

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI GRAFEN OKSIDA
SERTA APLIKASINYA PADA ELEKTRODA
TERMOELEKTRIK**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia



Oleh:

WULANDHARI

08031281320002

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2017

HALAMAN PENGESAHAN

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI GRAFEN OKSIDA
SERTA APLIKASINYA PADA ELEKTRODA
TERMoeLEKTRIK**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh:

WULANDHARI

08031281320002

Indralaya, Mei 2017

Pembimbing I



Dr. Nirwan Syarif M, Si
NIP.197010011999031003

Pembimbing II



Dr. Dedi Rohendi M.T
NIP.196704191993031001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc
NIP 197210041997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Preparasi dan Karakterisasi Grafen Oksida serta Aplikasinya Sebagai Elektroda Termoelektrik” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah pada Sidang Sarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya pada tanggal 5 Mei 2017 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, Mei 2017

Ketua :

1. Dr. Nirwan Syarif, M.Si,
NIP. 197010011999031003

()

Penguji :

2. Dr. Dedi Rohendi, M.T
NIP. 196704191993031001
3. Dr. Hasanudin, M.Si
NIP.197205151997021003
4. Dr. Poedji Loekitowati H., M.Si.
NIP.196808271994022001
5. Nurlisa Hidayati, M.Si
NIP.19 7211092000032001

()

()

()

()

Mengetahui,
Dekan FMIPA

Prof. Dr. Iskhag Iskandar, M.Sc
NIP. 197210041997021001

Ketua Jurusan Kimia

Dr. Dedi Rohendi, M.T
NIP. 196704191993031001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Wulandhari
NIM : 08031281320002
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, Mei 2017



Wulandhari

NIM. 08031281320002

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Wulandhari
NIM : 08031281320002
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Preparasi dan Karakterisasi Grafen Oksida Serta Aplikasinya Sebagai Elektroda Termoelektrik”. Dengan hak bebas royalti non eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, mengedit/memformat, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/penciptaan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, Mei 2017



Wulandhari

NIM. 08031281320002

Motto dan Persembahan

Segala hal yang terjadi hanyalah persepsi semata maka jalanilah hidupmu dengan sederhana dan bahagia

Karya kecil ini kupersembahkan untuk:

Semua “alasan” hidup saya di masa lalu, sekarang dan mendatang

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala rahmat, karunia, dan anugerah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, mendukung dan menginspirasi hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, adapun pihak tersebut :

1. Prof. Dr. Iskhaq Iskandar M,Sc beserta jajarannya WD I, II dan terkhusus, WD III, Ibu Fauziah, Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya. Terima kasih karena telah mendukung saya untuk terus maju dan berprestasi melalui semua ajang dan informasi akademik yang disediakan di Fakultas.
2. Bapak Dr. Nirwan Syarif M.Si selaku pembimbing pertama sekaligus kolaborator, terima kasih atas segala inspirasi, ilmu dan pengalaman yang telah bapak berikan kepada saya selama ini. Semoga kolaborasi kita akan terus berlanjut dan meningkat ke depannya.
3. Bapak Dr. Dedi Rohendi M.T selaku pembimbing Kedua dan Ketua Jurusan Kimia, terima kasih sudah bersedia membimbing, mengajari dan mendorong saya untuk terus berprestasi di jenjang akademik saya.
4. Orang tua, Yuslim Sudarsono dan Rosalia Royani. Hal ini hanyalah sebuah perhentian sementara perjalanan masih panjang dan semoga kalian senantiasa mendukung setiap pilihan saya. Terima kasih atas segala sesuatu yang telah kalian berikan. To My Lovely Sister, Petri Krisdiana, thanks for your smile, support and unpredictable stories.
5. Bapak Hasanudin, Ibu Poedji dan Ibu Nurlisa selaku pembahas saya, terima kasih atas masukan, kritik dan pertanyaan yang membangun.
6. Semua Dosen Jurusan Kimia dan Pembimbing Akademik (Dr. Heni Yohandini M.Si), terima kasih atas segala ilmu, nasihat dan perhatian yang telah ibu dan bapak berikan kepada saya dalam setiap kegiatan akademik saya.
7. Staf administrasi jurusan, Khumroni, terima kasih atas segala bantuan (saat ngelab ataupun segala urusan administrasi), dukungan dan inspirasi. You're

one of my best brother, I'll see you on top. Mbak Novi, terima kasih atas banyak bantuannya

