

**PROSEDING**

**SEMINAR NASIONAL BASIC SCIENCE III**

*Tema:*

*Kontribusi Sains untuk Pengembangan Pendidikan,  
Biodiversitas dan Mitigasi Bencana pada Daerah Kepulauan*



Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Pattimura  
Ambon 2010

ISBN : 978-602-97522-0-5

# **PROSEDING**

## *SEMINAR NASIONAL BASIC SCIENCE II*

Kontribusi Sains Untuk Pengembangan Pendidikan,  
Biodiversitas dan Mitigasi Bencana  
Pada Daerah Kepulauan



### **SCIENTIFIC COMMITTEE:**

Prof. H.J. Sohilait, MS  
Prof. Dr. Th. Pentury, M.Si  
Dr. J.A. Rupilu, SU  
Drs. A. Bandjar, M.Sc  
Dr.Ir. Robert Hutagalung, M.Si

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PATTIMURA  
AMBON, 2010**

2 Juli 2010

**TiO<sub>2</sub>/GRAFIT DAN Cu-TiO<sub>2</sub>/GRAFIT SEBAGAI ELEKTRODA  
BATEREI ION-LITIUM**Fitria Rahmawati<sup>1</sup>, Nuryani<sup>2</sup>, Liviana Wijayanti<sup>1</sup><sup>1</sup>*Jurusan kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir.Sutami 36 A Ketingan, Surakarta, 57772*<sup>2</sup>*Lab. Elektronika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Sebelas Maret, Jl.Ir.Sutami 36 A, Ketingan, Surakarta, 57772***ABSTRAK**

Aplikasi material TiO<sub>2</sub>/grafit dan Cu-TiO<sub>2</sub>/grafit sebagai anoda baterai ion-Lithium telah dilakukan untuk memperoleh material alternatif sebagai anoda baterai ion-Li. Suatu material dapat digunakan sebagai anoda baterai ion-Li jika material tersebut mampu menginterkalasi ion Li selama pemakaian baterai. Ion Li yang terinterkalasi pada anoda dikarakterisasi dengan XRD yang menunjukkan terbentuknya oksida Li, Li<sub>2</sub>O dan Li<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, pada difraktogram TiO<sub>2</sub>/grafit dan Cu-TiO<sub>2</sub>/grafit setelah dilakukan pemakaian baterai. Efisiensi material TiO<sub>2</sub>/grafit dan Cu-TiO<sub>2</sub>/grafit dapat diketahui melalui pengukuran kapasitas spesifik dan kemampuan siklus baterai uji. Pengukuran kapasitas spesifik dilakukan dengan pengosongan baterai uji dari potensial penuh sampai kosong (*cut off voltage*) menggunakan hambatan sebesar 300 Ω. Kapasitas spesifik baterai menggunakan anoda TiO<sub>2</sub>/grafit lebih tinggi daripada anoda grafit. Sedangkan elektrodeposisi Cu tidak efisien untuk meningkatkan kemampuan TiO<sub>2</sub>/grafit sebagai material anoda. Pengukuran kemampuan siklus baterai pada percobaan hanya teridentifikasi sampai siklus kedua karena *Li ribbon* yang digunakan sebagai katoda sangat rapuh dan mudah patah setelah siklus kedua. Hal ini kemungkinan disebabkan terjadinya oksidasi Li selama proses pengisian baterai.

*Kata kunci:* TiO<sub>2</sub>/grafit, Cu-TiO<sub>2</sub>/grafit, elektroda, baterai ion-litium.

**PENDAHULUAN**

Penggunaan baterai ion-Li dalam produk-produk teknologi saat ini sangat luas seperti laptop, telepon selular, sepeda elektrik dan mobil elektrik. Baterai ion-Li mempunyai densitas energi paling tinggi di antara baterai sekunder yang lain (Ceder *et al.*, 1998). Tegangan yang dihasilkan baterai ion-Li sekitar 3,6 Volt sampai 4 Volt, jauh lebih besar dibandingkan energi dari NiCd dan NiMH masing-masing sebesar 1,2 Volt (Bouwman, 2002). Selain menghasilkan densitas energi yang lebih besar dibandingkan baterai jenis lainnya, baterai ion-Li tergolong ramah lingkungan karena tidak mengandung logam berat seperti Ni atau Cd. Kelebihan lainnya yaitu baterai ion-Li tidak mengalami *memory effect* sehingga dapat diisi kapan saja, waktu

**2 Juli 2010**

pengisian singkat (2 – 4 jam) karena arus pengisian baterai tinggi (0,5 – 1 A), laju penurunan efisiensi baterai rendah (5 – 10 % per bulan) serta lebih tahan lama (masa hidup 3 tahun) (Eriksson, 2001). Anoda baterai ion-Li komersial berupa kristal karbon, oksida logam ( $\text{LiCoC}_2$ ) sebagai katoda, separator sebagai lapisan pemisah antar elektroda, serta elektrolit berupa larutan garam lithium ( $\text{LiPF}_6$ ,  $\text{LiBF}_4$  atau  $\text{LiClO}_4$ ) dalam pelarut organik seperti eter (Herstedt, 2003).

