

**SINTESIS GRAFIT TERLAPISI KARBON (*Citric Acid*) DENGAN
VARIASI KOMPOSISI SEBAGAI BAHAN ANODA PADA
BATERAI ION LITHIUM**

SKRIPSI

Oleh:

UMI AZIZAH
NIM. 12640030



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

**SINTESIS GRAFIT TERLAPISI KARBON (*Citric Acid*) DENGAN
VARIASI KOMPOSISI SEBAGAI BAHAN ANODA PADA BATERAI ION
LITHIUM**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

**Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

**UMI AZIZAH
NIM. 12640030**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

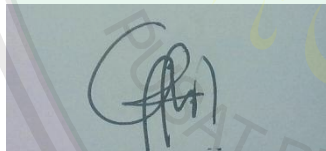
SINTESIS GRAFIT TERLAPISI KARBON (*Citric Acid*) DENGAN VARIASI
KOMPOSISI SEBAGAI BAHAN ANODA PADA BATERAI ION LITHIUM

SKRIPSI

Oleh:
UMI AZIZAH
NIM. 12640030

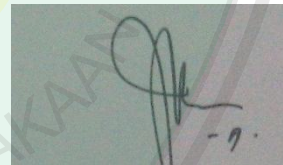
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji,
Pada tanggal:, 2016

Pembimbing I,



Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

Pembimbing II,



Umayyatus Syarifah, M.A.
NIP. 19820925 200901 2 005

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

HALAMAN PENGESAHAN

SINTESIS GRAFIT TERLAPISI KARBON (*Citric Acid*) DENGAN VARIASI KOMPOSISI SEBAGAI BAHAN ANODA PADA BATERAI ION LITHIUM

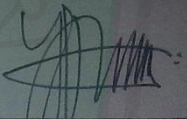
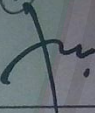
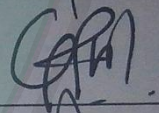
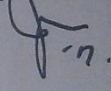
SKRIPSI

Oleh:

UMI AZIZAH

NIM.12640019

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 2016

Penguji Utama	:	<u>Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Ketua Penguji	:	<u>Farid Samsu Hananto, S.Si, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Sekretaris Penguji	:	<u>Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Anggota Penguji	:	<u>Umayyatus Syarifah, M.A.</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika



Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

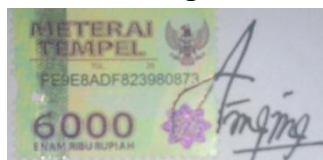
Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : UMI AZIZAH
NIM : 12640030
Jurusan : FISIKA
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Judul Penelitian : Sintesis Grafit Terlapisi Karbon (*Citric Acid*) Dengan Variasi Komposisi Sebagai Bahan Anoda Pada Baterai Ion Lithium

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, Juni 2016
Yang Membuat Pernyataan,



UMI AZIZAH
NIM. 12640030

MOTTO

اللَّهُمَّ افْتَحْ قُلُوبَنَا فَتُوحَ الْعَا رِفِينِ

“Ya Allah bukakanlah hati kami seperti terbukanya pintu hati orang-orang yang ma’rifat” (DR. KH. A. Zainal Arifin Khan)



HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim..

Alhamdulillahirobbil'alamin..

Sujud syukurku kusembahkan kepadamu Tuhan yang Maha Agung nan Maha Tinggi nan Maha Adil nan Maha Pengayang, atas takdirmu telah kau jadikan aku manusia yang senantiasa berpikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal bagiku untuk meraih cita-cita besarku. Serta shalawat dan salam kepada idola ku Rasulullah SAW dan para sahabat yang mulia.

Dengan kerendahan hati yang tulus, bersama dengan Ridhomu yaa Robbi, kupersembahkan karya ini untuk:

“yang termulia dalam hidupku, Ibunda Mulgati dan Ayahanda Jauhar Tauhid. Untuk kakak-kakakku tersayang Khoirul Anam, S.E., Alm. Arifudin dan kakak iparku Widha Nur Agastya, S.Pd.Si.M.Pd. Atas doa dan dukungan yang tak henti-hentinya sehingga memberikanku semangat dan harapan untuk terus maju ke depan meraih cita-citaku. Karena kalian aku mampu menempuh satu tahap meraih impianku dengan menyelesaikan skripsi ini. Atas usaha dan pengorbanan kalian aku sanggup bertahan dalam kesulitan. Atas ridhomu aku mampu mencapai masa depan itu. Terima kasih atas segala yang telah kalian korbankan untukku.”

“Sang pelita ilmu, Guru-guru dan Dosen-dosenku, Fadli R, M.Si, Erna Hastuti, Imam Tazi, M.Si, Farid Samsu H, M.Si, Umaigatus Syarifah, M.A dan seluruh dosen-dosen Fisika UIN Malang yang lain. Jasa dan ilmu yang telah kalian berikan telah memberikan sumbangsih besar dalam pengusunan karya tulis ini. Terima kasih telah memberiku ilmu dan semoga ilmu ini menjadi amalan yang kelak menemani disurga”

“Silfia, Muthiah, Nurul Indah, Teguh, Naufal, Ali, teman-teman material dan teman-temanku di Fisika UIN Malang, teman-teman ma'had kamar 36, serta segenap kos sholchah lantai 2 terima kasih atas masukkan dan saran kalian. Karya tulis ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan dan dukungan kalian juga.”

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillahirobbil'alamiin, puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta kasih sayang-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“Sintesis Grafit Terlapisi Karbon (Citric Acid) Dengan Variasi Komposisi Sebagai Bahan Anoda Pada Baterai Ion Lithium”**. Tidak lupa pula untaian sholawat dan salam penulis panjatkan kepada Rosulullah Muhammad SAW, Nabi yang telah menuntun manusia dari zaman yang biadab menuju jaman yang beradab, yang penuh dengan ilmu pengetahuan luar biasa saat ini.

Dengan ini penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini tidak lupa juga penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam kegiatan penelitian maupun dalam penyusunan penulisan skripsi ini.

Ucapan terima kasih yang sebesar-sebesarnya penulis ucapkan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang selalu memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M.Si selaku ketua jurusan Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Serta selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Fadli Rohman, M.Si selaku Pembimbing dari PPF-LIPI yang memberikan banyak kesabaran, waktu dan ilmu dalam membimbing penelitian dan penulis agar skripsi ini tersusun dengan baik dan benar.
5. Umaiyatus Syarifah, M.A selaku dosen pembimbing agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi Sains dan al-Quran serta Hadits.

6. Segenap Dosen, Laboran, dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan dan pengarahan.
7. Para Peneliti dan karyawan PPF-LIPI terutama dalam Laboratorium Baterai Lithium Indonesia yang telah membantu dalam penelitian serta masukan-masukan yang diberikan
8. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan motivasi dalam penulisan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis sangat menyadari masih ada banyak kekurangan dan kekeliruan dikarenakan keterbatasan kemampuan. Dengan kerendahan hati, segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat menambah khasanah pustaka dan bermanfaat bagi orang lain.

Malang, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GRAFIK	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
1.6 Sistematika Penulisan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Baterai	9
2.1.1 Komponen Baterai	10
2.1.2 Jenis-jenis Baterai.....	10
2.2 Sel Volta.....	12
2.3 Baterai Ion Lithium	15
2.3.1 Komponen Baterai Lithium	17
2.3.2 Cara Kerja Baterai Lithium	20
2.4 Bahan Anoda Untuk Baterai Lithium	23
2.5 Karbon Amorfi Sebagai Pelapis.....	27
2.6 Komponen Tambahan Penyusun Anoda Baterai	28
2.6.1 Binder PVDF	29
2.6.2 Zat Aditif <i>Acetylen Black</i>	30
2.6.3 Pelarut DMAC.....	31
2.6.4 <i>Copper Foil</i> (Cu-foil).....	32
2.6.5 <i>Ethanol</i>	33
2.7 XRD (Difraksi Sinar-X).....	34
2.8 SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>)	37
2.9 CV (<i>Cyclic Voltammerty</i>).....	38
2.10 CD (<i>Charghe-Discharge</i>)	40
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	42
3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian.....	42
3.2.1 Peralatan Penelitian	42

3.2.2 Bahan	43
3.3 Prosedur Penelitian.....	44
3.3.1 Sintesis Bahan.....	44
3.3.2 Karakterisasi Material.....	45
3.3.3 Pembuatan <i>Slurry</i>	46
3.3.4 Pembuatan Lembaran	46
3.3.5 <i>Calendering</i> dan <i>Cutting</i> Lembaran Anoda Grafit	47
3.3.6 <i>Battery Assembly</i>	47
3.3.7 Karakterisasi Elektrokimia	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Penelitian	50
4.1.1 Pembuatan Anoda.....	50
4.1.2 Karakterisasi Grafit menggunakan XRD (<i>X-ray Diffraction</i>)	51
4.1.3 karakterisasi Struktur Mikro menggunakan SEM (<i>scanning Electron Microscopy</i>)	55
4.1.4 pembuatan Baterai Ion Lithium	58
4.1.5 Analisis Reaksi Redoks menggunakan CV (<i>Cyclic Voltammerty</i>).....	59
4.1.6 Analisa <i>Capacity Battery</i> dengan CD (<i>Charghe-Discharge</i>)	62
4.2 Pembahasan.....	67
BAB V	
5.1 Kesimpulan	74
5.2 Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi anoda.....	10
Gambar 2.2	Sel Galvani	13
Gambar 2.3	Konsep kerja baterai lithium	15
Gambar 2.4	Bagian-bagian pada baterai lithium	16
Gambar 2.5	Proses charge discharge pada baterai ion lithium dengan anoda grafit dan katoda lithium kobalt.....	22
Gambar 2.6	Tiga buah sel elektrokimia yang berfungsi sebagai penyimpan dan konversi energi listrik,(a) sel baterai, (b) supercapasitor, dan (c) sistem <i>fuel cell</i>	23
Gambar 2.7	(a) struktur grephene berupa lapisan dengan ketebalan 1 atom C (b)struktur grafit yang terdiri dari lapisan grephene	26
Gambar 2.8	Struktur asam sitrat	28
Gambar 2.9	(a) Struktur PVDF (b) ilustrasi binder PVDF dengan material aktif.....	30
Gambar 2.10	<i>Copper foil</i> (Cu-foil)	33
Gambar 2.11	Difraksi Sinar-X	36
Gambar 2.12	Sinyal eksitasi untuk voltametri siklik.....	38
Gambar 2.13	Voltamogram siklik reaksi reduksi oksidasi secara Reversible	39
Gambar 3.1	Sintesis bahan	45
Gambar 3.2	Pembuatan <i>Slurry</i>	46
Gambar 3.3	Lembaran anoda yang telah dikeringkan.....	47
Gambar 3.4	Desain lembaran anoda.....	47
Gambar 3.5	Desain baterai ion lithium.....	48
Gambar 3.6	Diagram Alir Penelitian.....	49
Gambar 4.1	Stuktur Kristal Sampel.....	54
Gambar 4.2	Hasil SEM (a) grafit murni, (b) grafit dilapisi <i>citric acid</i> dengan komposisi 1:0,5 (c) grafit dilapisi <i>citric acid</i> dengan komposisi 1:1 (d) grafit dilapisi <i>citric acid</i> dengan komposisi 1:3.....	55
Gambar 4.3	Hasil SEM grafit terlapisi <i>citric acid</i> dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3 (a) <i>mix</i> (b) sebaran unsur C (c) sebaran unsur O...	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Beberapa material yang digunakan untuk anoda	17
Tabel 2.2	Beberapa jenis material yang digunakan untuk katoda.....	18
Tabel 2.3	Perbandingan elektrolit cair dan elektrolit padat	19
Tabel 2.4	Sifat Fisik Asam Sitrat	28
Tabel 2.5	Sifat Umum <i>Polyvinylidene Fluoride</i> (PVDF)	30
Tabel 2.6	Sifat Fisik dan Kimia <i>Acetylene Black</i> (AB).....	31
Tabel 2.7	Sifat Fisik dan Kimia DMAC	31
Tabel 2.8	Komposisi / informasi bahan penyusunnya <i>Cu foil</i>	32
Tabel 2.9	Sifat-sifat fisika etanol	33
Tabel 4.1	Pergeseran nilai 2θ pada sampel grafit murni dan grafit terlapisi <i>citric acid</i> dengan komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3.....	53
Tabel 4.2	Ukuran kristal dan kristalinitas sampel grafit dan variasi komposisi grafit dengan <i>citric acid</i>	53
Tabel 4.3	Parameter kisi sampel dan stuktur kristal sampel grafit murni dan variasi komposisi grafit dengan <i>citric acid</i>	54
Tabel 4.4	Rata-rata ukuran butir sampel grafit murni dan variasi komposisi grafit dengan <i>citric acid</i>	56
Tabel 4.5	Sebaran unsur C dan O pada sampel grafit murni dan grafit dilapisi <i>citric acid</i> dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3	56
Tabel 4.6	Hasil uji <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) cycle ke 2.....	60
Tabel 4.7	Hasil uji <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) cycle ke 3.....	61
Tabel 4.8	Hasil Analisa <i>capacity battery</i> dengan <i>charge-discharge</i> pada sampel grafit murni dan grafit dilapisi <i>citric acid</i>	66
Tabel 4.7	Hasil perhitungan <i>columbic efficiency</i> sampel grafit murni dan grafit dilapisi <i>citric acid</i>	66

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Hasil uji karakterisasi XRD grafit murni dan grafit terlapisi <i>citric acid</i> dengan komposisi 1:0.5, 1:1, 1:3	51
Grafik 4.2 Pola pergeseran nilai 2θ pada indeks miller 002 sampel grafit murni dan grafit dilapisi <i>citric acid</i> dengan komposisi 1:0.5, 1:1, 1:3.....	52
Grafik 4.3 Hasil uji <i>cyclic voltammetry</i> pada cycle ke 2 sampel grafit murni dan grafit dilapisi <i>citric acid</i> dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3...	60
Grafik 4.4 Hasil uji <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) cycle ke 3 sampel grafit murni dan grafit dilapisi <i>citric acid</i> dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3...	61
Grafik 4.5 Hubungan arus dengan kapasitas <i>charge</i> pada sampel grafit murni dan grafit dilapisi <i>citric acid</i> dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3...	62
Grafik 4.6 Hubungan arus dengan kapasitas <i>discharge</i> pada sampel grafit murni dan grafit dilapisi <i>citric acid</i> dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3	63
Grafik 4.7 Hubungan waktu <i>charge</i> dengan kapasitas <i>charge</i> pada sampel grafit murni dan grafit dilapisi <i>citric acid</i> dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3	64
Grafik 4.8 Hubungan waktu <i>discharge</i> dengan kapasitas <i>discharge</i> pada sampel grafit murni dan grafit dilapisi <i>citric acid</i> dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3	65
Grafik 4.9 Hubungan arus dengan efisiensi <i>columbic</i> sampel grafit murni dan grafit dilapisi <i>citric acid</i> dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3...	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lampiran Gambar
Lampiran 2 Perhitungan
Lampiran 3 Data JCPDS
Lampiran 4 Bukti Konsultasi Skripsi