8. Kak Adi, my coach, he has a lot of ideas and support during my competition and research. Grup DLC (Mbak Fety, Mbak Ria, Kak Ongki, Ape, Lisa, Bella, Claudia, Kak Oliv, Retno, Kak Willy, Mbak Oka, Mbak Yeka, Alex, Niko, Maqom, Mbak Reka, Rio, Mbak Ria, Kak Nina, Kak Risa, Kak Jinni), terima kasih atas kebersamaannya.
9. SMKSJI (Bill, Bang Bas, Bang Simon, Bang Apul, Bang Ronal, Anggi, Martin, Bang Yos, Iin, Elis, Xanana, Raymond, Astorin, Eka, Salsa, Devita, Sindi, Kak Del, Kak Maru, Kak Tina, Kak Sabet, Sabeth, Stev-makasi sudah dengarin semua ceritaku). Para orang tua, Pakde Bude, Om Tante, Bapak Namtulang, Opung.
10. Miki 2013 (Ayu, Dwi Hawa, Riyanto, Vari, Azil, Mitra, Dea, Yosa, Ama, Eki, Tri, Monte, Doni, Uci, Uli, Novrian, Rando, Neza, Sasa, Intan, Zigas, Sispa, Wilia, Rifaldo, Mia, Santa, Ulin, Hasja, Koko, Yupi, Endang, Eci, Tika, Ocpri, Ismi, Sri, Septi, Wina, Ririn)
11. Miki 2012, 2014 (Getari, Rona, Wini, Winda, Robi), 2015 (Aldi, dkk), 2016
12. Pondok balqis (Teteh, Yuni Yani, Cynthia, Herli, Ocha, Mumun, Mbak Apri, Kak Selpan, Mbak Fitri, Mbak Yanti)
13. Semua penghuni laboratorium baik yang kelihatan maupun tidak kelihatan.

Demikianlah kata pengantar dari saya. Penulis menyadari bahwa karya ini tidak luput dari banyak kesalahan maka mohon maaf sebesar-besarnya dan menerima segala kritik serta saran di masa mendatang. Atas perhatiannya diucapkan banyak terima kasih.

Hormat Saya,

Penulis

SUMMARY

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF GRAPHENE OXIDE FOR THERMOELECTRIC ELECTRODE APPLICATION

Scientific Paper in the form of Skripsi
xvi + 98 Pages, 5 Tables, 26 Figures, 14 Appendices

Wulandhari, Supervised by Dr. Nirwan Syarif, M.Si and Dr. Dedi Rohendi, M.T

Chemistry Department, Mathematic and Natural Science Faculty, Sriwijaya University

Oxidation process of with Hummer method might resulted Reduced Graphene Oxide (RGO) instead of Graphene Oxide (GO) as the existent of sulphuric acid intercalate and thermal heating as 120°C. Gelam Wood Peel carbon (C GWP) was varied by concentrated H₂SO₄ and KMnO₄:H₂SO₄ ratio as 1:2 and 1:3. RGO was composed with polyaniline (PANI) through *in situ* polymerization for composite material application. Conductivity measurement was using two probe method. RGO has 10⁻⁶ until 10⁻⁴ S/cm conductivity. SEM image of RGO performed asymmetrical folding-like layers. Diffraction pattern showed broad peaks at 2θ = 24,3° for RGO KKG 51 and 25,9° for RGO KKG. Main functional group peaks at 3441 cm⁻¹ for free water –OH groups, 1627 cm⁻¹ for alkene C=C stretch and carboxylic C-O stretch, respectively. RGO/PANI conductivity was increased to 0,00279 S/cm. Composite characterization indicated that composite has agglomerate structure; diffraction peaks was shifted to 2θ = 25,8° for RGO/PANI 51 and 25,6° for RGO/PANI KKG; composite main infrared absorption at 1573 and 1496 cm⁻¹ for quinon and benzoid rings, 1149 and 1103 cm⁻¹ showed bonding interaction between RGO and conjugated structure of PANI. Thermoelectric parameter, conductivity vs temperatur and seebeck coefficient, was measured to several C KKG, RGO and RGO/PANI. Electrical conductivity was performed at range 3.91261 x 10⁻⁵ to 0.013786304 S/cm as temperatur rises from 319-400 K. Thus, it was assumed as semiconductor materials. seebeck coefficient at 20-100 K thermal gradient (ΔT) fitted for one coefficient at C KKG and RGO 51 linear plot meanwhile others was fitted for at least 3 coefficient as showed in third order polynomial curves. At 20-60 K thermal gradient (ΔT), linear plot of each material measured was performed seebeck coefficient ranged 10 μV/K to 300 μV/K.

Keywords : C KKG, RGO, RGO/PANI composite, electrical conductivity, morphology, diffraction peaks, funtional groups, seebeck coefficient

Citation : 67 (1958-2016)

RINGKASAN

PREPARASI DAN KARAKTERISASI GRAFEN OKSIDA SERTA APLIKASINYA SEBAGAI ELEKTRODA TERMOELEKTRIK

Karya Tulis Ilmiah dalam bentuk Skripsi
xvi + 98 Halaman, 5 Tabel, 26 Gambar, 14 Lampiran