Baterai ion-Li memiliki berbagai permasalahan pada elektroda yang digunakan. Sifat elektrokimia dan ukuran partikel grafit menyebabkan kemampuan perpindahan ion Li selama pemakaian baterai terbatas. Sifat elektrokimia grafit menghalangi perpindahan ion Li dan ukuran partikel grafit yang besar berakibat jarak yang ditempuh ion Li untuk lepas dari grafit semakin jauh sehingga menurunkan energi yang dihasilkan. Sifat elektrokimia grafit juga mengakibatkan ion Li yang tidak dapat terdeposisi hanya mengumpul di permukaan grafit sehingga densitas energi baterai menurun. Selama pengisian, ion Li terdeposisi dalam partikel grafit yang kemudian dilepaskan saat pemakaian baterai. Ketika ion Li masuk atau meninggalkan partikel grafit, terjadi perluasan atau penyusutan partikel grafit untuk mengakomodasi ukuran ion Li yang lebih besar daripada situs partikel grafit (House *et al.*, 2007). Penyusutan dan perluasan partikel grafit berulang mengakibatkan partikel grafit rusak serta mengurangi masa hidup baterai. Kelemahan baterai ion-Li dapat diatasi dengan memodifikasi material katoda atau anoda yang digunakan. Material yang digunakan dalam modifikasi katoda baterai ion-Li biasanya berupa oksida logam seperti Co, Mn atau fosfat (House *et al.*, 2007). Modifikasi yang lain adalah memodifikasi material pada anoda dengan material yang tidak reaktif terhadap sistem elektrolit dalam baterai ion-Li sehingga baterai lebih stabil terhadap panas, masa hidup lebih lama dan energi baterai lebih besar.

$\text{TiO}_2$  merupakan oksida logam transisi yang secara kimia bersifat inert, tidak mahal serta stabil secara kimia (tidak mengalami fotokorosi dan korosi kimiawi) dalam hampir semua pelarut kecuali dalam larutan yang sangat asam atau mengandung florida (Brown *et al.*, 1992). Kelebihan lain  $\text{TiO}_2$  yaitu mudah didapatkan, bersifat semikonduktor dan non toksik (Koudriachova *et al.*, 2001).  $\text{TiO}_2$  nanostruktur yang sering digunakan dalam aplikasi solar sel, merupakan material yang menarik untuk dijadikan elektroda (Koudriachova *et al.*, 2001). Kemampuan  $\text{TiO}_2$  untuk menginterkalasikan ion Li ke dalam struktur internal kisi kristalnya menunjukkan  $\text{TiO}_2$  mampu mengakomodasi ion Li selama proses pemakaian baterai sehingga sangat berpotensi sebagai material anoda pada baterai ion Li. Penggunaan  $\text{TiO}_2$  anatase yang dipilar oleh  $\text{Al}_{13}$  sebagai

2 Juli 2010

katoda baterai ion-Li telah dilakukan oleh Sun *et al.* (2004) dan kapasitas spesifik yang dihasilkan sebesar 191,4 mAh/g.

Anoda yang digunakan dalam baterai ion-Li biasanya berupa grafit yang memiliki kapasitas 372 mAh/g (Son *et al.*, 2004). Keterbatasan kapasitas tersebut menginspirasi para peneliti untuk mendapatkan material alternatif sebagai anoda, antara lain SnO<sub>2</sub> nanopartikel dan komposit SnO<sub>2</sub>-grafit oleh Wang *et al.* (2003), serta Sn nanopartikel dan komposit Sn-grafit KS6 oleh Wang *et al.* (2004). Anoda logam Sn memiliki masalah dengan ketidakstabilan struktur yang berkaitan dengan perubahan volume yang besar selama proses penggunaannya sehingga menyebabkan material elektroda retak dan rapuh (Kwon *et al.*, 2006). Hal ini menginspirasi Son *et al.* (2004) untuk menggunakan FeO<sub>4</sub> nanopartikel sebagai anoda yang menunjukkan kapasitasnya 485-375 mAh/g dan kemampuan siklus baterai mencapai 30 (kapasitas tersisa 10%). Kapasitas tersebut masih dibawah SnO<sub>2</sub>-karbon yang mencapai 604 mAh/g dengan 40 siklus masih memiliki kapasitas 57% dan SnO<sub>2</sub> murni yang mencapai 652 mAh/g dengan 40 siklus masih memiliki 39,4% kapasitas (Wang *et al.*, 2004).

Kualitas suatu anoda ditentukan oleh kemampuannya untuk menginterkalasikan ion Li ke kisi kristalnya. Oksida logam transisi memiliki struktur kimia yang terbuka yang mampu mengakomodasi ion-ion, memiliki struktur elektronik fleksibel yang dapat menerima elektron yang didonasikan, serta memiliki konduktivitas elektrik dan konduktivitas ionik yang cukup. Hal tersebut memungkinkan oksida logam memiliki sejumlah rongga maupun orbital berenergi rendah dalam kisi kristalnya dan memiliki kapasitas besar untuk interkalasi ion Li (Koudriachova *et al.*, 2001). Oksida logam transisi merupakan material yang berpotensi untuk digunakan pada pengembangan baterai dengan densitas tinggi (Koudriachova *et al.*, 2001).

Metode yang biasa digunakan dalam pembuatan material grafit/TiO<sub>2</sub> antara lain elektrodposisi (Kampman *et al.*, 1999), *chemical vapor deposition* (Fodor *et al.*, 2002), *chemical bath deposition* (CBD) (Lincolt *et al.*, 1999 dan Rahmawati dkk, 2006) dan *laser induced vapor deposition* (LICVD) (Zhang *et al.*, 2004). Metode CBD memiliki kelebihan dibandingkan metode lainnya karena prosesnya relatif lebih mudah dan tidak membutuhkan alat yang spesifik.

Material TiO<sub>2</sub> kemungkinan dapat digunakan untuk memperbaiki sifat grafit sebagai anoda baterai ion-Li karena karakteristik yang dimiliki oleh material tersebut. Efisiensi baterai ion-Li dapat ditingkatkan menggunakan TiO<sub>2</sub>/grafit terdposisi Cu karena Cu merupakan logam transisi yang memiliki potensial reduksi standar cukup tinggi sehingga secara teoritis baik

**2 Juli 2010**

diaplikasikan dalam modifikasi anoda baterai ion-Li. Windu (2005) telah berhasil mensintesis material  $\text{TiO}_2$ /grafit dengan metode CBD sedangkan material  $\text{Cu-TiO}_2$ /grafit telah berhasil disintesis Handayani (2006) dengan metode elektrodeposisi.