ABSTRAK

Azizah, Umi. 2016. **Sintesis Grafit Terlapisi Karbon (*Citric Acid*) dengan Variasi Komposisi sebagai Bahan Anoda pada Baterai Ion lithium**. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
Pembimbing: (I) Erna Hastuti, M.Si (II) Umaiyyatus Syarifah, M.A

Kata Kunci: Baterai Ion Lithium, Grafit, *Citric acid*, Pelapisan, Anoda

Salah satu sistem penyimpan energi terbarukan yang banyak digunakan adalah baterai ion lithium. Pada baterai ion lithium terdapat 4 bagian utama yaitu anoda, separator, elektrolit, dan katoda. Penelitian sintesis grafit dilapisi *citric acid* sebagai bahan anoda bertujuan untuk meningkatkan performa baterai ion lithium. Metode pelapisan dilakukan dengan mencampurkan grafit dan *citric acid* dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3. Proses pelapisan diawali dengan pencampuran grafit dan *citric acid* dengan ethanol sebagai pelarut selama 6 jam kemudian pemanasan di oven pada suhu 80 °C selama 3 hari, pengeringan bertahap di *furnace* pada suhu 350 °C selama 5 jam dan *sintering* pada suhu 600 °C selama 6 jam. Identifikasi fasa yang terbentuk dilakukan dengan XRD, struktur mikro dengan SEM/EDX, reaksi reduksi-oksidasi dengan *cyclic voltammetry* dan kapasitas baterai dengan *charge-discharge*. Dari penelitian ini didapatkan hasil XRD bahwa semua sampel memiliki fasa *carbon* (C) dengan struktur *hexagonal* dan tidak mengalami pergeseran puncak akibat proses pelapisan karbon. Hasil SEM menunjukkan bahwa partikel karbon terdistribusi merata, dengan bentuk partikel bulat (*sphere*). Berdasarkan hasil CV telah menunjukkan adanya reaksi reduksi-oksidasi yang terbentuk dan berdasarkan hasil CD menunjukkan bahwa kapasitas sangat bergantung pada pengaruh karbon, besar ukuran partikel, dan adanya aglomerasi namun pelapisan menyebabkan permukaan grafit tertutupi pada proses interkalasi lithium sehingga kapasitas selalu menurun.

ABSTRACT

Azizah, Umi. 2016. **Synthesis of Carbon Coated Graphite (*Citric Acid*) with Composition Variation as Anode Materials in Lithium Ion Batteries.**

Physics Department, Science and Technology Faculty, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim, Malang.

Advisor: (I) Erna Hastuti, M.Si (II) Umaiatus Syarifah, M.A

Keywords: Lithium Ion Batteries, Graphite, *Citric acid*, Coatings, Anode

One of the renewable energy storage systems which widely used is lithium ion batteries. In the lithium ion batteries, there are four main parts: anode, separator, electrolyte and cathode. Research of synthesis of carbon coated graphite *citric acid* as an anode aims to improve the performance of lithium ion batteries. Method of coating done by mixing graphite and *citric acid* with variations of composition that are 1:0.5, 1:1, 1:3. Process of coating started by mixing graphite and *citric acid* with ethanol as a solvent for 6 hours then heating at oven 80°C for 3 days, drying stages in furnace at a temperature of 350°C for 5 hours, and sintering 600°C for 4 hours. Identification of phase formed is drawn by XRD, microstructure with SEM/EDX, oxidation-reduction reactions with *cyclic voltammetry* and capacity of the battery with *charge-discharge*. From this research, it's obtained the results of XRD that all of samples have a phase of *carbon* (C) with a hexagonal structure and is not diverted peak due to the process of coating of carbon. The SEM results shows that carbon particles distributed evenly, with the form of particles round (*sphere*). Based on the CV has demonstrated the existence of formed oxidation-reduction reactions and based on the result of CD shows that the capacity is very dependent on the influence of carbon, particle size, and their agglomeration. But coating causing the surface graphite covered at process intercalation lithium so capacity is always reducing.

الملخص

عزيزة ،أمي. 2016. تركيب غرافيت التي تطبق بـكربون (*Citric acid*) بتنوع مزيج كمادة الأنود في بطارية ايون ليثيوم ، البحث الجامعي. قسم الفيزياء كلية العلوم و التكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج.
المشرفون : (١) إيرنا هستوني الماحستيرة، و(٢) أمية الشريفة الماحستيرة.

الكلمات الرئيسية : بطارية ليثيوم ايون، غرافيت، حامض الستريك (*Citric acid*)، الطلاء، الأنود

احدى من نظام الإستيداع طاقة متأخر الذى أكثر استخداما هي بطارية ليثيوم ايون. تضم بطارية ليثيوم ايون أربعة أقسام. احدى منها الأنود. الهدف من البحث صناعية غرافيت التي تطبق بـكربون حامض الستريك (*Citric acid*) هو لترقية أداء بطارية ليثيوم ايون. الطريقة إمتزاج الغرافيت و حامض الستريك (*Citric acid*) ويتم طريقة طلاء بتنوع مزيج 1:0,5 ، 1:1 ، 1:3 تبدأ عملية الطلاء بالتطبيق مادة الأنود غرافيت و ايتانول كمذيب فيعمل بختلاط قدرسته ساعات ثم يتسخن في فرن بدرجة الحرارة °C 80 ثلاث أيام تقريبا. التحفيف تدريجيا في *furnace* في فرن مع حرارة °C 350 قدر خمسة أيام. ثم عمالية الكربونات بصناعية °C 600 قدر ستة ساعات. تعيين الهويّة *fasa* التي المشكل بعمل XRD، بناء جزئي SEM/EDX تفاعل التخفيض - الأكسيد ب *cyclic voltammetry* و قدرة البطارية *charge-discharge*. يجد من هذه البحث هو XRD إن كل من العينات لها كربون (C) ببناء *hexagonal*. وليس تحويل الذروة بسبب عملية طلاء الكربون . وأظهرت النتائج SEM أن جزيئات الكربون وزعت بالتساوي، مع شكل جسيمات كروية (*sphere*). وبناء على نتائج السيرة الذاتية أظهرت ردود فعل الأكسدة والاختزال الخاصة التي تشكل وبناء على CD يدل على أن القدرة هي تعتمد اعتمادا كبيرا على تأثير الكربون، وحجم الجسيمات، والتكتل ولكن الطلاء يسبب السطح من الجرافيت غطت على عملية إقحام الليثيوم بحيث القدرة هي انحدار دائما.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dominasi baterai lithium terus berkembang sebagai *secondary batteries* yang paling banyak diaplikasikan dalam berbagai *device electronic portable* ataupun mobil listrik HEV (*hybrid electronic vehicle*) yang dapat mengurangi emisi karbon dioksida dan zat berbahaya lainnya. Baterai lithium memiliki kelebihan yaitu salah satu alat penyimpan energi paling canggih dan populer. Baterai lithium mempunyai kapasitas yang besar, tahan lama, ringan, dan tidak merusak lingkungan. Selain itu, baterai lithium dapat didesain sesuai ukuran yang diperlukan (fleksibel dalam ukuran yang diperlukan). Namun, baterai lithium sekunder memiliki masalah yaitu karakteristik yang tidak aman seperti pembakaran dan ledakan karena dendrit yang terbentuk pada permukaan logam lithium selama siklus *charge-discharge*. Untuk mengatasi masalah tersebut berbagai penelitian mengenai material baterai ion lithium seperti elektrolit, katoda (elektroda positif), anoda (elektroda negatif), binder serta teknik produksi baterai terus dilakukan secara intensif. Termasuk salah satu komponen yang ada di dalam baterai lithium yaitu elektroda negatif, atau biasa disebut dengan anoda sebagai senyawa interkalasi yang perlu digunakan untuk baterai ion lithium sekunder.

Perintah untuk mengkaji terkait energi dan bahan penyimpan energi sudah disinggung dalam firman Allah SWT yang terdapat pada surat Yasin (36): 80.

الَّذِي جَعَلَ لَكُم مِّنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ نَارًا فَإِذَا أَنتُم مِّنْهُ تُوقِدُونَ ﴿٨٠﴾

“Yaitu Tuhan yang menjadikan untukmu api dari kayu yang hijau, Maka tiba-tiba kamu nyalakan (api) dari kayu itu”(Q.S. Yaasiin(36): 80).

Dalam ayat di atas terdapat kata (مِّنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ نَارًا) yakni menjadikan api dari kayu yang hijau. Jika kering, lalu digosok-gosokan antara satu dengan yang lain, akan menyalakan api (Bakar, 2008: 197). Maksud dari “api” dapat diartikan sebagai sumber energi, dan “kayu” merupakan tumbuhan yang terdapat di alam. Tumbuhan seiring lamanya waktu, kedalaman lapisan bumi, serta meningkatnya tekanan dan suhu membentuk batu bara yang kemudian berubah menjadi grafit yang dapat digunakan sebagai bahan penyimpan energi.

Bahan alternatif yang dapat menggantikan logam lithium sebagai anoda adalah bahan karbon (*graphite, hard carbon, soft carbon*), karena bahan tersebut tersedia banyak di alam terutama di Indonesia. Bahan karbon yang telah diteliti memiliki kapasitas *reversible* yang tinggi, efisiensi *cyclic* yang tinggi, potensial elektrokimia yang rendah dan *long cycling life*.

Material LiC_6 adalah karbon/grafit dimana di setiap layer/lapisan disisipkan logam litium. Kepadatan energinya dari material ini berkisar 339~372 A h/kg. Di dalam baterai akan terjadi reaksi reduksi dan oksidasi pada elektrodanya. Ketebalan elektroda (muatan material aktif) dikenal sebagai parameter desain penting yang mempengaruhi kinerja elektrokimia sel. Katoda adalah elektroda positif. Pada saat *discharging* katoda akan mengalami reaksi reduksi dan ion lithium akan bergerak kekatoda di dalam sistem baterai. Anoda

adalah elektroda negatif. Pada saat *discharging* anoda akan mengalami reaksi oksidasi dan ion lithium bergerak meninggalkan anoda. Sedangkan elektrolit adalah perantara bagi ion lithium untuk bergerak dari anoda ke katoda dan sebaliknya. Separator adalah pemisah antara anoda dan katoda agar tidak terjadi *short contact* (Kartika, 2015).

Grafrit adalah satu inti karbon yang merupakan konduktor listrik yang bisa digunakan sebagai material elektroda pada sebuah lampu listrik. Grafrit terbentuk ketika karbon terkena kondisi tekanan normal. Hal ini disebabkan grafrit merupakan alotrop paling stabil dalam kondisi normal. Karbon grafrit ditemukan memiliki dimensi yang stabil untuk proses interkalasi dan deinterkalasi pada atom lithium (Kartika, 2015). Grafrit memiliki karakteristik lunak, ringan, dan mampu menghantarkan listrik. Bahan grafrit mempunyai keistimewaan sifat mekanis seperti logam, ringan dan mempunyai sifat yang baik serta dari segi ekonomi bahan dasar grafrit buatan tersedia melimpah dan murah. Grafrit telah digunakan sebagai standar material anoda untuk baterai Li-ion. Oleh karena itu, grafrit menjadi bahan anoda pilihan untuk baterai lithium. Akan tetapi grafrit memiliki kelemahan, kepadatan energi yang tidak efisien dan tingkat performa grafrit yang juga tidak efisien membatasi penggunaannya untuk aplikasi penyimpanan energi. Banyak peneliti melaporkan bahwa grafrit sebagai anoda dapat mencapai tingkat kinerja yang tinggi melalui modifikasi permukaan. Pertemuan elektroda-elektrolit dapat dikontrol dengan mengubah grafrit dengan menambahkan *ion metal oxide* dan karbon komposit (Yu-Jin, 2015).

Digunakan *citric acid* ($C_6H_8O_7$) sebagai pelapis bahan grafit pada pembuatan anoda dikarenakan *citric acid* merupakan salah satu bahan baku unggulan untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan lithium yang baik. *Citric acid* adalah karbon amorf yang merupakan alotrop berwujud non-kristal dan memiliki sifat yang rapuh serta struktur molekul kristal kecil yang mirip dengan grafit dan berlian. Karbon amorf sering dianggap sebagai bentuk varian dari grafit. Karbon amorf yang diaktifkan biasanya digunakan sebagai adsorben (penyerap).

Larutan asam bila dihubungkan dengan elektroda tembaga (Cu) / karbon baterai (C) dan seng (Zn) dapat menghantarkan elektron dan menghasilkan arus listrik. Dari sinilah didapatkan sebuah ide untuk memanfaatkan asam sitrat sebagai salah satu komponen baterai yaitu sebagai bahan pelapis grafit untuk meningkatkan performa pada baterai ion lithium.

Berdasarkan penelitian oleh Fadli Rohman dkk. (2015) menunjukkan bahwa $LiFe_{0.7}Mn_{0.2}Ni_{0.1}PO_4$ dilapisi asam sitrat sebagai sumber karbon pada katoda baterai lithium memiliki kinerja yang lebih baik dari pada $LiFe_{0.7}Mn_{0.2}Ni_{0.1}PO_4$ tanpa dilapisi yang ditunjukkan dari hasil pengujian *cyclic voltammetry*, *charge discharge capacity*, *C-rate* and *life cycle*. Pada sintesis bahan dilakukan pada suhu $550\text{ }^{\circ}C$ selama 4 jam untuk proses pembakaran kemudian sintering pada suhu $800\text{ }^{\circ}C$ selama 6 jam. Penelitian selanjutnya ketika Li_3VO_4 terlapisi karbon yang disintesis melalui metode sol gel asam sitrat dengan perbandingan asam sitrat dengan vanadium (1:1) dilakukan proses pembakaran pada suhu $350\text{ }^{\circ}C$ selama 4 jam dan proses sintering dengan variasi $550\text{ }^{\circ}C$, $600\text{ }^{\circ}C$, $650\text{ }^{\circ}C$ dan $700\text{ }^{\circ}C$ dan dihasilkan pada sintering $650\text{ }^{\circ}C$ adalah yang paling

cocok untuk Li_3VO_4 dilapisi asam sitrat dengan perbandingan 1:1 (Zhiyong Liang dkk., 2014). Metode asam sitrat sol-gel dari penelitian Jin Wang dkk. (2011) menghasilkan teknik menjanjikan untuk mempersiapkan $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}/\text{C}$ komposit dengan kinerja elektrokimia yang sangat baik. Dengan perbandingan titanium dengan asam sitrat yaitu 1:12, 1:6 dan 1:4. Pembakaran dilakukan pada suhu 100 °C selama 10 jam dan sintering pada suhu 800 °C selama 15 jam. Namun dari beberapa penelitian tersebut memiliki kelemahan yaitu kapasitas *charge-discharge* rendah. Maka pada penelitian ini dibuat anoda dengan sumber karbon dari grafit yang dilapisi karbon amorf (*citric acid*) dengan harapan dapat meningkatkan performa penyimpanan lithium yang lebih baik.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi grafit dan *citric acid* terhadap struktur mikro grafit?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi grafit dan *citric acid* terhadap kualitas pelapisan grafit?
3. Bagaimana pengaruh respon karakteristik elektrokimia pada pelapisan bahan grafit oleh *citric acid*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi grafit dan *citric acid* terhadap struktur mikro grafit.

2. Untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi grafit dan *citric acid* terhadap kualitas pelapisan grafit.
3. Untuk mengetahui pengaruh respon karakteristik elektrokimia pada pelapisan bahan grafit oleh *citric acid*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah:

1. Diharapkan mampu memberikan informasi bagi masyarakat mengenai perkembangan baterai ion lithium yang lebih baik dan aman digunakan.
2. Dapat meningkatkan kualitas kapasitas penyimpanan lithium yang lebih baik.
3. Sebagai informasi tentang proses pembuatan baterai ion lithium, komposisi material karbon amorf sebagai pelapis bahan grafit dan suhu sintering yang cocok pada anoda untuk meningkatkan performa baterai ion lithium.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Pembuatan anoda dengan pelapisan karbon amorf (*citric acid*) pada karbon kristal grafit untuk meningkatkan performa baterai ion lithium.
2. Pembuatan lembaran anoda menggunakan bahan baku sebagai berikut: material aktif dari bahan grafit yang dilapisi *citric acid* (grafit komersial dari Linyi Gelon), pelarut DMAC, binder *Polyvinylidene Flouride* (PVDF), dan zat aditif *Acetylene Black* (AB).

3. Variasi komposisi sumber karbon yaitu 1:0,5, 1:1 dan 1:3 dan suhu sintering tetap 800 °C.
4. Komposisi pembuatan *slurry* dengan menggunakan perbandingan material aktif, binder dan zat aditif berturut-turut sebagai berikut 85% :10% : 5% dan DMAcnya 12 ml.
5. Pembuatan baterai ion lithium dengan lembaran anoda grafit dilapisi *citric acid* dan *Lithium metal* sebagai katoda, LiPF_6 sebagai elektrolit dan *polyethylene Polypropylene* (PE/PP) sebagai separator.
6. Pengujian karakterisasi material dilakukan dengan alat XRD (*X-Ray Diffraction*) dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Sedangkan pengujian performa baterai dilakukan dengan alat CV (*Cyclic Voltammetry*) dan CD (*Charge-Discharge*) meliputi kapasitas tertentu dan efisiensi *columbic*.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam menulis penelitian skripsi ini penulis menggunakan sistematika penulisan yang terdiri dari 5 bab, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan akan dipaparkan latar belakang yang digunakan penulis untuk melakukan penelitian, masalah yang ingin dibahas dan tujuan yang ingin dicapai serta manfaatnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka akan disebutkan beberapa teori yang terkait dan dapat digunakan dasar untuk penelitian yang dilakukan, baik bersumber dari buku maupun media pembelajaran yang lain.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi akan dijelaskan tentang bagaimana cara penulis melakukan penelitian, meliputi: waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, prosedur kerja serta teknik pengambilan dan analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Pada bab hasil dan pembahasan membahas tentang data hasil penelitian dan analisa data yang diperoleh dari penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab kesimpulan dan saran menyajikan kesimpulan dari seluruh kegiatan dan hasil dari penelitian dan berisi saran-saran yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang detail dari referensi (tujuan pustaka).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baterai

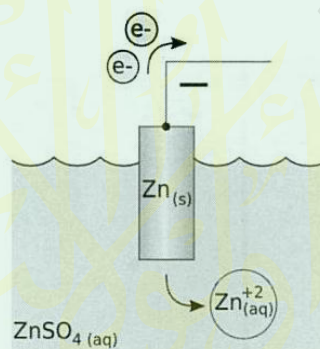
Baterai adalah suatu sel elektrokimia yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai merupakan sekumpulan sel-sel kimia yang masing-masing berisi dua elektroda logam yang dicelupkan dalam larutan penghantar yang disebut elektrolit. Akibat reaksi-reaksi kimia antara konduktor-konduktor dan elektrolit satu elektroda anoda bermuatan positif dan lainnya, katoda, menjadi bermuatan negatif. Baterai memiliki fungsi sebagai media penyimpan dan penyedia energi listrik. Sumber listrik yang digunakan sebagai pembangkit power dalam bentuk arus searah (DC). Alat ini digunakan pada alat elektronika, misalnya radio.

Baterai mempunyai sejarah yang panjang. Bangsa Persia yang menguasai Baghdad (250 SM) dipercaya telah menggunakan alat dengan konsep yang sama dengan baterai untuk menyepuh logam. Bangsa Mesir (2300 SM) menggunakannya untuk menyepuh antimoni pada tembaga. Namun, baterai yang kita kenal sekarang mempunyai akar dengan baterai yang dibuat pada awal abad ke-19. Alessandro Volta menciptakan 'baterai pertama' yang dikenal dengan Tumpukan Volta (*Voltaic Pile*). Baterai ini terdiri dari tumpukan cakram seng dan tembaga berselang seling dengan kain basah yang telah dicelup air garam sebagai pembatasnya. Baterai ini telah mampu menghasilkan arus yang kontinu dan stabil (Buchmann, 2001).

2.1.1 Komponen-Komponen Baterai

Baterai memiliki berbagai komponen penting yang membentuk suatu reaksi kimia sehingga menghasilkan aliran listrik. Komponen-komponen ini harus ada dan lengkap untuk bisa menghasilkan reaksi kimia dengan output aliran listrik. Berikut ini adalah komponen-komponen yang harus terdapat pada sebuah baterai (Jubilee, 2010):

1. Batang karbon sebagai anoda. Fungsi komponen ini adalah sebagai kutub positif pada sebuah baterai.



Gambar 2.1 Ilustrasi anoda (Jubilee, 2010)

2. Seng sebagai katoda. Fungsi komponen ini adalah sebagai kutub negatif pada sebuah baterai
3. Pasta sebagai elektrolit. Pasta merupakan salah satu komponen yang memiliki fungsi sebagai penghantar arus listrik yang dihasilkan oleh baterai.

2.1.2 Jenis-jenis Baterai

Setiap baterai terdiri dari terminal positif (katoda) dan terminal negatif (anoda) serta elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar. Output arus listrik dari baterai adalah arus searah atau disebut juga dengan arus DC (*Direct Current*).

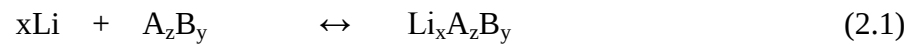
Pada umumnya, baterai terdiri dari 2 jenis utama yakni baterai primer yang hanya dapat sekali pakai (*single use battery*) dan baterai sekunder yang dapat diisi ulang (*rechargeable battery*).

1. Baterai Primer (Baterai Sekali Pakai / *Single Use*)

Baterai Primer atau baterai sekali pakai ini merupakan baterai yang paling sering ditemukan di pasaran, hampir semua toko dan supermarket menjualnya. Hal ini dikarenakan penggunaannya yang luas dengan harga yang lebih terjangkau. Baterai jenis ini pada umumnya memberikan tegangan 1,5 Volt dan terdiri dari berbagai jenis ukuran seperti AAA (sangat kecil), AA (kecil) dan C (medium) dan D (besar). Disamping itu, terdapat juga Baterai Primer (sekali pakai) yang berbentuk kotak dengan tegangan 6 Volt ataupun 9 Volt.

2. Baterai Sekunder (Baterai Isi Ulang / *Rechargeable*)

Baterai sekunder adalah jenis baterai yang dapat diisi ulang atau *rechargeable battery*. Pada prinsipnya, cara baterai sekunder menghasilkan arus listrik adalah sama dengan baterai primer. Hanya saja, reaksi kimia pada baterai sekunder ini dapat berbalik (*reversible*). Sehingga material penyusun sel dipilih dari material yang memiliki struktur kristal dengan kemampuan 'insertion compound', yaitu material keramik yang mampu menerima dan melepaskan x koefisien ion lithium per mol A_zB_y tanpa mengalami perubahan besar atau kerusakan dalam struktur kristalnya. Persamaan dasar dari reaksi kimia yang terjadi dalam sel sekunder ditunjukkan pada persamaan (2.1) berikut ini (Linden, 1994):



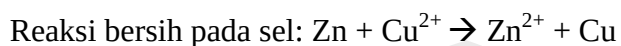
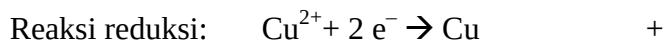
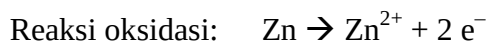
Pada saat baterai digunakan dengan menghubungkan beban pada terminal baterai (*discharge*), elektron akan mengalir dari negatif ke positif. Sedangkan pada saat sumber energi luar (*charger*) dihubungkan ke baterai sekunder, elektron akan mengalir dari positif ke negatif sehingga terjadi pengisian muatan pada baterai. Jenis-jenis baterai yang dapat diisi ulang (*rechargeable battery*) yang sering kita temukan antara lain seperti baterai Ni-Cd (*nickel-cadmium*), Ni-MH (*nickel-metal hydride*) dan Li-ion (*lithium-ion*).

2.2 Sel Volta

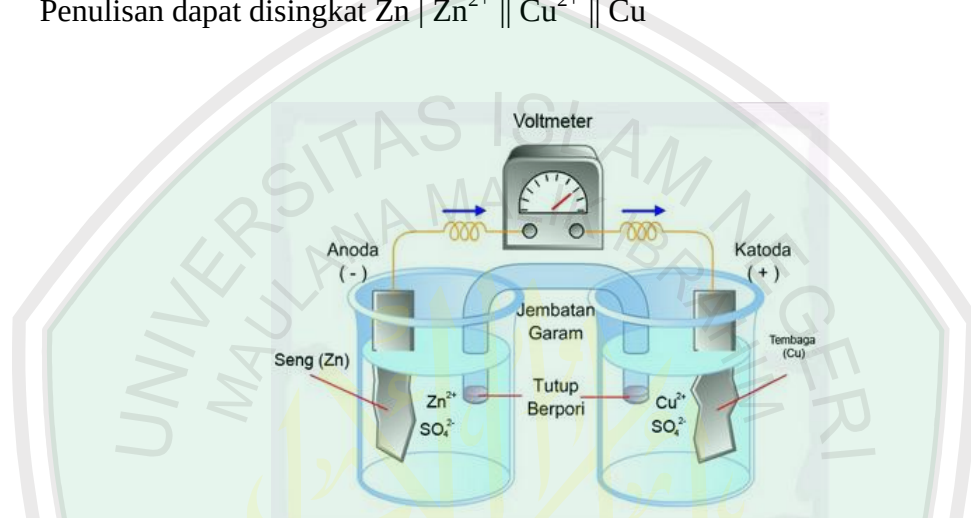
Luigi Galvani (1780) dan Alessandro Volta (1800) telah menemukan terbentuknya arus listrik dari reaksi kimia. Reaksi kimia yang terjadi merupakan reaksi redoks (reduksi dan oksidasi) dan alat ini disebut sel volta (Anonymous, 2011).

Proses dalam sel volta yaitu logam tembaga dicelupkan dalam larutan CuSO_4 (1 M) dan logam seng dicelupkan dalam larutan ZnSO_4 (1 M). Kedua larutan dihubungkan dengan jembatan garam. Jembatan garam merupakan tabung U yang diisi agar-agar dan garam KCl. Sedangkan kedua elektroda (logam Cu dan logam Zn) dihubungkan dengan alat penunjuk arus yaitu voltmeter. Logam Zn akan melepaskan elektron dan berubah membentuk ion Zn^{2+} dan bergabung dalam larutan ZnSO_4 . Elektron mengalir dari elektroda Zn ke elektroda Cu. Ion Cu^{2+} dalam larutan CuSO_4 menerima elektron dan ion tersebut berubah membentuk endapan logam Cu (Anonymous, 2011).

Reaksinya dapat digambarkan:



Penulisan dapat disingkat $\text{Zn} \mid \text{Zn}^{2+} \parallel \text{Cu}^{2+} \parallel \text{Cu}$



Gambar 2.2 Sel Galvani (Anonymous, 2013).

Elektroda pada sel volta ada dua yaitu katoda dan anoda. Katoda adalah elektroda di mana terjadi reaksi reduksi, berarti logam Cu dan dalam sel volta disebut sebagai elektroda positif. Anoda adalah elektroda dimana terjadi reaksi oksidasi, berarti logam Zn dan dalam sel volta disebut sebagai elektroda negatif.

Fungsi jembatan garam yaitu dalam larutan ZnSO_4 terjadi kenaikan jumlah ion Zn^{2+} dan dalam larutan CuSO_4 terjadi penurunan jumlah ion Cu^{2+} . Sedangkan banyaknya kation (Zn^{2+} atau Cu^{2+}) harus setara dengan anion. Untuk menyetarakan kation dan anion, maka ke dalam larutan ZnSO_4 masuk anion Cl^- dari jembatan garam sesuai bertambahnya ion Zn^{2+} . Pada larutan CuSO_4 terjadi kekurangan Cu^{2+} atau dapat disebut terjadi kelebihan ion, maka ion masuk ke

jembatan garam menggantikan Cl^- yang masuk ke larutan ZnSO_4 . Jadi, fungsi jembatan garam adalah menyetarakan kation dan anion dalam larutan.

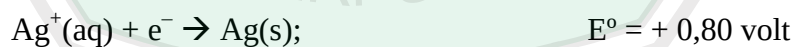
Potensial Elektroda ketika banyaknya arus listrik yang dihasilkan dari kedua elektroda di atas dapat ditentukan besarnya dengan menetapkan potensial elektroda dari Zn dan Cu. Hanya saja potensial elektroda suatu zat tidak mungkin berdiri sendiri, harus ada patokan yang menjadi standar. Sebagai elektroda standar digunakan elektroda hidrogen. Elektroda ini terdiri atas gas hidrogen murni dengan tekanan 1 atm pada suhu 25°C yang dialirkan melalui sepotong platina yang tercelup dalam suatu larutan yang mengandung ion H^+ sebesar 1 mol/liter.

Potensial elektroda hidrogen standar diberi harga = 0 volt ($E^\circ = 0$ volt).

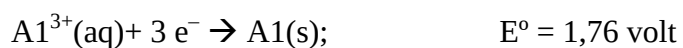
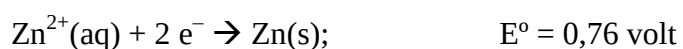
Reaksi:



Menurut perjanjian internasional, jika ada suatu zat ternyata lebih mudah melakukan reduksi dibanding hidrogen, maka harga potensial elektrodanya adalah positif. Potensial reduksinya positif.