Wulandhari, Dibimbing Oleh Dr. Nirwan Syarif, M.Si dan Dr.Dedi Rohendi, M.T

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

Proses oksidasi kulit batang kayu gelam dengan metode Hummer cenderung menghasilkan Grafen Oksida tereduksi (RGO) daripada Grafen Oksida (GO) akibat pengeringan pada suhu 120°C dan interkalat asam sulfat. Karbon kult kayu gelam (C KKG) divariasikan terhadap volume H₂SO₄ pekat dan rasio C KKG : KMnO₄ sebesar 1:2 dan 1:3. RGO diaplikasikan sebagai material komposit terhadap polimer PANI dengan metode polimerisasi *in-situ*. Pengukuran konduktivitas dilakukan dengan metode *two probe*. Konduktivitas RGO sebesar 10⁻⁶ hingga 10⁻⁴ S/cm. Citra SEM RGO menunjukkan morfologi berupa lapisan berlipat-lipat dan tidak teratur. Puncak difaksi menunjukkan intensitas lebar pada 2θ = 24,3° untuk RGO KKG 51 dan 25,9° untuk RGO KKG. Gugus fungsi khas RGO berada pada daerah 3441 cm⁻¹ untuk -OH air bebas, 1627 cm⁻¹ untuk tarikan C=C alkena dan C-O karboksilat. Nilai konduktivitas komposit RGO/PANI meningkat menjadi 0,00279 S/cm. Karakterisasi komposit menunjukkan morfologi komposit berupa gulungan/agromeralat; puncak difraksi bergeser menjadi 2θ = 25,8° untuk RGO/PANI 51 dan 25,6° untuk RGO/PANI KKG; gugus fungsi komposit berada pada 1573 dan 1496 cm⁻¹ untuk cincin quinon dan benzoid, 1149 dan 1103 cm⁻¹ untuk ikatan antara RGO dan struktur konjugasi PANI. Pengukuran parameter termoelektrik, konduktivitas listrik *versus* temperatur dan koefisien seebeck, dilakukan terhadap C KKG, RGO dan RGO/PANI tertentu. Konduktivitas listrik terhadap kenaikan temperatur pada 319-400 K memiliki rentang 3.91261 x 10⁻⁵ hingga 0.013786304 S/cm, sehingga material termasuk jenis semikonduktor. Koefisien seebeck dengan perbedaan temperatur (ΔT) 20-100 K menunjukkan satu koefisien pada plot linear C KKG dan RGO 51 sementara material lain memenuhi sekitar tiga koefisien pada kurva polinomial. Pada perbedaan temperatur (ΔT) 20-60 K ditunjukkan nilai koefisien seebeck plot linear sebesar 10 μV/K hingga 300 μV/K.

Kata Kunci : C KKG, RGO, komposit RGO/PANI, konduktivitas listrik, morfologi, puncak difraksi, gugus fungsi, koefisien seebeck

Kutipan : 67 (1958-2016)

DAFTAR ISI

	Halaman
SUMMARY	ix
RINGKASAN	x
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Struktur Kayu.....	4
2.2 Alotrop Karbon	5
2.3 Metode Pembuatan Grafen	7
2.4 Struktur dan Sifat Kimia Grafen Oksida.....	10
2.5 Polianilin (PANI).....	11
2.6 Karakterisasi Grafen Oksida	12
2.6.1 Karakterisasi dengan Fourier Transformer Infra Red (FTIR)	12
2.6.2 Karakterisasi dengan Scanning Electron Microscope (SEM).....	14
2.6.3 Karakterisasi dengan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	15
2.7. Termoelektrik.....	17
2.8. Parameter termoelektrik.....	18
2.8.1 Koefisien seebeck	18
2.8.2 Konduktivitas Listrik	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan tempat	20
3.2 Peralatan yang digunakan	20
3.3 Bahan yang digunakan.....	20