## **METODE PENELITIAN**

### **Sintesis semikonduktor lapis tipis grafit/ $\text{TiO}_2$**

Keping-keping grafit dipanaskan pada temperatur  $450^\circ\text{C}$  selama 4 jam, kemudian dibiarkan menjadi dingin dan ditimbang dengan neraca analitis dan dicatat beratnya. Larutan sintesis 100 mL dibuat dengan komposisi 1 M HCl : 0,1 M  $\text{TiCl}_4$ : 16 mM setil trimetil ammonium bromida dengan volume masing-masing sesuai perbandingan konsentrasinya dalam 100 mL larutan. Keping-keping grafit diikat dengan tali dan digantung pada sel sintesis yang berisi larutan sintesis dan dipanaskan pada temperatur  $60^\circ\text{C}$  selama 4 hari. Keping grafit yang sudah terlapis lapisan sintesis diambil dan dicuci dengan air bebas ion, kemudian dikalsinasi dalam furnace dengan pemanasan sampai temperatur mencapai  $450^\circ\text{C}$  selama 4 jam.

### **Modifikasi semikonduktor $\text{TiO}_2$ /grafit dengan elektrodeposisi logam Cu.**

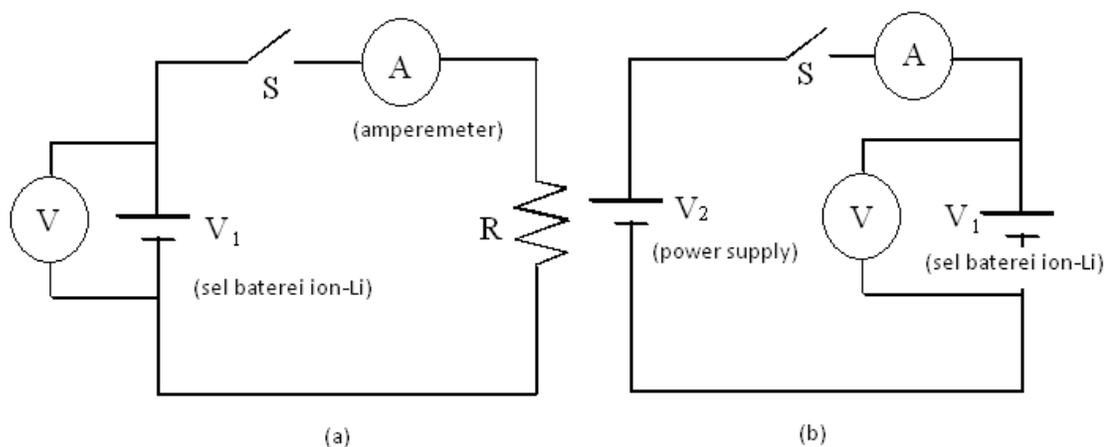
Modifikasi semikonduktor  $\text{TiO}_2$ /grafit dilakukan dalam sel elektrolisis pada variasi arus terkontrol 0,010; 0,015; 0,020; 0,025; 0,030 A dengan konsentrasi larutan  $\text{CuSO}_4$  0,4 M. Proses elektrodeposisi Cu dilakukan selama 30 menit. Pemilihan waktu elektrodeposisi tersebut didasarkan pada penelitian Rahmawati dkk (2008). yang telah melakukan penempelan  $\text{TiO}_2$  teknis pada permukaan grafit dan memodifikasi dengan penempelan Cu secara elektrodeposisi guna peningkatan efektivitas fotokatalitik  $\text{TiO}_2$ . Grafit/ $\text{TiO}_2$  digunakan sebagai katoda dan Pt sebagai anode. Material hasil sintesis dan modifikasi dianalisis kristalinitas dan sistem kristalnya menggunakan XRD dengan bantuan perangkat lunak RIETICA untuk *refinement* menggunakan metoda Le Bail, analisis morfologi menggunakan SEM dan uji fotoelektrokimia pada kisaran

2 Juli 2010

panjang gelombang 200-700 nm untuk mendapatkan %IPCE (% *Incident Photon to Current Efficiency*), dengan metode seperti Rahmawati dkk (2006).

### Aplikasi TiO<sub>2</sub>/grafit dan Cu-TiO<sub>2</sub>/grafit sebagai anoda baterai ion-Li

Uji elektrokimia dilakukan untuk material TiO<sub>2</sub>/grafit dan Cu-TiO<sub>2</sub>/grafit pada berbagai rasio TiO<sub>2</sub> : Cu (w/w) hasil sintesis serta grafit tanpa deposisi TiO<sub>2</sub> dan Cu sebagai pembanding. Material grafit dipasang dalam sel baterai uji sebagai anoda sedangkan sebagai katoda digunakan pita Li. Elektrolit yang digunakan dalam sel baterai uji adalah larutan LiPF<sub>6</sub> 1 M dalam campuran etilena karbonat dan dietil karbonat dengan perbandingan 50 : 50 (w/w). Prosedur tersebut juga dilakukan untuk TiO<sub>2</sub>/grafit hasil sintesis dan Cu-TiO<sub>2</sub>/grafit pada berbagai rasio TiO<sub>2</sub>:Cu (w/w). Pengujian elektrokimia yang dilakukan meliputi pengukuran kapasitas dan kemampuan siklus dari sel baterai uji. Seting rangkaian alat sel uji elektrokimia ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian elektronika pada (a) penggunaan baterai ion-Li dan (b) proses pengisian baterai ion-Li.

### Pengukuran kapasitas.

Pengukuran kapasitas (Ah = *Ampere hour*) dari sel baterai uji dilakukan dengan pengukuran arus (I) mulai dari tegangan (voltase) penuh sampai kosong (*cut off voltage*) serta waktu yang diperlukan selama proses tersebut.