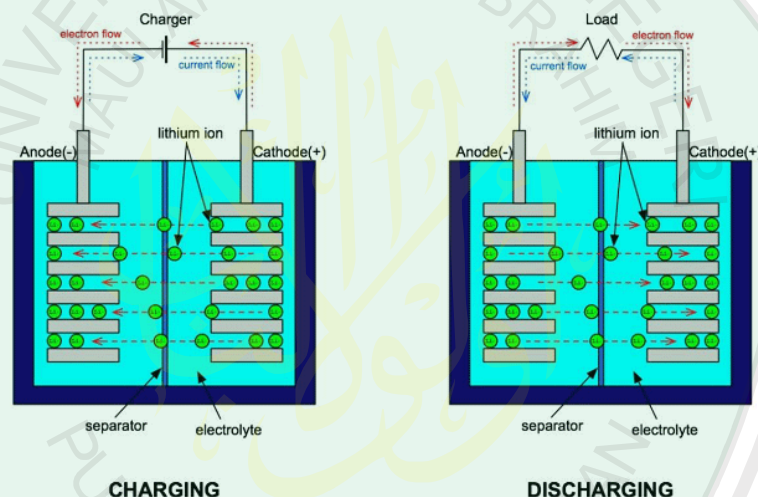
Akan tetapi, jika zat ternyata lebih mudah melakukan reaksi oksidasi dibanding hidrogen, maka harga potensial elektrodanya adalah negatif. Dalam hal ini potensial oksidasinya positif, potensial elektroda harus ditulis reduksi berarti potensial reduksinya adalah negatif.



Jadi, potensial elektroda digambarkan dengan reaksi reduksi (Anonymous, 2011).

2.3 Baterai Ion Lithium

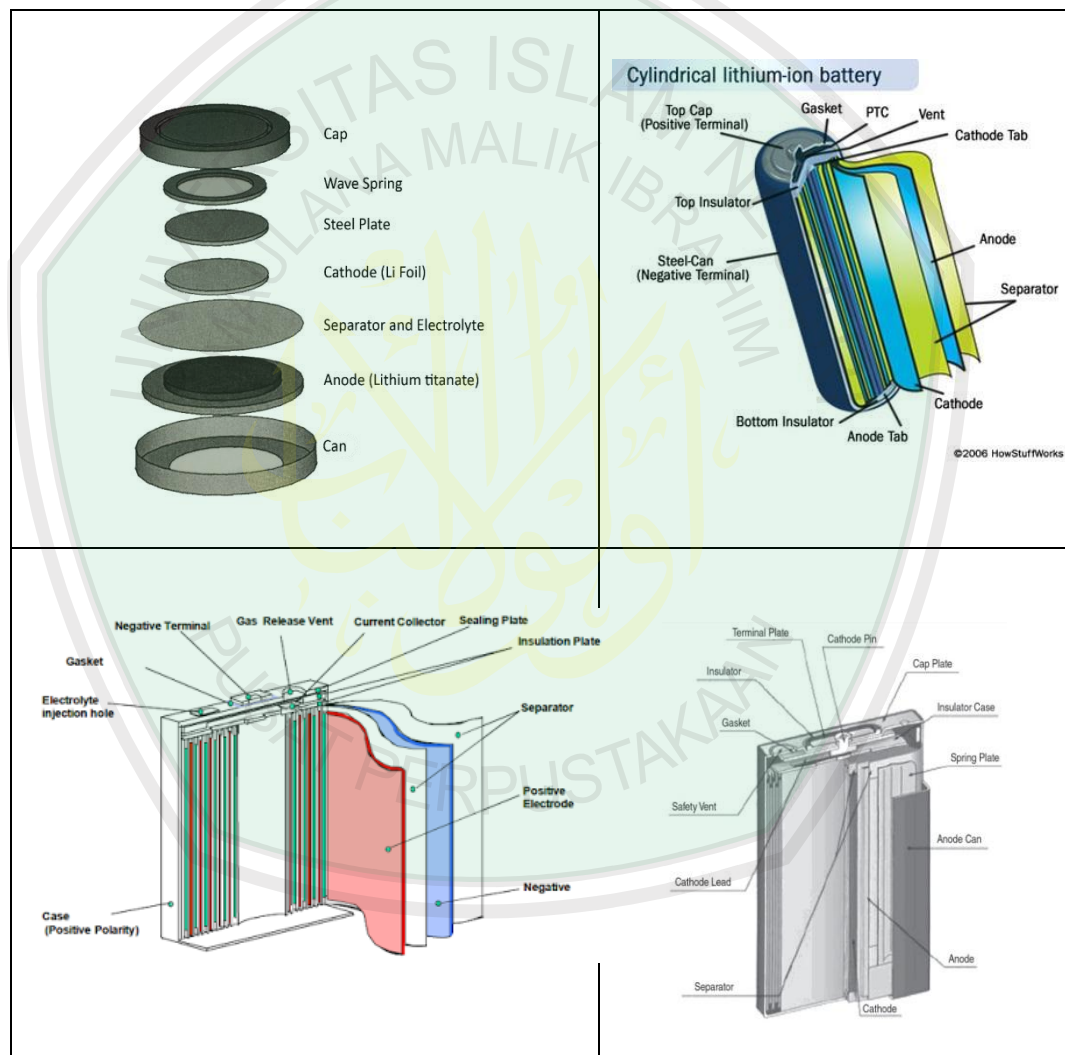
Baterai lithium secara teori adalah baterai yang digerakkan oleh ion lithium. Dalam kondisi *charge* dan *discharge* baterai lithium bekerja menurut fenomena interkalasi di Gambar 2.2 dimana ion lithium melakukan migrasi dari katoda lewat elektrolit ke anoda atau sebaliknya tanpa terjadi perubahan struktur kristal dari bahan katoda dan anoda (Munshi, 1995).



Gambar 2.3 Konsep kerja baterai lithium (static1.squarespace.com).

Baterai ion lithium merupakan salah satu jenis baterai sumber arus sekunder yang dapat diisi ulang dan merupakan baterai yang ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan yang berbahaya seperti baterai-baterai yang berkembang lebih dahulu yaitu baterai Ni-Cd dan Ni-MH. Kelebihan lainnya yaitu baterai ion lithium tidak mengalami *memory effect* sehingga dapat diisi kapan saja, waktu pengisian singkat (2-4 jam) karena arus pengisian baterai tertinggi (0,5-1 A), laju penurunan efisiensi baterai rendah (5-10% per bulan)

serta lebih tahan lama (masa hidup 3 tahun) (Eriksson, 2001). Di dalam baterai ini, ion litium bergerak dari elektroda negatif ke elektroda positif saat dilepaskan, dan kembali saat diisi ulang. Baterai Li-ion memakai senyawa litium interkalasi sebagai bahan elektrodanya, berbeda dengan litium metalik yang dipakai di baterai litium non-isi ulang.



Gambar 2.4 Bagian-bagian pada baterai lithium (Anonymous, 2014).

2.3.1 Komponen Baterai Lithium

Sesuai dengan komponen penyusunnya, riset material baterai lithium-ion sekunder dapat dikategorikan menjadi 4 kelompok, yaitu (1) katoda/kutub positif (2) anoda/kutub negatif (3) elektrolit (4) separator.

1. Anoda (Elektroda Negatif)

Anoda adalah elektroda negatif yang berkaitan dengan reaksi oksidasi setengah sel yang melepaskan elektron ke dalam sirkuit eksternal (Linden, 1994). Anoda terdiri dari 2 bagian yaitu bagian pengumpul elektron dan material aktif. Material yang dapat dipakai sebagai anoda harus memiliki karakteristik antara lain memiliki kapasitas energi yang besar, memiliki profil kemampuan menyimpan dan melepas muatan/ion yang baik, memiliki tingkat siklus pemakaian yang lama, mudah untuk di proses, aman dalam pemakaian (tidak mengandung racun) dan harganya murah. Untuk bagian pengumpul elektron biasanya menggunakan lapisan film tembaga, selain stabil (tidak mudah larut), harganya pun murah. Sedangkan pada bagian material aktif, tidak menggunakan logam litium secara langsung, namun menggunakan material karbon (LiC_6).

Tabel 2.1 Beberapa material yang digunakan untuk anoda (Gritzner, 1993).

Anoda	Beda potensial rata-rata (V)	Kapasitas Spesific (mAh/g)	Energi spesifik (kWh/kg)
Grafit (LiC_6)	0,1-0,2	372	0,0372-0,0744
Titanate ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$)	1-2	160	0,16-0,32
Si ($\text{Li}_{4,4}\text{Si}$)	0,5-1	4212	2,106-4,212
Ge($\text{Li}_{4,4}\text{Ge}$)	0,7-1,2	1624	1,137-1,949

2. Katoda (Elektroda Positif)

Katoda merupakan elektroda positif, dimana terjadi reaksi setengah sel yaitu reaksi reduksi yang menerima electron dari sirkuit luar sehingga reaksi kimia reduksi terjadi pada elektron ini (Subhan, 2011). Pada dasarnya katoda merupakan elektroda yang fungsinya sama seperti anoda yang berfungsi sebagai tempat pengumpul ion lithium serta merupakan tempat bagi material aktif, dimana lembaran pada katoda biasanya adalah aluminium foil.

Beberapa karakteristik yang harus dipenuhi suatu material yang digunakan sebagai katoda antara lain material tersebut terdiri dari ion yang mudah melakukan reaksi reduksi dan oksidasi, memiliki konduktivitas yang tinggi seperti logam, memiliki kerapatan energi yang tinggi, memiliki kapasitas energi yang tinggi, memiliki kestabilan yang tinggi (tidak mudah berubah strukturnya atau terdegradasi baik saat pemakaian maupun pengisian ulang), harganya murah dan ramah lingkungan. Material yang pertama kali digunakan sebagai katoda adalah LiCoO_2 , kerapatan energi yang dimilikinya sebesar 140 Ah/kg namun material ini sudah jarang digunakan karena kestabilannya rendah dan harganya relatif mahal.

Tabel 2.2 Beberapa jenis material yang digunakan untuk katoda (Gritzner, 1993).

Material	Beda potensial rata-rata (V)	Kapasitas spesifik (mAh/g)	Energi spesifik (kWh/kg)
LiCoO_2	3,7	140	0,518
LiMn_2O_4	4,0	100	0,400
LiNiO_2	3,5	180	0,360
LiFePO_4	3,3	150	0,495
$\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$	3,6	160	0,576

3. Elektrolit

Komponen elektrolit berfungsi sebagai material yang mampu menjadi penghubung reaksi. Karakteristik yang perlu memiliki elektrolit adalah konduktifitas ionik tinggi dan sekaligus konduktifitas elektronik yang rendah sehingga mampu menghantarkan ion selama proses reaksi redoks terjadi antara elektroda positif dan elektroda negatif tanpa terjadi kebocoran arus elektron (Linden, 1994).

Tabel 2.3 Perbandingan elektrolit cair dan elektrolit padat (A.D. Little, 1998)

Sifat	Elektrolit Cair	Elektrolit Padat
Material	Konduktor garam: LiClO_4 , LiCF_3SO_3 . Larutan: PC, EC. Pengurangan viskositas: DME, DMC, DEC	LiTaO_3 , SrTiO_3 , Li_2O , $\text{Li}_{1,3}\text{Al}_{0,3}\text{Ti}_{1,7}(\text{PO}_4)_3$, $\text{LiTi}_2(\text{PO}_4)_3$, Li_4SiO_4 , Li_3PO_4 , LiCl , LiBr
Mekanisme Konduksi ion	Ion Li^+ dalam larutan organik	Cacat <i>transport</i> pada kisi zat padat
Konduktifitas ionik	$10^{-3} \dots 10^{-2} \text{ S/cm}$	$10^{-9} \dots 10^{-3} \text{ S/cm}$
Kebocoran elektronik	Tergantung pada impuritas dan disosiasi kimia	10^{-10} S/cm
Stabilitas kimia	Sangat buruk	Sangat baik
pembuatan	Mahal, larutan beracun, rentan meledak	Baik, tidak mengandung racun, Sputtering untuk film tipis, Keramik <i>sintering</i> , atau pasta untuk aplikasi lain

Elektrolit yang banyak digunakan pada baterai lithium adalah elektrolit cair yang terdiri dari garam lithium yang dilarutkan dalam pelarut berair. Hal yang paling penting dalam suatu elektrolit adalah interaksi antara elektrolit dan elektroda pada baterai. Hubungan dua bahan ini akan mempengaruhi kinerja baterai secara signifikan (Fadhel, 2009).

4. Separator

Separator adalah material berpori yang diletakkan diantara anoda dan katoda, yang dapat mencegah terjadinya gesekan antara kedua elektroda tersebut yang dapat menyebabkan arus pendek. Selain itu separator harus dapat dilewati oleh ion lithium dengan baik. Tidak hanya sebagai pembatas antar elektroda, separator memiliki peranan penting dalam proses penghasilan listrik, pengisian ulang, dan tentunya keamanan pada baterai litium ion sendiri.

Karakteristik yang penting untuk dijadikan separator pada baterai yaitu bersifat insulator, memiliki hambatan listrik yang kecil, kestabilan mekanik (tidak mudah rusak), memiliki sifat hambatan kimiawi untuk tidak mudah terdegradasi dengan elektrolit serta memiliki ketebalan lapisan yang seragam atau sama diseluruh permukaan (Subhan, 2011).

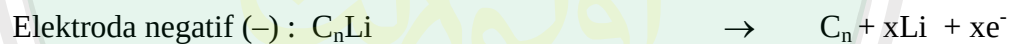
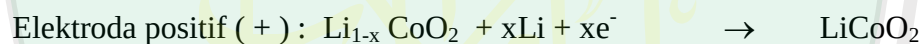
Polyethylene memiliki sifat meleleh pada suhu diatas 120-130 °C. Apabila panas yang dihasilkan didalam baterai melewati ambang batas, *polyethylene* akan meleleh dan menutup lubang pada separator, mengakibatkan proses perpindahan lithium ion berhenti. Sehingga separator memiliki fungsi utama dalam hal keamanan bila terjadi panas berlebihan.