3.4	Prosedur Penelitian	20
3.4.1	Preparasi karbon dari kulit kayu gelam	20
3.4.2	Preparasi Grafen Oksida dengan Metode Hummer (Hummers <i>and</i> Offeman, 1958).....	21
3.4.3	Pembuatan Komposit GO/PANI (Huang <i>and</i> Lin, 2012).....	21
3.4.4	Pembuatan Pelet Elektroda	22
3.4.5	Pengukuran Resistivitas Listrik dengan Metode <i>Two Probe</i>	22
3.4.6	Pengukuran Koefisien seebeck	23
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1	Preparasi grafen oksida dari karbon kulit kayu gelam dengan metode Hummer	26
4.2	Preparasi dan Karakterisasi Variasi RGO	29
4.2.1	Konduktivitas listrik dari variasi karbon dan RGO	29
4.2.2	Hasil Karakterisasi Karbon dan RGO.....	32
4.2.2.1	Hasil Karakterisasi SEM	32
4.2.2.2	Hasil Karakterisasi dengan XRD.....	33
4.2.2.3	Karakterisasi dengan FTIR	36
4.3	Aplikasi sebagai material komposit.....	39
4.3.1	Pembentukan komposit.....	39
4.3.2	Konduktivitas Komposit RGO/PANI.....	39
4.3.3	Hasil Karakterisasi Komposit RGO/PANI.....	41
4.3.3.1	Karakterisasi dengan SEM.....	41
4.3.3.2	Karakterisasi dengan XRD.....	42
4.3.3.3	Hasil Karakterisasi dengan FTIR	43
4.4	Pengukuran Parameter termoelektrik.....	43
4.4.1	Konduktivitas terhadap Temperatur	43
4.4.2	Koefisien seebeck	45
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran	51
	DAFTAR PUSTAKA	52
	LAMPIRAN.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur bagian-bagian kayu (Danasasmita <i>and</i> Kosasih., 2004)	4
Gambar 2. a) karbon berlapis b) karbon <i>nanotube</i> berdinging banyak (Noviana, 2012)	6
Gambar 3. Model Grafen Oksida menurut Lerf <i>and</i> Klinowsky (1998)	11
Gambar 4. Hasil FTIR GO berdasarkan a) Hanifah <i>et al</i> (2015) b) Shariary (2014)	14
Gambar 5. Hasil SEM dari a) grafit b) grafen oksida berdasarkan Paulchamy <i>et al</i> (2015).....	15
Gambar 6. Hasil XRD GO berdasarkan a) Hanifah <i>et al</i> (2015) b) Nehkahi <i>et al</i> (2014).....	17
Gambar 7. Skema pembangkit listrik termoelektrik dan pendingin termoelektrik (Zheng, 2008).....	18
Gambar 8. Rangkaian alat pengujian konduktivitas listrik (Wu <i>and</i> Lin, 2000) ..	23
Gambar 9. Tahapan perubahan warna reaksi a. Warna hijau saat penambahan KMnO_4 hingga pengadukan 1 jam b. Warna coklat terang setelah 5-6 jam pengadukan c. Warna hitam pada tahap akhir reaksi.....	26
Gambar 10. a) C KKG 51 b) RGO perbesaran 1000 kali	28
Gambar 11. Hasil Karakterisasi a) XRD b) FTIR dari RGO awal.....	28
Gambar 12. Pelet untuk pengukuran konduktivitas	29
Gambar 13. Plot antar variabel terhadap respon konduktivitas	30
Gambar 14. Plot interaksi antar variabel terhadap respon konduktivitas.....	31
Gambar 15. Citra SEM dari C KKG dengan perbesaran a) 9000 b) 30.000 kali..	33
Gambar 16. Citra SEM RGO dengan perbesaran a) 9000 b) 30.000 kali.....	33
Gambar 17. Difraktogram XRD karbon dan RGO	35
Gambar 18. Spektra FTIR Karbon dan RGO.....	37
Gambar 19. a) Plot pengaruh antar variabel b) Plot interaksi antar variabel	41
Gambar 20. Citra SEM komposit RGO/PANi a) 9000 kali b) 30.000 kali.....	41
Gambar 21. Difraktogram XRD dari komposit RGO /PANi.....	42
Gambar 22. Spektra FTIR komposit RGO/PANi.....	43
Gambar 23. Pengaruh Temperatur terhadap Nilai Konduktivitas.....	44

Gambar 24. Plot Linier Voltase terhadap Perbedaan Temperatur 20-100 K pada C KKG dan RGO KKG 51	45
Gambar 25. Plot Polinomial Voltase terhadap Perbedaan Temperatur 20-100 K pada C KKG 51, RGO KKG, RGO PANI KKG dan RGO PANI 51	47
Gambar 26. Plot Voltase terhadap Perbedaan Temperatur pada 20-60K	49

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Variasi Percobaan Pembuatan GO dengan DOE faktorial lengkap	24
Tabel 2 Variasi Pembuatan Komposit GO/PANI dengan DOE faktorial lengkap	25
Tabel 3 Hasil pengukuran konduktivitas.....	30
Tabel 4 Nilai ukuran krisal basal dan d-spacing	36
Tabel 5 Hasil Konduktivitas Komposit RGO/PANI.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram alir prosedur percobaan	58
Lampiran 2. Nilai Konduktifitas C KKG dan RGO KKG	62
Lampiran 3. Nilai Konduktifitas C KKG 51 dan RGO KKG 51	64
Lampiran 4. Nilai Konduktifitas RGO PANi KKG 51 dan RGO PANi 51	67
Lampiran 5. Contoh Perhitungan Konduktifitas	69
Lampiran 6. Data Puncak XRD C KKG, RGO dan RGO PANi konduktifitas tertinggi	70
Lampiran 7. Perhitungan FWHM	74
Lampiran 8. Contoh Perhitungan Ukuran Partikel dengan Rumus Debye- Scheerer dan perhitungan <i>d-spacing</i> dengan Hukum Brags	78
Lampiran 9. Data FTIR C KKG, RGO dan RGO PANi konduktifitas tertinggi	79
Lampiran 10. Konduktifitas berdasarkan kenaikan temperatur	86
Lampiran 11. Data Analysis of Variance Kurva Koefisien Seebeck (T besar)..	88
Lampiran 12. Data Analysis of Variance Kurva Koefisien Seebeck (T kecil)...	91
Lampiran 13. Data Koefisien Seebeck pada kurva T besar.....	95
Lampiran 14. Gambar dan rangkaian Alat.....	97