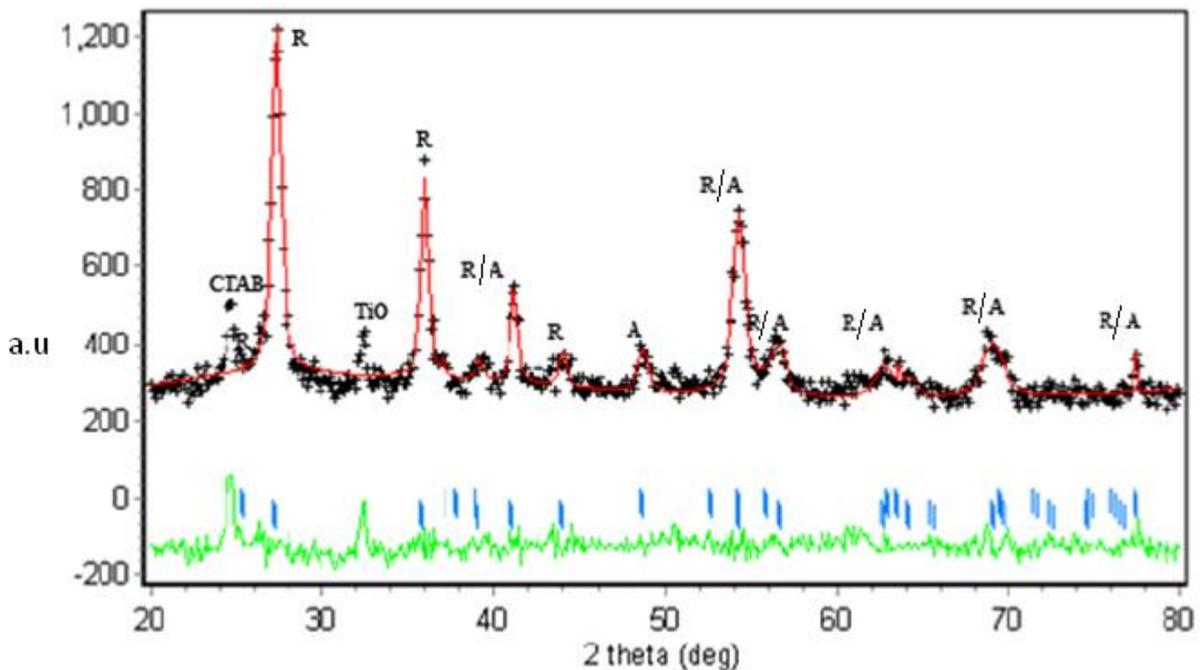
2 Juli 2010

**Pengukuran kemampuan siklus (*cycle ability*)**

Kemampuan siklus sel baterai uji dilakukan dengan melakukan penggunaan dan pengisian sel baterai uji sampai kapasitas awal baterai menurun terus sampai kemudian konstan. Jumlah penggunaan dan pengisian sel baterai uji yang dilakukan tersebut merupakan jumlah kemampuan siklus.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Analisis XRD menggunakan radiasi Cu K $\alpha$  ( $\lambda = 1,5418$  angstrom) dilakukan dengan membandingkan nilai  $d$  ( $d$  spacing) dari puncak-puncak kristalin yang muncul dalam spektra dengan puncak-puncak standar dari TiO<sub>2</sub> anatase dan rutil. Hasil *refinement* difraktogram XRD menggunakan metode Le-bail dengan perangkat lunak RIETICA ditunjukkan pada Gambar 1.

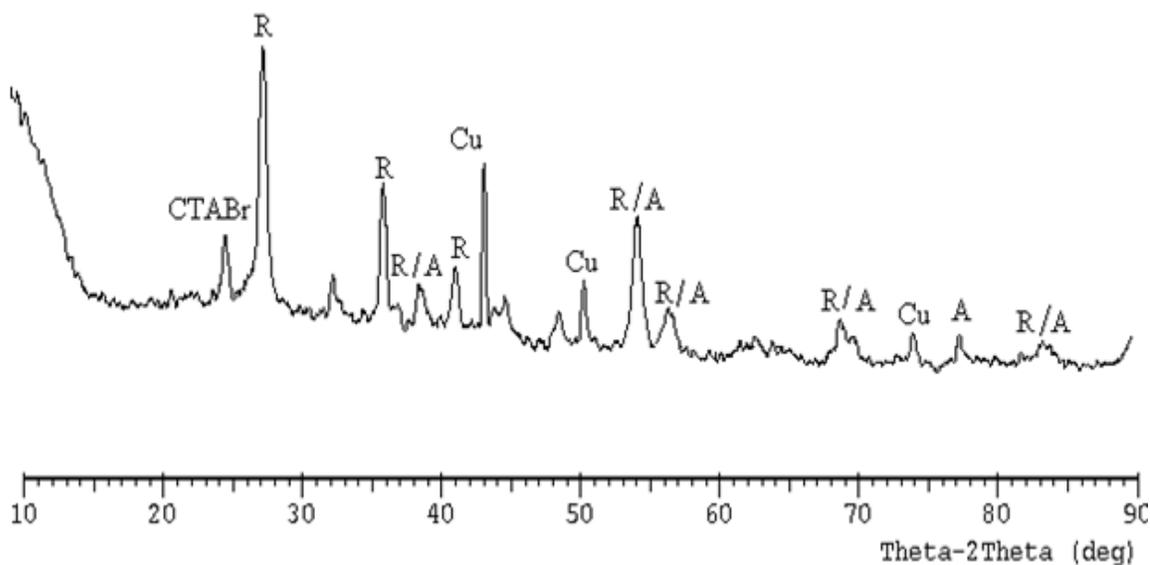


Gambar 2. Plot Le-bail dari data difraksi TiO<sub>2</sub>/grafit, + : data eksperimen, garis biru: puncak-puncak yang mungkin muncul secara teoritis, garis hijau: selisih antara kalkulasi dengan data eksperimen

2 Juli 2010

Hasil *refinement* menunjukkan bahwa  $\text{TiO}_2$  berada dalam dua fasa yaitu anatase dan rutil dengan nilai faktor residual  $R_p= 5,818$ ,  $R_{wp}= 9,233$  dan  $\chi^2=0,765$ . Fasa anatase berada dalam sistem kristal tetragonal dengan grup ruang I 41/amd, dengan parameter sel  $a= 3,71570$  dan  $b= 9,41490$ ,  $\alpha=\beta=\gamma$ . Sedangkan fasa rutil berada dalam sistem kristal Tetragonal, grup ruang P 42/mnm dengan parameter sel  $a= 4.57080$  dan  $b= 2.9490$ ,  $\alpha=\beta=\gamma$ .