2.3.2 Cara Kerja Baterai Lithium

Baterai lithium termasuk dalam kategori baterai sekunder atau *rechargeable battery*, reaksi reduksi maupun oksidasi terjadi ketika sedang diisi muatan listrik (*charge*) dan ketika dikosongkan/dilepaskan muatan listrik (*discharge*). Sebelum digunakan, baterai lithium biasanya terlebih dahulu di *charge*, yang berarti bahwa aliran elektron dari sumber tegangan mengalir dari

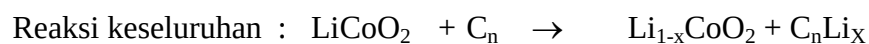
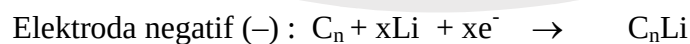
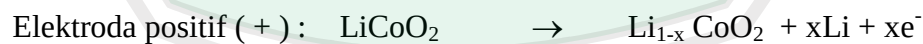
katoda ke anoda. Untuk kesetimbangan muatan, ion-ion lithium dari katoda mengalir melalui elektrolit dan separator menuju kutub anoda hingga kondisi ekuilibrium tercapai (baterai 100% *charged*). Ketika baterai lithium dipakai, kondisi sebaliknya terjadi. Muatan listrik dalam bentuk elektron mengalir dari kutub anoda melalui beban (*load*) ke kutub katoda. Untuk mengimbangi pergerakan ini, ion-ion lithium yang berasal dari kutub anoda mengalir melalui elektrolit dan menembus pori-pori separator menuju kutub katoda. Kejadian ini terus menerus terjadi hingga seluruh muatan ion di katoda habis atau mengalami kesetimbangan muatan. Setelah baterai kosong/habis, proses *charging* kembali dilakukan.

a) ***Discharging* (pemakaian):**

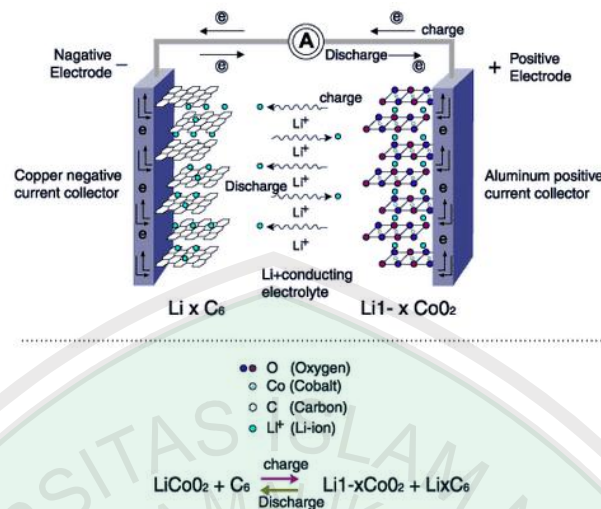


$$E_{\text{sel}} = 3.70\text{V}$$

b) ***Charging* (pengisian ulang):**

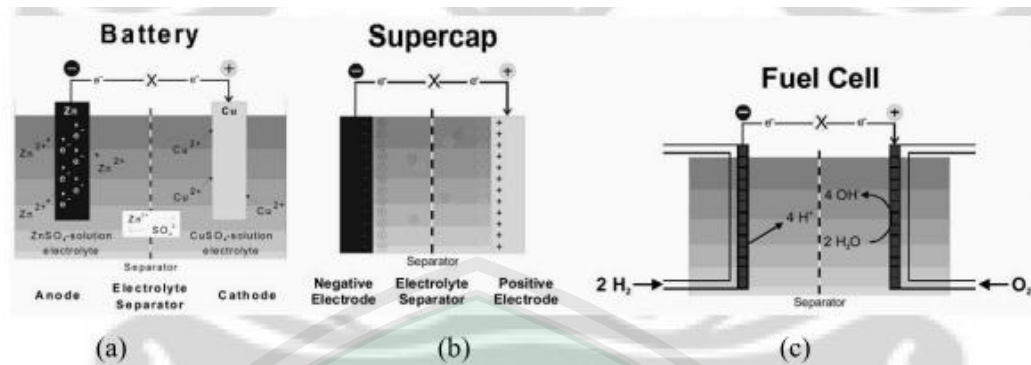


Dimana x menyatakan jumlah ion litium yang berpindah dari LiCoO_2 ke grafit.



Gambar 2.5 Proses *charge* –*discharge* pada baterai ion lithium dengan anoda grafit dan katoda lithium kobalt (Wiryawang, 2015).

Suatu sistem sel elektrokimia yang berfungsi sebagai penyimpan dan pengkonversi energi dapat meliputi: baterai, *fuel cell*, dan *double layer capacitor* (*electrochemical capacitor/EC*). Baterai lithium seperti digambarkan dalam Gambar 2.5. adalah baterai yang tersusun dari sel elektrokimia yang mampu menyimpan dan menghasilkan konversi dari reaksi kimia tidak spontan (reduksi oksidasi/redoks) menjadi energi listrik. Baterai lithium dapat dibuat sebagai baterai primer ataupun sekunder. Keduanya memiliki fungsi dan karakter yang berbeda. Sebuah baterai primer memiliki kemampuan pakai satu kali saja, satu kali *discharge*, sementara baterai sekunder memiliki kemampuan *charge/discharge* berulang-ulang (Martin, 2004).



Gambar 2.6 Tiga buah sel elektrokimia yang berfungsi sebagai penyimpan dan konversi energi listrik, (a) sel baterai, (b) *supercapacitor*, dan (c) sistem *fuel cell* (Martin, 2004).

2.4 Bahan Anoda Untuk Baterai Lithium

Sebelum munculnya baterai ion lithium, logam lithium digunakan untuk baterai primer. Ketika lithium digunakan sebagai anoda pada baterai lithium sekunder diperoleh densitas energi yang tinggi, karena lithium murni memiliki spesifik kapasitas yang tinggi. Namun menggunakan bahan ini masih tidak efisien, alasannya karena bahan yang digunakan yaitu logam lithium yang berbahaya bagi kesehatan. Pada siklus *charge-discharge*, lithium sering terdepositasi menjadi sebuah dendrit. Dendrit pada lithium ini memiliki pori, luas permukaan yang tinggi, dan Sangat reaktif dalam elektrolit organik. Dendrit lithium secara bertahap tumbuh pada siklus baterai digunakan dan menembus separator setelah beberapa siklus pemakaian. Hal ini akan mengakibatkan arus pendek dan dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan. Masalah yang berkaitan dengan penggunaan logam lithium sebagai anoda dapat diatasi dengan menggunakan logam lithium sebagai anoda dapat diatasi dengan menggunakan bahan paduan sebagai anoda baterai lithium. Bahan yang paling umum digunakan

sebagai anoda yaitu karbon (baik Karbon grafit maupun karbon *non-grafit*) dan paduan logam, seperti Sn, Al, Pb, Bi, As, dan lain-lain (Yueping, 2003).

Baterai lithium yang menggunakan anoda mengalami penurunan kapasitas dengan cepat setelah hanya beberapa siklus *charge-discharge* karena adanya perubahan *volume* yang besar sehingga mengakibatkan berubahannya paduan kisi kristal dan dengan demikian menimbulkan retak dan runtuh pada paduan (Zempachi et al, 2009).

Ada tiga persyaratan dasar untuk bahan anoda:

1. Potensial dari interkalasi dan deinterkalasi dari Li^+/Li harus serendah mungkin.
2. Jumlah lithium yang dapat ditampung anoda harus setinggi mungkin untuk mencapai kapasitas yang tinggi.
3. *Host* pada anoda harus dapat bertahan pada proses interkalasi dan deinterkalasi ion lithium tanpa adanya kerusakan struktur pada siklus penggunaan yang relatif panjang (Yueping, 2003).

Pada tahun 1990 *Sony Corporation* berhasil menemukan bahan yang dapat digunakan sebagai anoda yang memiliki tegangan rendah dan *reversible* yaitu karbon. Sebagai pengganti dari bahan anoda yang digunakan sebelumnya (Fauteux et al, 1993).

Penelitian ini menggunakan karbon grafit. Karbon grafit ditemukan memiliki dimensi yang stabil untuk proses interkalasi dan deinterkalasi pada atom lithium. Oleh karena itu, grafit menjadi bahan anoda pilihan untuk baterai lithium. Pada material ini setiap *layer* disisipkan satu atom lithium. Jarak antara *layer*-nya

adalah 0,335 nanometer. Kepadatan energi secara teori yang dihasilkan dari material ini adalah berkisar 372 Ah/Kg.

Asal mula terbentuknya grafit dijelaskan dalam firman Allah (Q.S. al Kahfi (18): 45):

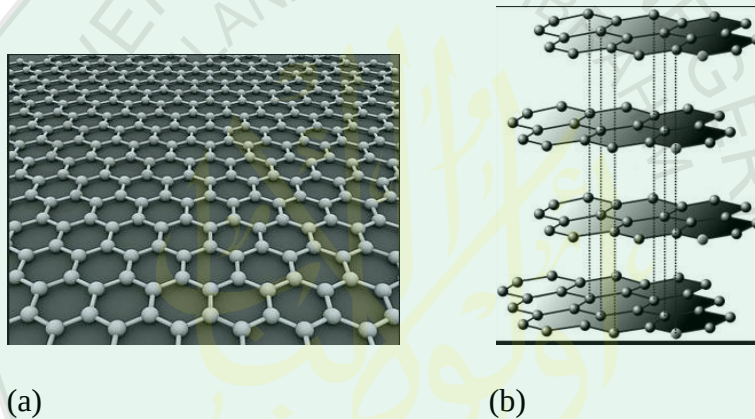
وَأَضْرَبَ لَهُمْ مَثَلِ الْحَيَاةِ الدُّنْيَا كَمَا أَنْزَلْنَاهُ مِنَ السَّمَاءِ فَاخْتَلَطَ بِهِ نَبَاتُ الْأَرْضِ فَأَصْبَحَ هَشِيمًا تَذْرُوهُ الرِّيْحُ وَكَانَ اللَّهُ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ مُّقْتَدِرًا ﴿٤٥﴾

“Dan berilah perumpamaan kepada mereka (manusia), kehidupan dunia sebagai air hujan yang kami turunkan dari langit, Maka menjadi subur karenanya tumbuh-tumbuhan di muka bumi, Kemudian tumbuh-tumbuhan itu menjadi kering yang diterbangkan oleh angin. dan adalah Allah, Maha Kuasa atas segala sesuatu”(Q.S. al Kahfi (18): 45).

Grafit berasal dari pelapukan sisa-sisa kehidupan, prosesnya disebut dengan metamorfogenik. Lafad (فَأَصْبَحَ هَشِيمًا) menunjukkan bahwa tumbuhan yang mati akan menjadi endapan yang disebut gambut (*peat*). Seiring lamanya waktu, kedalaman lapisan bumi, serta peningkatan tekanan dan suhu, maka gambut tadi akan bertransformasi menjadi batuan sedimen organik, yaitu *lignite* (batu bara coklat/*brown coal*). Dari *lignite* berubah menjadi *coal* (batu bara hitam/*black coal*). *Coal* tersusun menjadi beberapa bentuk mineral, dari lapisan atas ke bawah, yaitu *sub-bituminous*, *bituminous*, dan *anthracite*. Di kedalaman 7-8 km dari permukaan bumi (kerak bumi), suhu mencapai 200°C-500°C dan tekanan sekitar 0,4-0,5 GPa (3947,69-4934,61 atm) merubah *coal anthracite* menjadi grafit (Tia, 2014).

1. Grafit Alam

Grafit alam adalah karbon yang telah memiliki struktur kristal dan tersusun dari atom karbon yang membentuk struktur 3 dimensi (3D). Material ini dapat dijumpai di isi pensil yang sering dipakai untuk menulis. Ketika menulis, maka grafit tersebut akan rapuh dan membuat suatu jenis material lebih sederhana yang dikenal dengan *grephene*. Struktur dari grafit dan *grephene* dapat dilihat pada gambar 2.7 berikut.



(a) (b)
Gambar 2.7 (a) struktur *grephene* berupa lapisan dengan ketebalan 1 atom C
(b)struktur grafit yang terdiri dari lapisan *grephene* (Buchmann, 2001).

Grafit alam merupakan salah satu kandidat yang menjanjikan sebagai anoda baterai lithium karena biaya rendah, potensial listrik rendah, kepadatan energi yang lebih tinggi, dan kapasitas *reversibel* relatif tinggi (330-3500 mAh/g) (Yoshio, 2009).

2. Grafit Sintesis

Grafit sintesis pada dasarnya memiliki sifat yang sama seperti grafit alam. Selain itu, grafit sintetis memiliki kemurnian yang tinggi, memiliki struktur yang cocok untuk proses interkalasi dan diinterkalasi ion lithium.

Namun, grafit sintesis memiliki sebuah kekurangan yaitu struktur kristalnya berbentuk amorf sehingga untuk membuatnya memiliki struktur kristal menggunakan biaya yang tinggi karena memerlukan perlakuan pada suhu ($>2.800^{\circ}\text{C}$) pada proses grafitisasinya (Yoshio, 2009). Saat ini dikenal sebagai jenis dari grafit sintesis yaitu MCMB (*Mesocarbon Microbead*), MCF (*Mesophase-pitch-based Carbon Fiber*), VGCF (*Vapour Grown Carbon Fiber*) (Yoshio, 2009).

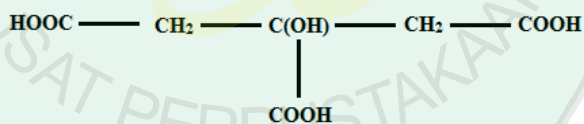
2.5 Karbon Amorf sebagai Pelapis

Karbon amorf merupakan alotrop berwujud non-kristal dan memiliki sifat yang rapuh. Karbon amorf yang diaktifkan digunakan sebagai adsorben (penyerap).

Pada penelitian ini yang digunakan sebagai pelapis adalah Asam Sitrat (*citric Acid*). Rumus kimia Asam Sitrat adalah $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ atau $\text{CH}_2(\text{COOH})\text{-COH}(\text{COOH})\text{-CH}_2(\text{COOH})$, struktur asam ini tercermin pada nama IUPAC-nya, asam 2-hidroksi-1,2,3-propanatrikarboksilat. Keasaman Asam Sitrat didapatkan dari tiga gugus karboksil COOH yang dapat melepas proton dalam larutan. Jika hal ini terjadi, ion yang dihasilkan adalah ion sitrat.

Tabel 2.4 Sifat Fisik Asam Sitrat (Kirk, 1978).