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lapisan tunggal dari grafit atau dikenal juga sebagai grafen, memiliki karakteristik unik pada sifat elektronik, mekanik dan termal. Hal ini memicu perkembangan pesat terhadap berbagai teknik preparasi lapisan grafen. Preparasi biasa dilakukan melalui beberapa cara, yaitu pengelupasan mikromekanik atau metode “*Scotch tape*” (Novoselov *et al.*, 2004; Mohan *et al.*, 2015), pengendapan uap kimia (Pei *and* Cheng, 2012) dan metode penumbuhan lapisan epitaksial. Metode diatas memberikan persentase hasil rendah sehingga tidak dapat dilakukan pada skala besar. Selain itu, biaya produksi grafen berkualitas dengan cara elektrokimia sangat mahal (Xu, 2012). Salah satu cara preparasi grafen yang sering dilakukan adalah reduksi dari grafen oksida (GO), karena biaya terjangkau, mudah ditangani dan menghasilkan rendemen besar. Pembuatan GO biasanya menggunakan campuran asam sulfat pekat dan kalium permanganat untuk mengoksidasi bongkahan grafit menjadi grafit oksida. Metode ini dikenal dengan istilah metode Hummer (Hanifah *et al.*, 2015). GO dengan banyak gugus oksigen kemudian direduksi dengan beberapa cara, yaitu termal, kimia, solvotermal, gelombang mikro dan agen pereduksi alami (Pei *and* Cheng, 2012; Thakur *and* Karak, 2015). GO tereduksi memiliki struktur yang hampir sama dengan grafen.

Grafit merupakan material yang paling banyak digunakan sebagai prekursor GO karena memiliki banyak lapisan grafen. Eksplorasi terhadap alotrop karbon yang serupa dengan grafit diharapkan mampu menghasilkan GO untuk preparasi grafen. Karbon kulit kayu gelam (C KKG) dengan struktur lembar nano diperkirakan dapat menggantikan grafit sebagai prekursor GO karena memiliki struktur grafen pada lapisannya. Menurut Prasagi (2014), spektrum FTIR dan citra SEM dari karbon kulit kayu gelam hasil preparasi dengan metode hidrotermal dan katalis basa menunjukkan adanya lapisan grafen. Spektrum FTIR menunjukkan ikatan rangkap dua karbon, ikatan –OH (hidroksil) dari –COOH

(karboksil) dan air bebas sementara citra SEM menunjukkan adanya banyak lapisan karbon berukuran nano.

GO memiliki konduktivitas listrik yang kurang tinggi akibat banyaknya gugus oksigen pada setiap lapisan (Thakur *and* Karak, 2015). Doping dari material lain dibutuhkan agar dapat sifat elektronik meningkat. Sifat GO yang mudah terdispersi merata dalam larutan berair berpotensi untuk dikembangkan sebagai material komposit dengan berbagai polimer, diantaranya polianilin (PANI). Polimer ini adalah salah satu polimer konduktif yang sering dipreparasi sebagai komposit dengan alotrop karbon karena densitas atom besar, stabilitas termal tinggi, ramah lingkungan, biaya produksi yang murah dan mudah ditangani. Penelitian terhadap komposit GO/PANI sebelumnya dilakukan oleh Huang *and* Lin (2012) dengan konduktivitas listrik sebesar 207 mS/cm.

Salah satu aplikasi penggunaan GO dan komposit GO/PANI adalah elektroda termoelektrik, dimana elektroda ini terbuat dari material dengan daya termoelektrik tertentu. Elektroda termoelektrik dapat mengonversikan energi panas menjadi energi listrik sehingga dapat mengurangi polusi limbah panas (*heat waste*). Parameter pengukuran kinerja termoelektrik diantaranya adalah konduktivitas listrik dan koefisien seebeck (kemampuan material menghasilkan voltase setiap perbedaan temperatur). Menurut Zheng *et al* (2008) material termoelektrik yang optimal memiliki koefisien seebeck dan konduktivitas listrik besar dimana biasanya terletak diantara semikonduktor dan logam. Semikonduktor dengan mobilitas tinggi memiliki potensi besar sebagai material termoelektrik. Potensi material termoelektrik dapat diukur dengan beberapa parameter, diantaranya konduktivitas listrik dan koefisien seebeck pada rentang temperatur tertentu.

Pada penelitian ini diharapkan hasil berupa GO dari karbon KKG dan komposit GO/PANI serta aplikasinya sebagai elektroda termoelektrik. Material karbon KKG, GO dan GO/PANI dengan konduktivitas tertinggi dikarakterisasi berdasarkan kristalinitas, gugus fungsi dan morfologi. Parameter termoelektrik diukur berdasarkan konduktivitas listrik dan koefisien seebeck pada temperatur rentang 319-400 K.

1.2 Rumusan Masalah

Penggunaan alotrop karbon berstruktur nano sebagai material termoelektrik terus dikembangkan, salah satunya adalah penggunaan grafen oksida tereduksi (Mahmoud *et al.*, 2015). Prekursor awal grafen oksida tereduksi adalah grafen oksida (GO) yang biasanya menggunakan grafit sebagai bahan baku. Kulit kayu gelam yang memiliki lapisan mirip grafen (Prasagi, 2014) berpotensi untuk menggantikan grafit sebagai prekursor. Metode pembuatan GO menggunakan metode Hummer karena hemat biaya, mudah ditangani dan rendemen besar. GO yang memiliki nilai konduktivitas tertinggi dari dua variasi C KKG kemudian dikompositkan dengan polimer PANI. Material karbon KKG, GO dan komposit GO/PANI dikarakterisasi, diaplikasikan sebagai elektroda termoelektrik dengan pengukuran terhadap parameter konduktivitas listrik dan koefisien seebeck pada rentang 319-400 K.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mempreparasi grafen oksida (GO) dari kulit batang kayu gelam dengan metode Hummer dan karakterisasi kristalinitas, gugus fungsi dan morfologi GO yang memiliki konduktivitas tertinggi
2. Mengaplikasikan GO sebagai material komposit dengan polimer PANI dan karakterisasi kristalinitas, gugus fungsi dan morfologi GO/PANI
3. Mengaplikasikan C KKG, GO dan GO/PANI sebagai elektroda termoelektrik serta mengukur parameter termoelektrik material, yaitu nilai konduktivitas listrik dan koefisien seebeck pada rentang 319-400K