Puncak pada  $2\theta$  24,4312 merupakan puncak setil trimetil ammonium bromide (CTABr) (berdasarkan perbandingan dengan data JCPDS *cas number* 48-2454) yang masih tertinggal dalam lapis tipis  $\text{TiO}_2$  meskipun telah dilakukan pemanasan sampai  $450^\circ\text{C}$ . Sementara itu puncak pada  $2\theta$  32,2161 diperkirakan merupakan puncak dari titanium(II)oksida ( $\text{TiO}$ ). Perkiraan tersebut didasarkan pada perbandingan dengan data JCPDS *cas number* 23-1078.



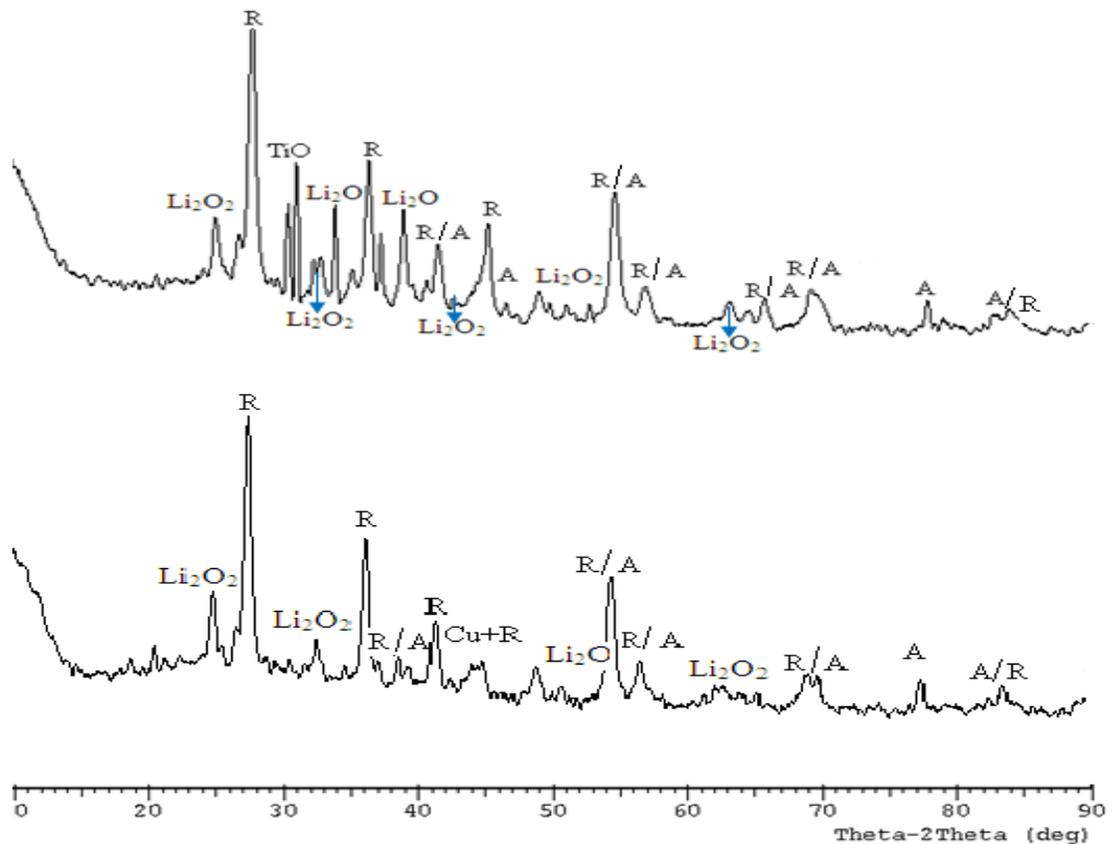
Gambar 3. Pola difraksi Cu- $\text{TiO}_2$ /grafit

Pola difraksi Cu- $\text{TiO}_2$ /grafit (Gambar 3) menunjukkan adanya puncak baru yang muncul pada  $2\theta = 43^\circ-44^\circ$ ,  $2\theta = 50^\circ-51^\circ$  dan  $2\theta = 73^\circ-74^\circ$ . Puncak baru tersebut diidentifikasi sebagai puncak logam Cu berdasarkan perbandingan dengan data JCPDS 03-1018, dengan sistem kristal kubik.

2 Juli 2010

Analisis kualitatif menggunakan XRD terhadap  $\text{TiO}_2/\text{grafit}$  maupun  $\text{Cu-TiO}_2/\text{grafit}$  setelah pemakaian baterai uji dilakukan untuk mengidentifikasi keberadaan ion Li yang terinterkalasi. Pada difraktogram tersebut akan terbentuk puncak-puncak baru yang spesifik untuk ion Li atau oksida-oksida Li jika  $\text{TiO}_2/\text{grafit}$  maupun  $\text{Cu-TiO}_2/\text{grafit}$  mampu menginterkalasi ion Li.