Parameter	Anhydrous	Monohydrate
Rumus molekul	$C_6H_8O_7$	$C_6H_8O_7 \cdot H_2O$
Berat molekul	192,12	210,14
Bentuk	Kristal tak berwarna	Kristal tak berwarna
Specific gravity	1,665 (20°C)	1,542 (20°C)
Melting point	153°C	70-75°C
Boiling point	Terdekomposisi pada 175°C	Terdekomposisi pada 175°C
Proses pembentukan	Kristalisasi dari larutan panas (>36,6°C)	Kristalisasi dari larutan dingin (<36,6°C)
Kelarutan	Larut dalam air, agak larut dalam alkohol dan diethyl eter, tidak larut dalam karbon disulfida, karbon tetra klorida, kloroform, benzene dan toluene	Larut dalam air, agak larut dalam alkohol dan diethyl eter, tidak larut dalam karbon disulfida, karbon tetra klorida, kloroform, benzene dan toluene
Kelarutan di air pd 30°C	64,3%	64,3%
70°C	76,2%	76,2%
Struktur kristal	Orthorombic	Orthorombic
Panas pembakaran	468,5 kcal/mol	466,6 kcal/mol



Gambar 2.8 Struktur asam sitrat (Richard, 1993)

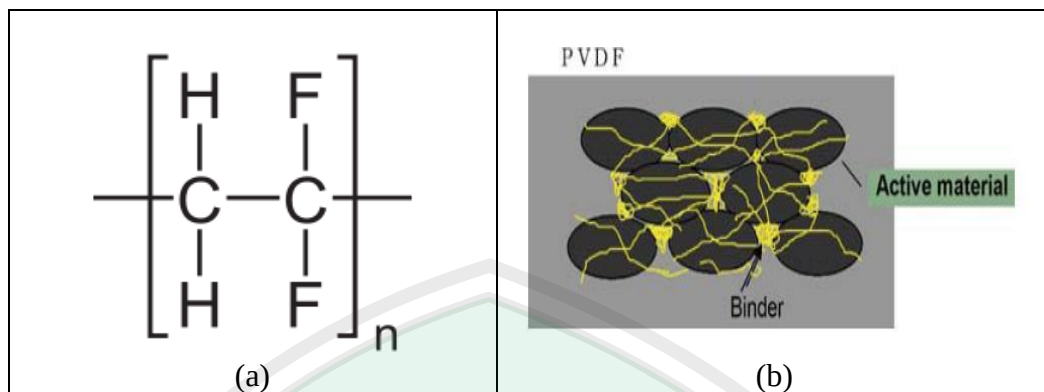
2.6 Komponen Tambahan Penyusun Anoda Baterai

Semakin besar komposisi bahan aktif mengisi volume baterai, semakin besar pula kekuatan yang diperoleh. Dengan demikian setiap komponen selain dari material aktif, seperti binder, elektroda (*Cu-foil*) dan aditif konduktif harus dikurangi sebanyak mungkin.

2.6.1 Binder PVDF (*poly vinylidene fluoride*)

Binder adalah bagian penting dari formulasi elektroda pada baterai ion lithium karena binder mempertahankan struktur fisik elektroda, tanpa binder elektroda akan berantakan (Fabrice et al, 2010). Sangat diharapkan bahwa binder memiliki titik leleh yang tinggi, dan struktur komposit dari material aktif dan binder harus stabil di dalam elektrolit, bahkan di suhu tinggi. Jika binder mengembang dalam elektrolit melebihi ambang batas, kontak listrik antara material aktif dan anoda akan hilang, maka pada saat itu kapasitas pun akan mengecil. Potensi kelemahan dari binder yaitu binder mungkin saja melapisi permukaan material aktif. Jadi sangat penting bahwa ion lithium dapat melewati bahan pengikat. Wilayah amorf di PVDF (*poly vinylidene fluoride*) adalah matrik yang baik untuk molekul polar, dan ion lithium dapat melewati lapisan tipis PVDF (Tsunemi, K et al, 1983). Akhirnya, jika binder bisa menghantarkan listrik dengan baik, kinerja baterai akan lebih meningkat.

PVDF memiliki properti yang baik, PVDF tidak terduksi pada potensialnya rendah (5 mV vs Li/Li^+) atau teroksidasi pada potensial tinggi (5 V vs Li/Li^+) (Fabrice, M et al, 2010). Karakteristik penting dari PVDF adalah kristalinitasnya. PVDF memiliki beberapa bentuk Kristal. XRD menunjukkan bahwa sekitar 50% PVDF memiliki struktur *form* dan sisanya adalah *amorf*. Karakteristik lain yang penting dari PVDF yaitu dielektriknya. Karena dielektrik ini momen dipol di wilayah *amorf* akan bergerak dengan mudah di sepanjang arah medan listrik yang diterapkan. Konstanta dielektrik PVDF adalah yang tertinggi antara polimer (Tsunemi et al, 1983).



Gambar 2.9 (a) struktur PVDF (b) ilustrasi binder PVDF dengan material aktif (Yoshio, 2000).

Tabel 2.5 Sifat Umum *Polyvinylidene Fluoride* (PVDF) (Afton, 2014).

Sifat	Nilai
Daya Serap Air	0,03 %
Kuat Tarik	7,105 psi
Penambahan Panjang	250 %
Titik Leleh	169 °C
Temperatur Defleksi	114 - 118 °C

2.6.2 Zat Aditif *Acetylen Black*

Acetylen Black adalah karbon black yang dihasilkan dari dekomposisi terus menerus gas asetilena. *Acetylen black* terdiri dari partikel karbon black berukuran koloid, dan memiliki sifat unik seperti konduktivitas listrik yang baik, kapasitas absorpsi yang tinggi, konduktivitas termal yang baik dan lain-lain.

Karakteristik berikut setiap partikel *acetylene black* terdiri dari:

1. Komposisi kristal yang besar
2. Membentuk struktur panjang
3. Memiliki inpuritas yang paling sedikit dari karbon hitam lainnya

Oleh karena itu *acetylene black* telah digunakan sebagai bahan dasar untuk memproduksi sel baterai kering, serta sebagai zat aditif dalam karet atau plastik

bahan antistatik dan elektrik konduktif yang digunakan dalam berbagai bidang industri, seperti kabel listrik, ban, sabuk, selang, pemanas, cat, perekat, dan banyak alat elektronik lainnya.

Tabel 2.6 Sifat Fisik dan Kimia *Acetylene Black* (AB) (Liu *et al.* 2009)

Parameter	Nilai
Ukuran partikel	0.042 μm
Warna	Hitam
Densitas	1.75 g/cc
Titik lebur	116 - 180 $^{\circ}\text{C}$
Modulus elastisitas	0.180 - 7.00 GP
Kristalisasi suhu	12.0 - 146 $^{\circ}\text{C}$

Penggunaan *acetylene black* di dalam baterai memiliki beberapa keunggulan yaitu dari absorpsi yang tinggi dan bersifat konduktif sehingga *acetylene black* digunakan untuk mempertahankan larutan elektrolit dalam banyak baterai kering dan meningkatkan konduktivitas listrik dari elektroda baterai (Safety data sheet, 2002).

2.6.3 Pelarut DMAC (*N-N Dimethyl Acetamide*)

DMAC adalah pelarut industri yang kuat dan serbaguna yang memiliki kelarutan terhadap bahan organik dan anorganik yang tinggi, titik didih tinggi, titik beku yang rendah, dan stabilitas yang baik. Selain itu DMAC tidak reaktif dalam reaksi kimia.

Tabel 2.7 Sifat Fisik dan Kimia DMAC (BASF, 2014).

Parameter	Nilai
Bahan	Cair
PH (200 g/l, 20 $^{\circ}\text{C}$)	4
Titik lebur ($^{\circ}\text{C}$)	- 20
Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	165 – 166
Densitas (g/cm ³) pada 20 $^{\circ}\text{C}$	0,94

DMAC memiliki konstanta dielektrik yang tinggi, DMAC benar-benar larut dalam air, eter, ester, keton dan senyawa aromatik. DMAC umumnya larut dalam senyawa alifatik tidak jenuh. DMAC kestabilan yang bagus, pada dasarnya DMAC tidak akan mengalami degradasi dan perubahan warna jika dipanaskan dibawah suhu 350 °C.

2.6.4 Copper Foil (Cu- Foil)

Copper Foil (Cu-Foil) adalah lembaran berwarna kuning keemasan yang digunakan sebagai tempat menempelnya material aktif anoda baterai ion lithium. Cu – *Foil* memiliki densitas 0.54 g/m². Komposisi dari Cu – *Foil* dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.8 Komposisi / informasi bahan penyusunnya Cu *foil* (Safety Data Sheet, 2009).

Ingredients	Wt (%)
Copper	>99.2
Zinc	<0.67
Arsenic	<0.065
Chrome (III) oxide	<0.0175

Lembaran untuk anoda menggunakan Cu – *Foil* sebagai substrat anoda memiliki sifat yang lebih baik seperti:

1. Konduktivitas listrik yang lebih baik dan resistivitas yang kecil.
2. Kekuatan mekanik yang lebih baik dan ketangguhan untuk menghindari hubungan pendek yang disebabkan oleh pertumbuhan dendrit.
3. Kekuatan lapisan yang lebih baik dengan bahan elektroda.



Gambar 2.10 *Copper foil* (Cu – foil) (Anonymous, 2016).

2.6.5 Etanol

Etanol atau etil alkohol adalah alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari karena sifatnya yang tidak beracun. Etanol adalah cairan jernih yang mudah terbakar dengan titik didih pada 78,4°C dan titik beku pada -112 °C. Etanol tidak berwarna dan tidak berasa tapi memiliki bau yang khas. Rumus molekul etanol adalah C_2H_5OH .

Etanol memiliki banyak manfaat bagi masyarakat karena memiliki sifat yang tidak beracun. Selain itu etanol juga memiliki banyak sifat-sifat, baik secara fisika maupun kimia. Adapun sifat sifat fisika etanol dapat dilihat pada Tabel.

Tabel 2.9 Sifat-sifat fisika etanol (Perry,1999).

Sifat-Sifat Fisika Etanol	
Berat Molekul	46,07 gr/grmol
Titik Lebur	-112 °C
Titik didih	78,4 °C
Densitas	0,7893 gr/ml
Indeks bias	1,36143 cP
Viskositas 20 °C	1,17 cP
Panas penguapan	200,6 kal/gr
Merupakan cairan tidak berwarna	
Dapat larut dalam air dan eter	
Memiliki bau yang khas	

Etanol selain memiliki sifat-sifat fisika juga memiliki sifat-sifat kimia. Sifat-sifat kimia tersebut adalah:

1. Merupakan pelarut yang baik untuk senyawa organik
2. Mudah menguap dan mudah terbakar
3. Bila direaksikan dengan asam halida akan membentuk alkyl halida dan air



4. Bila direaksikan dengan asam karboksilat akan membentuk ester dan air



5. Dehidrogenasi etanol menghasilkan asetaldehid
6. Mudah terbakar diudara sehingga menghasilkan lidah api (flame) yang berwarna biru muda dan transparan, dan membentuk H_2O dan CO_2 .

2.7 XRD (Difraksi sinar-X)

Karakterisasi XRD bertujuan untuk menentukan sistem kristal. Metode difraksi sinar-X dapat menerangkan parameter kisi, jenis struktur, susunan atom yang berbeda pada kristal, adanya ketidaksempurnaan pada kristal, orientasi, butir-butir dan ukuran butir (Smallman, 1991).

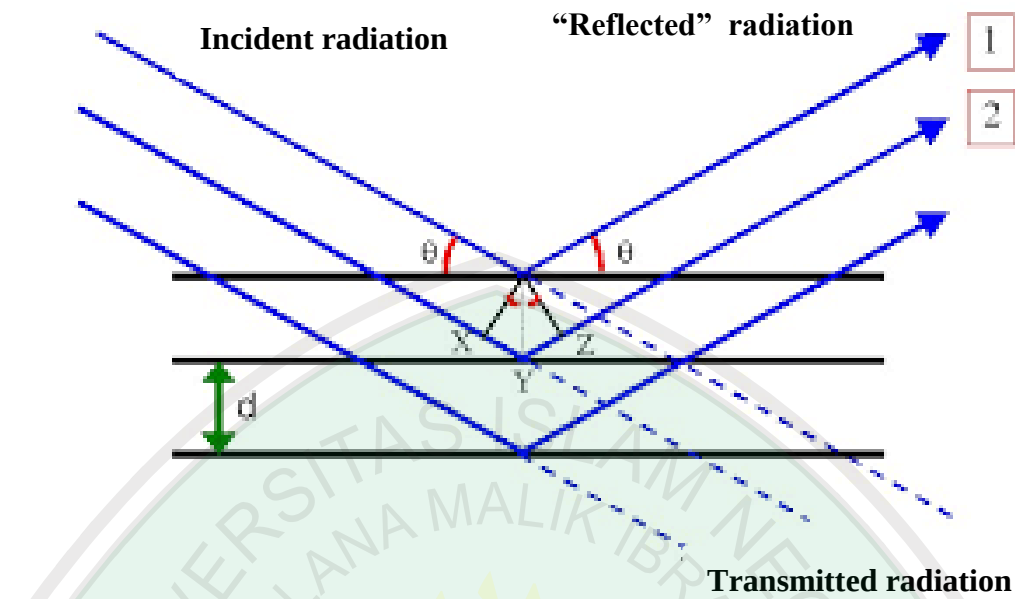
Hamburan sinar-X dihasilkan jika suatu elektroda logam ditembakkan dengan elektron-elektron dengan kecepatan tinggi dalam tabung vakum. Suatu kristal dapat digunakan untuk mendifraksi berkas sinar-X dikarenakan orde dari panjang gelombang sinar-X hampir sama atau lebih kecil dengan orde jarak antar atom dalam suatu kristal (Zulianingsih, 2012).

Karakterisasi menggunakan metode difraksi merupakan metode analisa yang penting untuk menganalisa suatu kristal. Karakterisasi XRD dapat digunakan

untuk menentukan struktur kristal menggunakan sinar-X. Metode ini dapat digunakan untuk menentukan jenis struktur, ukuran butir, konstanta kisi, dan FWHM. Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang diantara 400-800 nm (Smallman & Bishop, 1999).

Komponen utama XRD yaitu terdiri dari tabung katoda (tempat terbentuknya sinar-X), sampel *holder* dan detektor. Pada XRD biasanya menggunakan sumber Co dengan komponen lain berupa *cooler* yang digunakan untuk mendinginkan, karena ketika proses pembentukan sinar-X dikeluarkan energi yang tinggi dan menghasilkan panas. Kemudian seperangkat komputer dan CPU. XRD memberikan data-data difraksi dan kuantisasi intensitas difraksi pada sudut-sudut dari suatu bahan. Data yang diperoleh dari XRD berupa intensitas difraksi sinar-X yang terdifraksi dan sudut-sudut 2θ . Tiap pola yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu (Widyawati, 2012).

Suatu kristal yang dikenai oleh sinar-X tersebut berupa material (sampel), sehingga intensitas sinar yang ditransmisikan akan lebih rendah dari intensitas sinar datang. Berkas sinar-X yang dihamburkan ada yang saling menghilangkan (interferensi destruktif) dan ada juga yang saling menguatkan (interferensi konstruktif). Interferensi konstruktif ini merupakan peristiwa difraksi seperti pada Gambar 2.5 (Grant & Suryanayana, 1998).



Gambar 2.11 Difraksi Sinar-X (Grant & Suryanayana, 1998)

Berdasarkan Gambar 2.11 dapat dituliskan suatu persamaan yang disebut dengan hukum Bragg. Persamaan tersebut adalah:

$$\text{Beda lintasan } (\delta) = n \lambda \quad (2.2)$$

$$\delta = DE + EC' \quad (2.3)$$

$$\delta = 2EC' \quad (2.4)$$

$$\delta = 2EC \sin\theta, EC = d \quad (2.5)$$

$$\delta = 2 d \sin\theta \quad (2.6)$$

sehingga beda lintasannya

$$n \lambda = 2 d \sin\theta \quad (2.7)$$

dengan λ merupakan panjang gelombang, d adalah jarak antar bidang, n adalah bilangan bulat (1,2,3, ...) yang menyatakan orde berkas yang dihambur, dan θ adalah sudut difraksi.