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memperoleh material GO dari biomassa kulit batang kayu gelam dengan metode Hummer
2. Menghasilkan elektroda termoelektrik yang memenuhi standar parameter termoelektrik

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, N. D. (2008). Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy) dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetit Menjadi Hematit. Seminar Nasional Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri 2008 Bandung
- B, P., Arthi G and Bd., L. (2015). A Simple Approach to Stepwise Synthesis of Graphene Oxide Nanomaterial. *Nanomedicinal and Nanotechnology*. 6.
- Bates, S., George Zografi, David Engers, Kenneth Morris, Kieran Crowley and Newman, A. (2006). Analysis of Amorphous and Nanocrystalline Solids from Their X-Ray Diffraction Patterns. *Pharmaceutical Research*, 23: 2333-2349.
- Blanton, T. N. and Majumdar., D. (2013). Characterization of X-Ray Irradiated Graphene Oxide Coating Using X-Ray Diffraction, X-Ray Photoelectron Spectroscopy, and Atomic Force Microscopy. *JCPDS-International Centre for Diffraction Data*.
- Bulusu, A. and Dg, W. (2008). Review of Electronic Transport Models For Thermoelectric Materials. *Superlattices Microstructure*. 44: 1-36.
- Cadoff, I. and E., M.(1960). *Thermoelectric Materials and Device*. USA: New York Reinheld Publishing Corporation.
- Callister, W. D.(2007). *Materials Science and Engineering*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Cano-Marquez, A. G., Fernando J. Rodríguez-Macías and C-D, J. (2009). Ex-MWNTs: Graphene Sheets and Ribbons Produced by Lithium Intercalation and Exfoliation of Carbon Nanotubes. *Nano Letters*. 9: 1527-1533.
- Chen, W., Lifeng Yan and Bangal., P. R. (2010). Preparation of Graphene by the Rapid and Mild Thermal Reduction of Graphene Oxide Induced by Microwaves. *Carbon* 48 48: 1146-1152.
- Choi, W., Indranil Lahiri, Raghunandan Seelaboyina and Kang, Y. S. (2010). Synthesis of Graphene and Its Applications: A Review. *Solid State and Material Sciences*. 35: 52-71.
- Chua, L.-L., Shuai Wang, Perq-Jon Chia, Lan Chen, Li-Hong Zhao, Wei Chen, Andrew T.-S. Wee and Ho, P. K.-H. (2008). Deoxidation Of Graphene Oxide Nanosheets To Extended Graphenites By “Unzipping” Elimination. *The Journal Of Chemical Physics*. 129: 114702.

- Danasasmita and Kosasih., E.(2004). *Struktur Kayu II*. Bandung: Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan.
- Dimiev, A. M., Lawrence B. Alemany and Tour., J. M. (2012). Graphene Oxide. Origin of Acidity, Its Instability in Water, and a New Dynamic Structural Model. *ACS Nano*. 7.
- Dimiev, A. M. and Tour., J. M. (2014). Mechanism of Graphene Oxide Formation. *ACS Nano*. 8: 3060-3068.
- Dreyer, D. R., Sungjin Park, Bielawski, C. W. and Ruoff., R. S. (2010). The Chemistry Of Graphene Oxide. *Royal Society Of Chemistry*. 39: 228-240.
- Dutrow, B. L. and M.Clark., C. (2016). X-ray Powder Diffraction (XRD). Tersedia pada:http://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/XRD.html. Diakses pada tanggal 16 September 2016.
- Elsheikh, M. H., Dhafer Abdulameer Shnawah, Mohd Faizul Mohd Sabri, Suhana Binti Mohd Said, Masjuki Haji Hassan, Mohamed Bashir Ali Bashir and Mohamad, M. (2014). A review On Thermoelectric Renewable Energy: Principle Parameters That Affect Their Performance. *Renewable and Sustain Energy Review*. 30: 337-355.
- Fultz, B. and Howe., J.(2013). *Transmission Electron Microscopy and Diffractometry of Materials*. USA: Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Gupta, B., Niranjan Kumar, Kalpataru Panda, Ambrose A. Melvin, Shailesh Joshi and Dash., S. (2016). Molecular-Pillar-Supported Functionalized Reduced Graphene-Oxide for Energy Efficient Lubrication. *material Chemistry: Advances Materials Interfaces*.
- Hairiah, K. and Rahayu., S. (2007). Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan.
- Hanifah, M. F. R., Jaafar, J., Aziz, M., Ismail, A. F., Rahman, M. A. and Othman, M. H. D. (2015). Synthesis of Graphene Oxide Nanosheets via Modified Hummers' Method and Its Physicochemical Properties. *Jurnal Teknologi*. 74: 189-192.
- Hong, Y., Wang, Z. and Jin, X. (2013). Sulfuric Acid Intercalated Graphite Oxide for Graphene Preparation.
- Hong, Y., Zhiyong Wang & Xianbo Jin (2013). Sulfuric Acid Intercalated Graphite Oxide for Graphene Preparation.

