroda baterai Li-ion yang diharapkan dapat menggantikan fungsi kerja dari bahan grafit pada anoda. Tujuan menggantikan bahan grafit dengan GTP yaitu untuk meningkatkan kapasitansi teoritik dari Li-ion. Dimana kapasitansi teoritik grafit sebesar 372 mAhg<sup>-1</sup> sedangkan kapasitansi teoritik *Graphene* sebesar 1000-3000 mAhg<sup>-1</sup> (Zhamu et al.,2012).

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah diperoleh *graphene* oksida dari grafit dengan metode *Hummers* termodifikasi dan *sol-gel* TiO<sub>2</sub> fasa anatase yang dapat diamati dari morfologi SEM dimana *graphene* yang diperoleh ada yang *bilayer* dan ada yang *monolayer*.
2. Elektroda komposit *graphene/TiO<sub>2</sub>/PANI* telah difabrikasi dengan metode *spray-coating* dan *dip-coating*, adapun hasil analisis konduktivitas listrik terbaik pada persentase *graphene* 75% : TiO<sub>2</sub> 75% yakni 0,1870 x 10<sup>-1</sup> S/cm yang merupakan komposit bersifat semikonduktor.
3. Berdasarkan nilai konduktivitas listrik komposit *graphene/TiO<sub>2</sub>*, bahwa penambahan TiO<sub>2</sub> sampai 50% pun masih lebih baik dari grafit sehingga komposit *graphene/TiO<sub>2</sub>* dapat memperbaiki kapasitas dan stabilitas elektroda baterai li-ion.
4. Elektroda GTP terbaik diperoleh pada persentase 75%:25%:1 dengan nilai potensial oksidasi dan reduksi berkisar 0,25 V dan -0,6 V pada *scan rate* 1 V/s.

## DAFTAR PUSTAKA

- Fan, X., Peng, W., Li, Y., Li, X., Wang, SS., Zhang, S., Zhang, F. (2008). *Adv Mater* 20:4490-4493.
- Geim AK, Novoselov KS: The Rise Of Graphene, *nat mater* 2007,6: 183.
- House, V. E. and Ross, F., 2007, "Anode'r way" – Why the anode yields better result, *Altair nanotechnologies*, (Altairnano) Inc.
- Huang,H.,Gan,M.et al. 2015. *Fabrication of polyaniline/graphene/titania nanotube arrays nanocomposite and their application in supercapacitors*. Journal of Alloys and Compounds 630, 214-221.
- Ilhami,L.N. dan Susanti D.(2014).”Pengaruh Variasi Kadar Zn Dan Temperatur Hydrothermal Terhadap Struktur Dan Nilai Konduktivitas Elektrik Material Graphene”. Jurnal Teknik Pomits.Vol.3.no.2:2337-3539.
- Junaidi, M dan susanti, D. (2014). *Pengaruh variasi waktu ultrasonikasi dan waktu tahan hydrothermal terhadap struktur dan konduktivitas listrik material graphene*. Jurnal Teknik Pomits.Vol.3.no.1.
- Lee, Changhoon., Choi, Hanshin., Lee, Changhee., Kim, Hyungjun. (2003). *Photocatalytic Properties Of Nano-Structured Tio Plasma Sprayed Coating*, Elsevier: Surface and Coatings Technology, 173 (2003) 192–200.
- Ozkazanc, E., Zor, S., and Ozkazanc, H. (2012). *Synthesis, Characterization, and AC Conductivity of Polyaniline/Selenium Composites*. Journal of Macromolecular Science. Part B: Physics. 51:11, 2122-2132.
- Phang, S.W., Tadakoro, M., Watanabe, J. dan Kuramoto, N., 2008, Synthesis,

Characterization and Microwave Absorption Property of Doped Polyaniline Nanocomposites Containing TiO<sub>2</sub> Nanoparticles and Carbon Nanotubes, *Synthetic Metals*, **No.158**, 251-258.

Rahayu, A. M., dan Fredy, K., 2011, *Modifikasi Elektroda Emas dengan Poliol/Emas Nanopartikel untuk Penentuan Kromium*, Prosiding Tugas Akhir Semester Genapp 2011/2012, Surabaya.