2.8 SEM (*Scanning Electron Microscope*)

SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah alat yang digunakan untuk mengamati morfologi permukaan/ukuran butiran. Pengamatan morfologi permukaan dalam 3 Dimensi, resolusi tinggi dan analisa kimia.

Prinsip kerja SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah sebagai berikut:

1. *Electron Gun* (**Sumber Elektron / Penembak elektron**)

Penembak elektron terdiri dari filamen tungsten, penembak elektron ini digunakan untuk menghasilkan elektron dalam suatu volum tertentu dengan energi yang dapat ditentukan dengan mengatur arus listrik ke filamen sehingga terjadi pelepasan elektron.

2. *Demagnetification System* (**Perangkat Demagnetisasi**)

Perangkat Demagnetisasi terdiri dari gabungan lensa-lensa elektromagnetik yang digunakan untuk memfokuskan *E-Beam* menjadi sangat kecil pada saat mencapai sampel.

3. *Scan Unit* (**Sistem Pelarikan**)

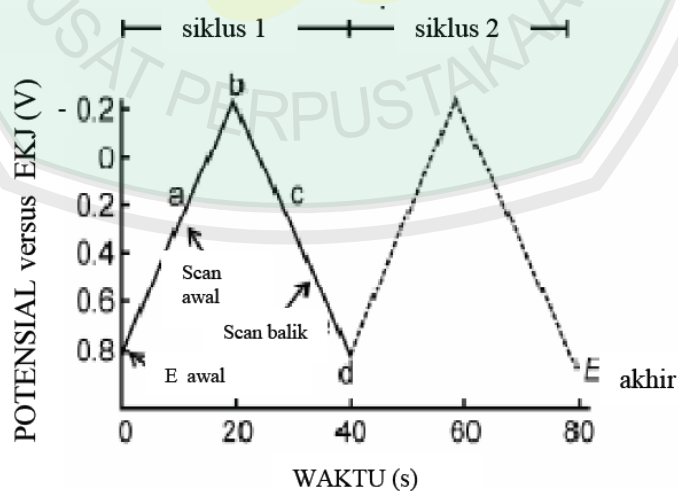
Pembentukan Gambar dengan menggunakan prinsip scanning, dimana elektron diarahkan ke objek, gerakan berkas tersebut mirip dengan “Gerakan Membaca”. Scan unit dibangkitkan oleh scanning coil, sedangkan hasil interaksi berkas elektron dengan sampel menghasilkan *Secondary Electron* (SE) dan elektron Backs Scattered (BSc), diterima detektor SE/BSc, diubah menjadi sinyal, data sinyal diperkuat oleh Video Amplifier kemudian

disinkronkan oleh scanning circuit terbentuklah gambar pada Tabung Sinar Katoda (CRT) (Sinuhaji P., Marlianto E., 2012).

2.9 CV (Cyclic Voltammetry)

Voltametri siklik merupakan teknik voltametri dimana arus diukur selama penyapuan potensial dari potensial awal ke potensial akhir dan kembali lagi ke potensial awal atau disebut juga penyapuan (*scanning*) dapat dibalik kembali setelah reaksi berlangsung. Dengan demikian arus katodik maupun anodik dapat terukur. Arus katodik adalah arus yang digunakan pada saat penyapuan dari potensial yang paling besar menuju potensial yang paling kecil dan arus anodik adalah sebaliknya yaitu penyapuan dari potensial yang paling kecil menuju potensial yang paling besar (Scholz, 2010).

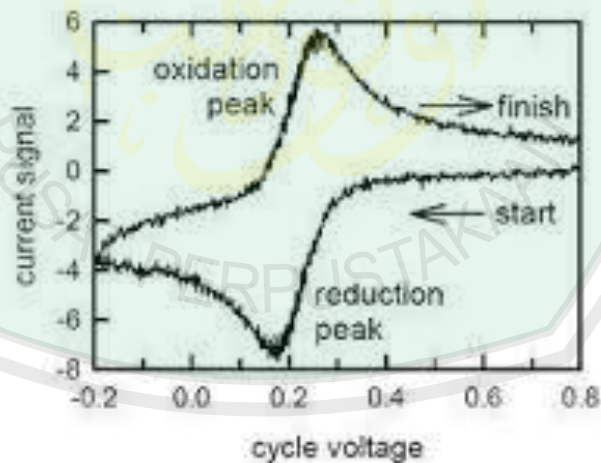
Sinyal eksitasi untuk voltametri siklik adalah penyapuan potensial linear dengan gelombang segitiga seperti yang diberikan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Sinyal eksitasi untuk voltametri siklik (Scholz, 2010).

Potensial sinyal eksitasi segitiga menyapu potensial elektroda antara dua nilai. Sinyal eksitasi pada Gambar 2.12 menyebabkan potensial pertama untuk penyapuan negatif dari +0,80 (potensial awal) ke -0,20 V (potensial akhir) versus EKJ, sedangkan titik arah penyapuan balik (*switching potential*) menghasilkan penyapuan positif kembali ke potensial awal 0,80 V. Kecepatan penyapuan terlihat pada kemiringan garis yaitu 50 mV per detik.

Voltamogram siklik diperoleh dengan mengukur arus pada elektroda kerja selama scan potensial. Arus dapat dianggap sebagai respon sinyal terhadap potensial eksitasi. Voltamogram yang dihasilkan merupakan kurva antara arus (pada sumbu vertikal) versus potensial (sumbu horizontal). Saat variasi potensial linear terhadap waktu, sumbu horizontal dapat dianggap sebagai sumbu waktu.



Gambar 2.13 Voltamogram siklik reaksi reduksi oksidasi secara *reversible* (siti, 2010).

Suatu dari kegunaan teknik voltametri siklik ini adalah mampu memberikan informasi mengenai termodinamika proses reduksi-oksidasi dan kinetika transfer elektron yang terjadi di permukaan elektroda. Selama

pengukuran dengan voltametri siklik, akan diperoleh kurva antara arus dengan potensial yang dikenal sebagai voltamogram siklik dan adanya kemungkinan reaksi lain saat reduksi-oksidasi berlangsung dapat dilihat dari voltamogramnya.

2.10 CD (*Charge – Discharge*)

Pengujian sel baterai dilakukan dengan proses *charging* dan *discharging*. Untuk mendapatkan performasi sebuah baterai maka diperlukan pengujian charge/discharge sehingga didapatkan kapasitas pada sel baterai. Hal yang diutamakan dalam menentukan performa sel baterai terletak pada aspek kimia permukaan yang menghasilkan kontak permukaan yang bagus sehingga menjamin proses interkalasi dan deinterkalasi berjalan dengan baik.

Kapasitas baterai dimaksudkan sebagai besarnya energi listrik yang dapat dikeluarkan baterai pada waktu tertentu. Kapasitas baterai tergantung pada jenis aktif material yang digunakan dan kecepatan reaksi elektrokimia pada saat baterai di *charge* atau *discharge*. Luasnya kontak permukaan antar material aktif juga akan memperbesar kapasitas baterai.

Dalam sistem baterai sekunder lithium, material katoda memegang peranan penting dalam pencapaian kapasitas baterai. Material ini yang nantinya harus dapat melepaskan ion lithiun (deinterkalasi), bergerak menuju anoda dan berinterkalasi didalam struktur anoda saat *charging*. Makin besar jumlah ion lithum yang dapat dipindahkan ke anoda, maka makin besar pula arus listrik yang dihasilkan saat *discharging* nantinya. (Triwibowo, 2011). Kapasitas sel baterai semakin menurun ketika dilakukan pengujian *cycle* berikutnya. Penurunan kapasitas yang terjadi mengindikasikan ion lithium yang berinterkalasi/

deinterkalasi mengalami jumlah yang terus menurun. Ketika performa baterai mengalami penurunan drastis maka kemampuan *cycling times* masih rendah (Subhan, 2011).



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Baterai Pusat Penelitian Fisika (P2F) – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Serpong Tangerang Selatan. Penelitian dimulai pada bulan Januari 2016 sampai April 2016. Penelitian dilakukan dari penyiapan bahan sampai pembuatan baterai dan pengujiannya.

3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

3.2.1 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. *Crucible*
2. Beaker glass
3. Cawan petri
4. Sendok
5. Gelas ukur
6. Aluminium foil
7. *Furnace*
8. Timbangan digital
9. Mortar dan alu
10. *Hot Plate*
11. *Magnetic Stirrer*
12. *Doctor Blade*

13. Pengukur ketebalan

14. *Dry box*

15. oven

16. Alat-alat lain (penggaris, *tissue*, pisau, sarung tangan, masker, plastik, kertas label, pena, dan lain-lain.)

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain:

1. Serbuk grafit
2. *citric acid*
3. Ethanol
4. Acetone
5. Serbuk PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*)
6. DMAC (*N-N Dimethyl Acetamid*)
7. AB (*Acetyllene Black*)
8. Lembar Tembaga (*Cu-Foil*)
9. Katoda (*Lithium foil*)
10. Separator (*Polyethyllene*)
11. Elektrolit (LiPF_6)
12. *Casing Battery (can dan cap)*
13. *Wave spring*
14. Spacer

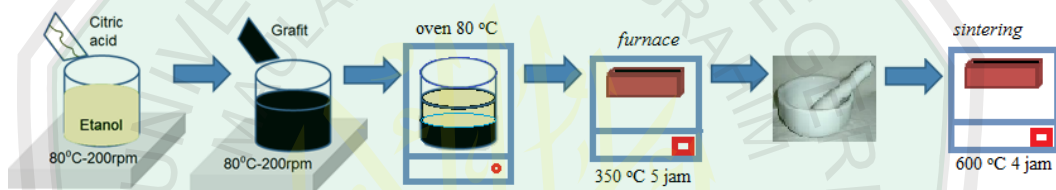
3.3 Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahap kegiatan atau pengerjaan yaitu preparasi dan pembuatan sampel, persiapan alat, pembuatan *slurry*, pembuatan lembaran, pemotongan lembaran, penyusunan hingga menjadi baterai, dan pengujian performa baterai. Seperti yang dilihat pada diagram alir 3.6.

3.3.1 Sintesis bahan

1. Disiapkan bahan grafit komersial dari Linyi Gelon dan *citric acid* sebagai sumber karbon.
2. Grafit dan *citric acid* ditimbang menggunakan timbangan digital sesuai dengan komposisi yang diinginkan (1:0,5, 1:1 dan 1:3) dan ethanol sebanyak 50 mL.
3. *Hot plate* yang akan digunakan untuk sintesis diatur dengan temperatur 80 °C dan putaran sebesar 200 rpm.
4. *Beaker glass* diletakkan diatas *hot plate* yang di dalamnya terdapat ethanol 50 mL dan *magnetic stirrer*.
5. Dimasukkan *citric acid* dan ditunggu sampai *citric acid* terlarut sempurna dalam etanol.
6. Serbuk grafit dimasukkan secara perlahan dan ditunggu sampai terlarut sempurna sekitar ± 6 jam.
7. Kemudian sampel diletakkan dalam oven 80 °C untuk menghilangkan kadar air di dalamnya.
8. Ditunggu selama 3 hari sampai terbentuk endapan gel di atas.

9. Sampel kemudian dipindahkan ke dalam *crucible* dan dimasukkan *furnace* dengan suhu 350 °C (proses degradasi) selama 5 jam.
10. Sampel digerus menggunakan *agate mortar* hingga halus.
11. Kemudian sampel dipindahkan kembali pada *crucible* dan *sintering* dengan suhu 600 °C selama 4 jam.
12. Diulangi langkah-langkah di atas dengan variasi grafit dan *Citric acid* berturut-turut yaitu 1:1 dan 1:3.



Gambar 3.1 Sintesis bahan

3.3.2 Karakterisasi Material

Sampel yang sudah dibuat dikarakterisasi menggunakan:

1. XRD (*X-Ray Diffraction*)

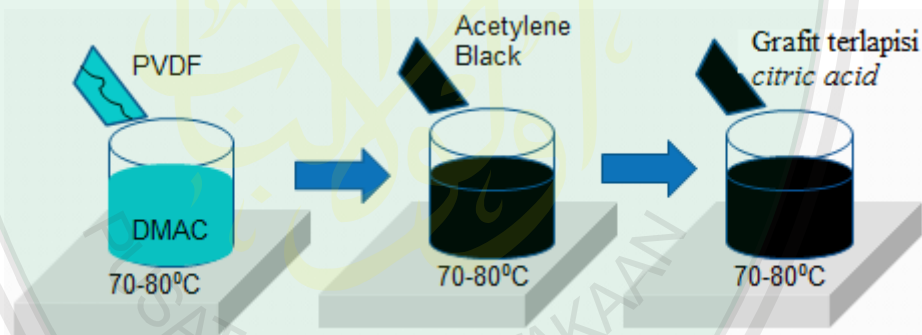
Berfungsi untuk mengidentifikasi struktur kristal dan derajat kristal. menggunakan XRD merk Rigaku Rigaku dengan $\text{Cu } \alpha$ ($\lambda = 1,541862 \text{ \AA}$).

2. SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Berfungsi untuk mengamati morfologi dan ukuran partikel dengan menggunakan SEM merk Hitachi SU3500 dengan tungsten sebagai sumber elektron.

3.3.3 Pembuatan *slurry*

1. Ditimbang serbuk grafit yang sudah terlapisi *citric acid*, PVDF, AB, DMAC sesuai dengan komposisi yang ditentukan.
2. *Beaker glass* dengan *magnetic stirrer* diletakkan diatas *hot plate* dengan temperatur 70 °C dan putaran sebesar 150 rpm.
3. Dicampurkan DMAC dengan PVDF dalam *beaker glass* sampai jernih.
4. Dimasukkan AB secara perlahan sampai tercampur merata.
5. grafit berlapis *citric acid* dimasukkan secara perlahan dan dibiarkan teraduk diatas *hot plate* sampai terbentuk *slurry* yang diinginkan ($\pm 1,5$ jam).



Gambar 3.2 Pembuatan *Slurry*

3.3.4 Pembuatan Lembaran

1. *Cu-foil* diletakkan diatas *doctor blade* dan divakumkan, kemudian *Cu-foil* dibersihkan dengan aseton.
2. Ketebalan *doctor blade* diukur dengan alat pengukur ketebalan sebesar 0,2 mm.
3. *Slurry* dituangkan diatas *Cu-foil* sedikit demi sedikit dan *running doctor blade* dengan kecepatan $\pm 6-7$ rpm sampai *Cu-foil* terlapisi sempurna.

4. Lembaran anoda grafit dikeringkan dengan *dry box* pada temperatur 80 °C sampai mengering (± 1 jam).



Gambar 3.3 Lembaran anoda yang telah dikeringkan

3.3.4 *Calendering* dan *cutting* Lembaran Anoda Grafit

Lembaran anoda grafit yang sudah kering kemudian *calendering* dan dipotong kecil dengan ukuran seperti gambar 3.4.