- Huang, Y. F. and Lin, C. W. (2012). Polyaniline-Intercalated Graphene Oxide Sheet and Its Transition To A Nanotube Through A Self-Curling Process. *Polymer* 53. 1079-1085.
- Hummers, W. S. and Offeman, R. E. (1958). Preparation Of Graphitic Oxide. *J Am Chem Soc* 80: 1339-1339.
- Islam, R., Anthony N. Papathanassiou, Roch Chan Yu King, Jean-François Brun and Roussel, F. (2015). Evidence Of Interfacial Charge Trapping Mechanism In Polyaniline/Reduced Graphene Oxide Nanocomposites. *Applied Physics Letters*. 107.
- Jun, L., Lian-Meng, Z., Li, H. and Xin-Feng, T. (2003). Synthesis and Thermoelectric Properties of Polyaniline. *Wuhan University of Technology-Material Science* 18.
- Kim, H. J., Jonathan R. Skuza, Yeonjoon Park, Glen C. King, Sang H. Choi and Nagavalli, A.(2012). *System to Measure Thermal Conductivity and Seebeck Coefficient for Thermoelectrics*. Virginia: National Aeronautics and Space Administration, Langley Research Center
- Kumar, S. R. S. and Kasiviswanathana, S. (2008). A Hot Probe Setup For the Measurement of Seebeck Coefficient of Thin Wires and Thin Films Using Integral Method. *AIP Review Of Scientific Instruments*. 79.
- Lambert, J. B., Herbert P. Shuvell, David A. Lightner and Cooks, R. G.(2001). *Organic Structural Of Spectroscopy*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Lerf, A., Heyong He, Michael Forster and Klinowski, J. (1998). Structure of Graphite Oxide Revisited. *J. Phys. Chem. B* 102: 4477-4482.
- Linares-Solano, A., D. Lozano-Castelló, M. A. Lillo-Ródenas and Cazorla-Amorós, D. (2008). Carbon Activation by Alkaline Hydroxides Preparation and Reactions, Porosity and Performance. *Chemical and Physical Chemistry of Carbon*. 30.
- Liu, J., Haihui Zhou, Qianqian Wang, Fanyan Zeng and Kuang, Y. (2012). Reduced Graphene Oxide Supported Palladium–Silver Bimetallic Nanoparticles For Ethanol Electro-Oxidation In Alkaline Media. *Material Chemistry*. 47: 2188-2194.
- Loryuenyong, V., Krit Totepvimarn, Passakorn Eimburanaprat, Wanchai Boonchompoo and Buasri, A. (2013). Preparation and Characterization of Reduced Graphene Oxide Sheets via Water-Based Exfoliation and Reduction Methods. 2013.

- Mahmoud, L., Mohammad A., Kin Laio Yarjan Abdul S., Ismail E. and M., B. (2015). Characterization of a Graphene-Based Thermoelectric Generator using a Cost-Effective Fabrication Process. *Energy Procedia*. 75: 615-620.
- Male, U., Srinivasan, P. and Singu., B. S. (2015). Incorporation Of Polyaniline Nanofibres On Graphene Oxide by Interfacial Polymerization Pathway For Supercapacitor. *International Nano Letter*. 5.
- Mc Murry, J.(2008). *Organic Chemistry*. USA: Thomson Higher Education.
- Mitra, M., Chiranjit Kuls, Krishanu Chatterjee, Kajari Kargupta, Saibal Ganguly, Banerjee, D. and Goswamid, S. (2015). Reduced Graphene Oxide-Polyaniline Composites Synthesis, Characterization and Optimization For Thermoelectric Applications. *Royal Society Of Chemistry Advances*. 5.
- Mohan, V. B., Reuben Brown, Krishnan Jayaraman and Bhattacharyya., D. (2015). Characterisation Of Reduced Graphene Oxide: Effects Of Reduction Variables On Electrical Conductivity. *Material Science and Engineering B*. 193: 49-60.
- Morimoto, N., Takuya Kubo, Yuta Nishina (2016). Tailoring the Oxygen Content of Graphite and Reduced Graphene Oxide for Specific Applications.
- Nekahi, A., P. H. Marashi and Haghshenas, D. 2014. Transparent Conductive Thin Film of Ultra Large Reduced Graphene Oxide Monolayers *Applied Surface Science Iran: APSUSC* 27009.
- Noviana, L. N. (2012). *Perlakuan Mekanokimia Kering Pada Karbon Aktif Batubara Untuk Media Penyimpan Hidrogen*. [Sarjana Teknik Skripsi]. Indonesia: Depok.
- Novoselov, K. S., A.K.Geim, S.V.Morozov, D.Jiang, Y.Zhang, S.V.Dubonos, I.V.Grigorieva and Firsov2, A. A. (2004). Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films. *Science*. 306: 666-669.
- Pei, S. and Cheng, H.-M. 2012. The Reduction of Graphene Oxide. *Carbon* 50.
- Prasagi, M. (2014). *Studi Awal Pengembangan Elektroda Karbon Kayu Gelam Untuk Aplikasi Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia*. [S-1 Skripsi]. Sriwijaya: Indralaya.
- Seresht, R. J., Mohsen Jahanshahi, Ali Morad Rashidi and Ghoreyshi, A. A. (2013). Synthesis and Characterization of Thermally-Reduced Graphene. *Iranica Journal Of Energy & Environment*. 4: 53-59.