Difraktogram material  $\text{TiO}_2/\text{grafit}$  dan  $\text{Cu-TiO}_2/\text{grafit}$  terinterkalasi Li ditunjukkan Gambar 15. Puncak-puncak baru yang terbentuk pada difraktogram material  $\text{TiO}_2/\text{grafit}$  dan  $\text{Cu-TiO}_2/\text{grafit}$  menunjukkan keberadaan oksida-oksida Li yaitu  $\text{Li}_2\text{O}$  dan  $\text{Li}_2\text{O}_2$ . Oksida-oksida Li tersebut terbentuk dari oksidasi ion Li yang telah terinterkalasi pada  $\text{TiO}_2/\text{grafit}$ . Terbentuknya  $\text{Li}_2\text{O}$  dan  $\text{Li}_2\text{O}_2$  pada material  $\text{TiO}_2/\text{grafit}$  setelah dilakukan proses pemakaian baterai menunjukkan bahwa  $\text{TiO}_2$  mampu menginterkalasi Li selama proses tersebut sehingga  $\text{TiO}_2/\text{grafit}$  dapat digunakan sebagai baterai ion-Li. Rongga tetrahedral dan oktahedral yang terbentuk pada *close packing*  $\text{TiO}_2$  merupakan kemungkinan lokasi ion Li terinterkalasi pada anoda  $\text{TiO}_2/\text{grafit}$  maupun  $\text{Cu-TiO}_2/\text{grafit}$ .



Gambar 4. Pola difraksi (a)  $\text{TiO}_2/\text{grafit}$  dan (b)  $\text{Cu-TiO}_2/\text{grafit}$  setelah pemakaian dalam baterai ion-litium.

2 Juli 2010

Pengukuran kapasitas spesifik anoda baterai uji dilakukan dengan pemakaian baterai uji dari tegangan penuh sampai kosong (*cut off voltage*) menggunakan hambatan 300  $\Omega$  yang memiliki daya sebesar 10 W. Data yang diperoleh dari pengukuran tersebut berupa arus yang dihasilkan baterai uji dari baterai memiliki tegangan penuh sampai *cut off voltage*. Waktu baterai uji bertahan selama proses pengosongan dari tegangan penuh sampai *cut off voltage*.

Tabel 1. Waktu pemakaian baterai uji dari tegangan penuh sampai *cut off voltage*

anoda baterai uji	waktu pemakaian (jam)		waktu pemakaian rata-rata (jam)
	sampel 1	sampel 2	
Grafit	3,158	3,033	3,096 $\pm$ 0,062
TiO <sub>2</sub> /grafit	5,608	5,475	5,542 $\pm$ 0,066
Cu-TiO <sub>2</sub> /grafit rasio TiO <sub>2</sub> : Cu = 2,0 : 1,0	3,633	3,517	3,575 $\pm$ 0,058

Tabel 1 menunjukkan bahwa deposisi TiO<sub>2</sub> pada grafit dapat meningkatkan daya tahan baterai secara signifikan. Anoda Cu-TiO<sub>2</sub>/grafit dengan rasio TiO<sub>2</sub> : Cu = 2,0 : 1,0 (w/w) memiliki daya tahan lebih lama daripada anoda grafit. Daya tahan baterai selama proses pemakaian sebanding dengan kapasitas yang dimiliki baterai. Semakin lama daya tahan baterai (dengan besar hambatan yang sama) maka akan semakin tinggi kapasitas dan kapasitas spesifik yang dimiliki baterai tersebut. Kapasitas yang semakin tinggi menunjukkan peningkatan efisiensi baterai ion-Li.

Tabel 2. Kapasitas spesifik rata-rata baterai uji

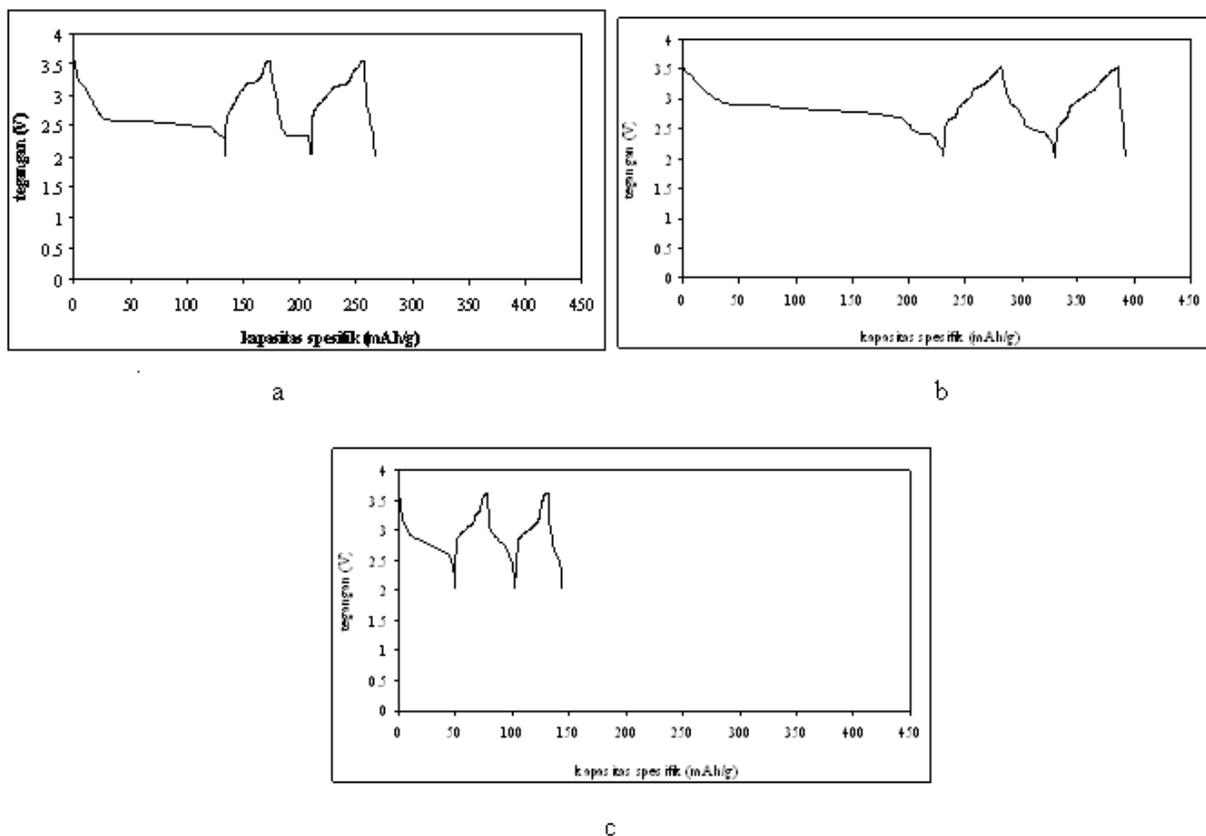
Jenis anoda	Q <sub>anoda</sub> (mAh.g <sup>-1</sup> )		Rata-rata Q <sub>anoda</sub> (mAh.g <sup>-1</sup> )
	Sampel 1	Sampel 2	
Grafit	140,29	141,21	140,75 $\pm$ 0,46
TiO <sub>2</sub> /grafit	229,17	232,57	230,87 $\pm$ 1,70
Cu-TiO <sub>2</sub> /grafit Rasio Cu:TiO <sub>2</sub> =2:1 (w/w)	144,78	143,67	144,22 $\pm$ 0,55

Kapasitas spesifik anoda TiO<sub>2</sub>/grafit jauh lebih tinggi daripada grafit. Hal ini menunjukkan bahwa deposisi TiO<sub>2</sub> pada permukaan grafit dapat meningkatkan efisiensi anoda baterai ion-Li. Harga kapasitas spesifik anoda TiO<sub>2</sub>/grafit (230,87 mAh/g) lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian lain yaitu TiO<sub>2</sub> anatase yang dipilar Al<sub>13</sub> (191,4 mAh/g) (Sun, 2004), tapi harga

2 Juli 2010

tersebut masih jauh lebih rendah daripada kapasitas spesifik  $\text{SnO}_2$ -carbon (604 mAh/g),  $\text{SnO}_2$  murni (652 mAh/g) dan  $\text{SnS}_2$  nano (620 mAh/g) (Wang *et al.*, 2004).

Anoda Cu- $\text{TiO}_2$ /grafit menghasilkan kapasitas spesifik yang jauh lebih rendah daripada anoda  $\text{TiO}_2$ /grafit sehingga dapat dikatakan bahwa deposisi Cu tidak efektif dilakukan karena tidak dapat meningkatkan kapasitas spesifik baterai ion-Li. Rasio  $\text{TiO}_2$  : Cu (w/w) yang semakin menurun menghasilkan kapasitas yang semakin menurun juga. Deposisi Cu pada  $\text{TiO}_2$ /grafit mengisi sebagian rongga kristal  $\text{TiO}_2$  sehingga dapat mengurangi jumlah rongga kristal  $\text{TiO}_2$  yang dapat dimanfaatkan untuk menginterkalasi ion Li.

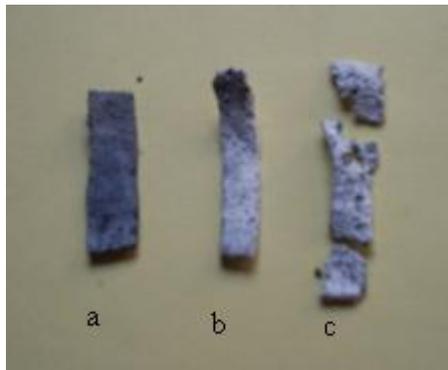


Gambar 5. Grafik kemampuan siklus (*cycle ability*) baterai ion-Li dengan anoda grafit (a),  $\text{TiO}_2$ /grafit (b) dan Cu- $\text{TiO}_2$ /grafit variasi rasio  $\text{TiO}_2$  : Cu = 1 : 1 (w/w) (c)

Kapasitas anoda baterai ion-Li bergantung pada kemampuan elektroda negatif baterai ion-Li dalam menginterkalasi ion Li selama proses pemakaian baterai. Semakin banyak rongga pada kisi kristal anoda maka akan semakin banyak ion Li yang dapat terinterkalasi yang mengakibatkan peningkatan kapasitas anoda baterai.

2 Juli 2010

Kemampuan siklus baterai ion-Li dengan anoda grafit,  $\text{TiO}_2$ /grafit dan  $\text{Cu-TiO}_2$ /grafit dengan variasi rasio  $\text{TiO}_2$  : Cu (w/w) tidak dapat diketahui secara pasti karena terdapat permasalahan pada katoda, *Li ribbon*, yang digunakan dalam percobaan. *Li ribbon* sangat mudah teroksidasi sehingga sangat rapuh dan sangat mudah patah setelah dilakukan pemakaian serta pengisian baterai berulang sampai siklus kedua. Gambaran kondisi *Li ribbon* yang digunakan sebagai elektroda baterai uji ditunjukkan Gambar 6.



Gambar 6. Katoda pita Li (*Li ribbon*) (a) awal, (b) setelah 1 siklus dan (c) setelah dua siklus

Modifikasi Li sebagai katoda dapat dilakukan untuk mendapatkan katoda baterai ion-Li yang reversible selama proses pemakaian dan pengisian, lebih stabil dan tidak mudah teroksidasi. Oksida logam transisi biasa digunakan dalam modifikasi katoda Li. Katoda baterai ion-Li yang disintesis Huang *et al.* (1998) berupa  $\text{LiCoO}_2$  menghasilkan kemampuan siklus baterai ion-Li mencapai lebih dari 30 siklus dengan kapasitas 120 mAh/g.  $\text{LiMnO}_4$  sebagai katoda baterai ion-Li menghasilkan kemampuan siklus baterai tersebut mencapai 46 siklus dimana setelah siklus ke-46 terjadi penurunan kapasitas spesifik baterai dari 129 mAh/g menjadi 113 mAh/g (Feng *et al.*, 1996).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1.  $\text{TiO}_2$ /grafit yang disintesis secara CBD dapat digunakan sebagai anoda baterei ion-litium