- Sevilla, M., C. Sanchís, T. Valdés-Solís, E. Morallón and Fuertes., A. B. (2007). Synthesis of Graphitic Carbon Nanostructures from Sawdust and Their Application as Electrocatalyst Supports. *Physical Chemistry C*. 111: 9749-9756.
- Shahriary, L. and Athawale., A. A. (2014). Graphene Oxide Synthesized by using Modified Hummers Approach. *International Journal of Renewable Energy and Environmental Engineering* 02.
- Singh, K., Anil Ohlan, Viet Hung Pham, Balasubramaniyan R., Swati Varshney, Jinhee Jang, Seung Hyun Hur, Won Mook Choi, Mukesh Kumar, S. K. Dhawan, Byung-Seon Kong and Chung, J. S. (2013). Nanostructured graphene/Fe₃O₄ incorporated polyaniline as a high performance shield against electromagnetic pollution. *Nanoscale*. 5.
- Skejkal, J. (1999). In-situ Polymerized Polyaniline Films. *Synthetic Metal*. 105: 195-202.
- Sucipto, T. 2009. Struktur, Anatomi dan Identifikasi Jenis Kayu. Medan: Sumatera Utara.
- Sun, W., Tao Peng, Yumin Liu, Sheng Xu, J. K. Y., Shishang Guo and Zhao, X.-Z. (2013). Hierarchically porous hybrids of polyaniline nanoparticles anchored on reduced graphene oxide sheets as counter electrodes for dye-sensitized solar cells. *Material Chemistry*. 1.
- Thakur, S. and Karak, N. (2015). Alternative Methods and Nature-Based Reagents For The Reduction of Graphene Oxide - A Review. *Carbon*
- Tim Pusat Bahasa Kemendiknas 2010-2011. In: SETIAWAN, E. (ed.) *Kamus Besar Bahasa Indonesia (offline) versi 1.3*.
- Tim Thermo Arl.(1999). *Thermo ARL : ARL Applied Research Laboratories SA*. Switzerland: Thermo ARL CH
- Tim Thermo Nicolet 2001. Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry. In: CORPORATION, T. N. (ed.). USA: Thermo Nicolet Corporation.
- Titirici, M. M., Arne Thomas, Shu-Hong Yu, Jens-O. Müller and Antonietti., M. (2007). A Direct Synthesis of Mesoporous Carbons with Bicontinuous Pore Morphology from Crude Plant Material by Hydrothermal Carbonization. *Material Chemistry*. 19: 4205-4212.

- Wang, X., Lei Miao, Chengyan Liu, Jie Gao and Chen, Y. (2016). Thermoelectric Enhancement of Polyaniline Grafting from Graphene Oxide. *Materials Science Forum*. 847.
- Wang, X., Zhi, L. and Mullen, K. (2008). Transparent, Conductive Graphene Electrodes for Dye-Sensitized Solar Cells. *Nano Letters*. 8: 323-327.
- Wood, C., A. Chmielewski and D, Z. (1988). Measurement of Seebeck coefficient using a large thermal gradient. *AIP Review Of Scientific Instruments*. 59.
- Wu, C.-G. and Lin, W.-L. (2000). Solid State Chemistry in General Chemistry Laboratory: The Intercalation of Hydrogen in Tungsten Oxide. *Chemical Education* 4.
- Xu, Z. (2012). Graphene ‘Battery’ made of Low Cost Reduced Graphene Oxide.
- Yakuphanoglu, F. and Enkal, B. F. S. (2007). Electronic and Thermoelectric Properties of Polyaniline Organic Semiconductor and Electrical Characterization of Al/PANI MIS Diode. *Physical Chemistry* 111: 1840-1846.
- Zhang, Q., Jia-Qi Huang, Meng-Qiang Zhao, Wei-Zhong Qian and Wei, F. (2011). Carbon Nanotube Mass Production: Principles and Processes. *ChemSusChem*. 4: 864-889.
- Zheng, J.-C. (2008). Recent Advances On Thermoelectric Materials. *Front Physic* 3: 269-279.
- Zhu, Y., Shanthi Murali, Meryl D. Stoller, Aruna Velamakanni, Richard D. Piner and Ruoff, R. S. (2010). Microwave Assisted Exfoliation and Reduction of Graphite Oxide For Ultracapacitors. *Carbon* 48. 2106-2122.