**2 Juli 2010**

2. Baterai yang menggunakan TiO<sub>2</sub>/grafit sebagai anoda memiliki kapasitas spesifik lebih tinggi daripada anoda grafit
3. Elektrodeposisi Cu pada permukaan lapis tipis TiO<sub>2</sub>/grafit tidak memberikan perbaikan sifat material sebagai anoda baterai ion-litium.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah memberikan pendanaan pada proyek Hibah Bersaing 2007-2009. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada tim sintesis lapis tipis TiO<sub>2</sub>/grafit atas kerja kerasnya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Bouwman, P. J., 2002, *Lithium Intercalation-in preferentially oriented submicron LiCoO<sub>2</sub> films*, University of Twente, Netherlands.
- Brown, G. N., Birks, J. W. and Koval, 1992, Development and Characterization of a Titanium-Dioxide Based Semiconductor Photoelectrochemical Detector, *Anal. Chem*, 64, 427-434.
- Ceder, G., Chiang, Y. M., Sadoway, D. R., Aydinol, M. K., Jang, Y. I. and Huang, B., 1998, Identification of Cathode Materials for Lithium Batteries Guided by First-principles Calculation, *Nature* Vol. 392, 16 April 1998.
- Eriksson, T., 2001, *LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> as a Li-Ion Battery Cathode From Bulk to Electrolyte Interface*, Disertasi, Uppsala University, Sweden.
- Feng, Li, Chang, Yuqin, Wu, Lie and Lu, Tianhong, 1996, Electrochemical behaviour of spinel LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> as positive electrode in rechargeable lithium cells, *Journal of Power Sources*, 63 (1996) 149-152.
- Fodor, K., Bitter., J. H. and de Jong, K. P., 2002, Investigation of Vapor-Phase Silica Deposition on MCM-41, Using Tetraalkoxysilanes, *Microporous and Mesoporous Materials*, 56, 101-109.
- Handayani, N., 2006, *Modifikasi Permukaan Semikonduktor Lapis Tipis Grafit/TiO<sub>2</sub> secara Surface Metal Modification dengan Logam Tembaga (Cu)*, Skripsi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Herstedt, M., 2003, *Towards Safer Lithium-Ion Batteries*, Departement of Materials Chemistry Uppsala University, Uppsala: Sweden.

2 Juli 2010

- House, V. E. and Ross, F., 2007, "Anode'r' way" – Why the anode yields better results, *Altair Nanotechnologies*, (Altairnano) Inc.
- Huang, B., Jang, Y. I., Chiang, Y. M. and Sadoway, D. R., 1998, Electrochemical Evaluation of LiCoO<sub>2</sub> Synthesized by Decomposition and Intercalation of Hydroxides for Lithium-Ion Battery Applications, *Journal of Applied Electrochemistry*, 28, 1365-1369.
- Kampman, A., Cowache, P., Lincolt, D., and Vedel, J., 1999, *J. Electro. Chem. Soc.*, 146,150
- Koudriachova, M. V., Harrison, N. M. and de Leeuw, S. W., 2001, Effect of Diffusion on Lithium Intercalation in Titanium Dioxide, *Physical Review Letters*, Volume 85, No. 7.
- Kwon, Y. J., Kim, M. G., Kim, Y. J., Lee, Y. and Cho, J., 2006, Effect of Capping Agents in Tin Nanoparticles on Electrochemical Cycling, *Electrochemical and Solid-State Letters*, 9 (1) A34-A38.
- Lincot, D., Froment, M., and Cachet, H., 1999, *Advance in Electrochemical Science and Engineering*, Vol. 6, 165, Eds Wiley – VCH, New York.
- Rahmawati, F. Wahyuningsih, S., Windu, P.A., 2006, Synthesis of thin film of TiO<sub>2</sub> on graphite substrate by chemical bath deposition, *Indo.J.Chem.*,6, 121-126.
- Rahmawati, F., Wahyuningsih, S., Handayani, N., 2008, Surface modification of semiconductor thin film of TiO<sub>2</sub> on graphite substrate by Cu electrodeposition, *Indo. J. Chem.*, 8, 331-336.
- Son, D., Kim, E., Kim, T. G., Kim, M. G., Cho, J. and Park, B., 2004, Nanoparticle Iron-Phosphate Anode Material for Li-Ion Battery, *Applied Physics Letters*, Volume 85, Number 24.
- Sun, X. D., 2004, Al<sub>13</sub>-pillared Anatase TiO<sub>2</sub> as a cathode for a Lithium Battery, *Nanotechnology*, 15, 1535-1538.
- Wang, Y., Lee, J. Yang. and Chen, B. H., 2003, Microemulsion Synthesis of Tin Oxide-Graphite Nanocomposites as Negative Electrode Materials for Lithium-Ion Batteries, *Electrochemical and Solid-State Letters*, 6 (1) A19-A22.
- Wang, Y., Lee, J. Y. and Deivaraj, T. C., 2004, Tin Nanoparticle Loaded Graphite Anodes for Li-Ion Battery Applications, *Journal of Electrochemical Society*, 151 (11) A1804-A1809.
- Windu, P. A., 2005, *Sintesis Semikonduktor Lapis Tipis Grafit/TiO<sub>2</sub> dan Modifikasinya Secara Surface Sensitization dengan Senyawa Kompleks Mn(bpy)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>*, Skripsi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Zhang, X. Y., Zhang, L. D., Chen, W., Meng, G. W., Zeng, M. J. and Zhao, L. X., 2004, Electrochemical Fabrication of Highly Ordered Semiconductor and Metallic Nanowire Arrays, *Chem. Mater*, 13, 3511-2515.