Gambar 3.4 Desain lembaran anoda

3.2.5 *Battery Assembly*

1. Disiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
2. Disusun dengan urutan mulai dari alas (*can*), spaser, anoda, separator dan katoda.
3. elektrolit diteteskan pada seluruh permukaan sampai merata.
4. Dimasukkan spaser, kemudian *wave spring*.
5. Ditutup dengan penutup (*cap*).
6. *Sealing casing* secara sempurna agar tertutup rapat.

7. Baterai yang sudah jadi dibiarkan selama 1 hari sebelum diuji *cyclic voltametry* dan *charge-discharge*.



Gambar 3.5 Desain baterai ion lithium (*coin cell*)

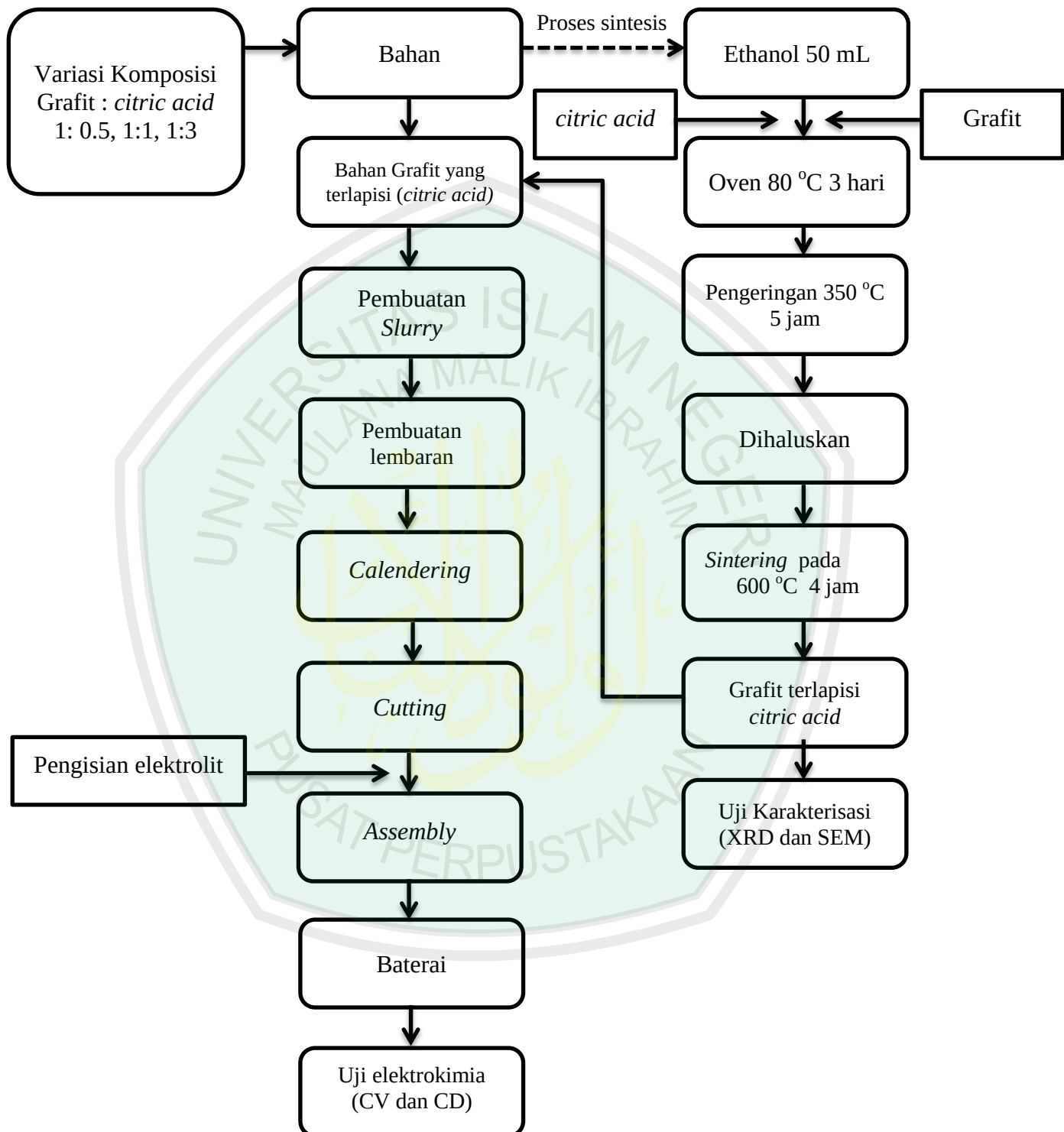
3.3.6 Karakterisasi Elektrokimia

1. CV (*Cyclic Voltammetry*)

Berfungsi untuk melihat adanya reaksi redoks pada bahan dengan menggunakan alat uji CV merk WonATech 3000. CV dilakukan dengan *scan rate* 0,1 mV/s, *range* tegangan dari 0-2,5 V dilakukan sebanyak 3 *cycle*.

2. CD (*Charge-Discharge*)

Berfungsi untuk mengetahui performa baterai meliputi mengukur kapasitas tertentu dan efisiensi *columbic*.



Gambar 3.6 Diagram alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Sintesis grafit terlapisi karbon (*citric acid*) dilakukan dengan tiga variasi komposisi yaitu 1:0,5, 1:1 dan 1:3 yang digunakan sebagai bahan anoda pada baterai ion lithium. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap. Tahap pertama yaitu pembuatan anoda dari grafit yang dilapisi *citric acid* kemudian identifikasi fasa yang terbentuk dilakukan dengan XRD, struktur mikro dengan SEM/EDX. Tahap selanjutnya adalah pembuatan baterai meliputi pembuatan *slurry*, pembuatan lembaran, sampai *battery assembly*. Karakterisasi elektrokimia menggunakan *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Charge-Discharge* (CD).

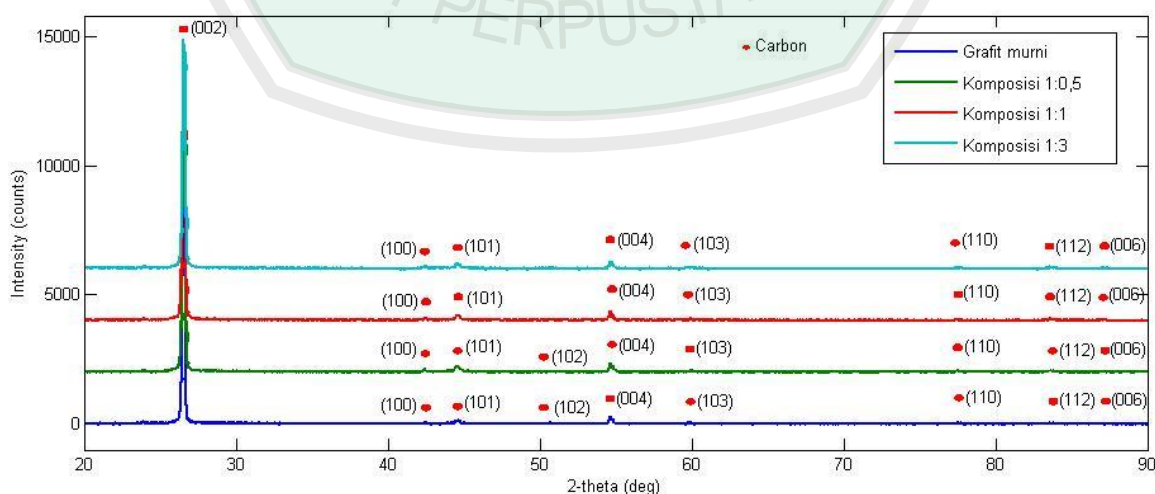
4.1.1 Pembuatan Anoda

Tahapan awal dalam penelitian ini adalah persiapan bahan anoda untuk baterai ion lithium. Proses sintesis bahan grafit ini dilakukan dengan metode pencampuran (grafit dan *citric acid*) dengan ethanol 50 mL diatas *hot plate* dengan suhu *hot plate* 80 °C dan putaran sebesar 200 rpm selama enam jam. Setelah itu sampel tersebut disimpan dalam oven 80 °C untuk menghilangkan kadar air selama tiga hari sampai terbentuk endapan gel dibagian atas sebelum selanjutnya di panaskan pada suhu 350 °C selama lima jam yang disebut dengan proses degradasi. Proses degradasi adalah suatu reaksi perubahan kimia atau peruraian suatu senyawa atau molekul menjadi senyawa atau molekul yang lebih sederhana secara bertahap. Pemanasan untuk pelepasan unsur H, sehingga hanya

tersisa unsur C dalam sampel. Sampel yang dihasilkan kemudian digerus dan dipanaskan kembali pada suhu *sintering* 600 °C selama 4 jam, hal ini disebut proses karbonisasi. Karbonisasi adalah suatu proses dimana unsur-unsur oksigen dan hidrogen dihilangkan dari karbon dan akan menghasilkan rangka karbon yang memiliki struktur tertentu. Semua proses dilakukan dalam Laboratorium Baterai Lithium Indonesia PPF-LIPI Serpong, Tangerang Selatan.

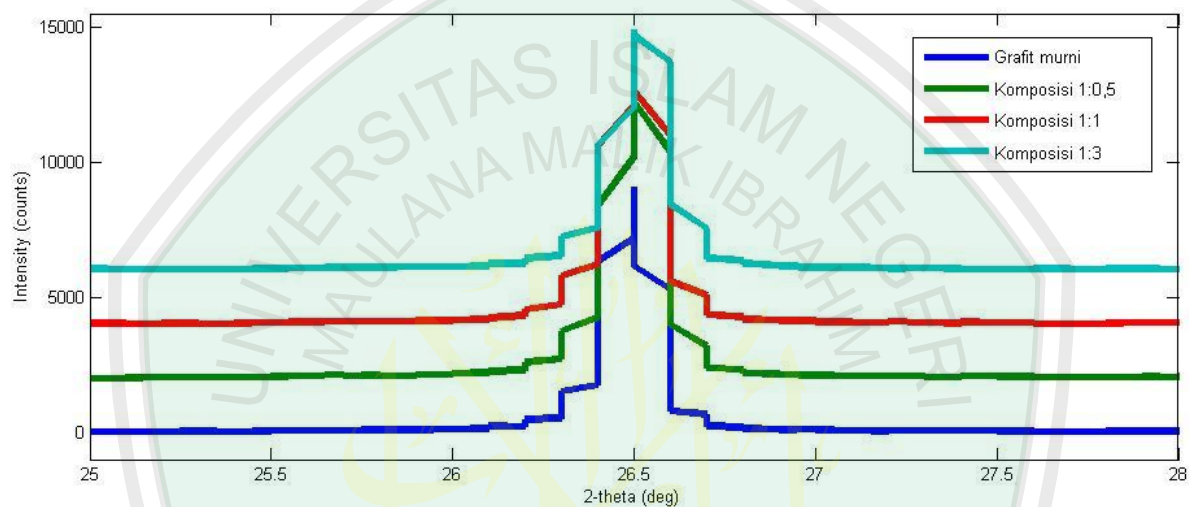
4.1.2 Karakterisasi Grafit menggunakan XRD (X-ray Diffraction)

Pengamatan struktur kristal dengan XRD merek Rigaku tipe SmartLab yang terdapat di Pusat Penelitian Fisika-LIPI Serpong, Tangerang Selatan. XRD tersebut menggunakan CuK- α ($\lambda = 1,541862 \text{ \AA}$) sebagai sumber cahaya dengan mengaplikasikan *scanning speed* 5°/menit dan rentang sudut pengukuran dari 20°-90°. Hal ini dilakukan sebagai tahap awal karakterisasi untuk mengidentifikasi fasa yang terbentuk dengan membandingkan harga sudut 2 θ dari hasil pengujian dengan harga 2 θ sampel standar (JCPDS #75-1621).



Grafik 4.1 Hasil uji karakterisasi XRD grafit murni dan grafit terlapisi *citric acid* dengan komposisi 1:0.5, 1:1, 1:3.

Dari grafik 4.1 diketahui bahwa puncak-puncak difraksi pada sampel terdapat pada sudut 2θ sekitar 26° , 42° , 44° , 51° , 55° , 60° , 77° , 83° , 87° . Hasil difraksi yang diperoleh juga menunjukkan bahwa puncak utama dengan intensitas maksimum pada 2θ sekitar $26,5^\circ$ dengan indeks miller (002).



Grafik 4.2 Pola pergeseran nilai 2θ pada indeks miller (002) sampel grafit murni dan grafit dilapisi *citric acid* dengan komposisi 1:0.5, 1:1, 1:3.

Grafik 4.2 menunjukkan pergeseran dari nilai 2θ pada indeks miller 002. Terlihat pergeseran 2θ ke arah kanan yaitu pada nilai 2θ lebih besar. Pergeseran nilai 2θ sampel grafit murni dan grafit dilapisi *citric acid* tidak terlalu besar.

Tabel 4.1 Pergeseran nilai 2 θ pada sampel grafit murni dan grafit terlapisi *citric acid* dengan komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3.

Indeks Miller	2 θ			
	Grafit murni	Komposisi 1:0,5	Komposisi 1:1	Komposisi 1:3
002	26,4879	26,516	26,506	26,523
100	42,316	42,337	42,313	42,360
101	44,521	44,519	44,520	44,541
102	50,60	50,82	-	-
004	54,604	54,629	54,629	54,646
103	59,82	59,88	59,84	59,87
110	77,438	77,469	77,465	77,487
112	83,587	83,58	83,60	83,649
006	86,988	87,04	87,068	87,04

Tabel 4.1 menunjukkan nilai pergeseran nilai 2 θ pada sampel grafit murni dan grafit dilapisi *citric acid* dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3. Hilangnya puncak 2 θ terdapat pada sampel grafit dilapisi *citric acid* pada komposisi 1:1 dan 1:3 dengan indeks miller (102).

Ukuran kristal dari sampel dapat dihitung menggunakan persamaan *Scherrer* sebagai berikut:

$$D = \frac{k \lambda}{\beta \cos \theta}$$

dengan D adalah ukuran Kristal, k adalah konstanta yang bernilai 0,94, λ adalah panjang gelombang $\text{Cu}_{K\alpha}$, β adalah nilai FWHM (*Full-Width Half Maximum*), dan θ adalah sudut Bragg.

Tabel 4.2 Ukuran kristal dan kristalinitas sampel grafit dan variasi komposisi grafit dengan *citric acid*.

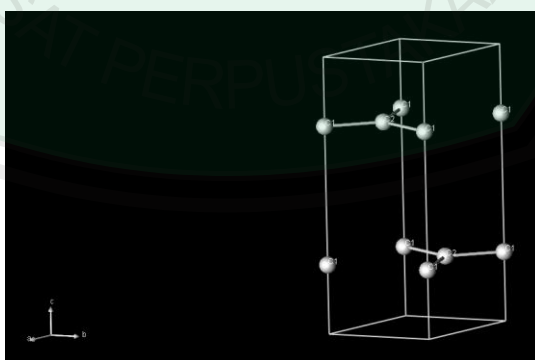
Sampel	β (deg)	Ukuran kristal (nm)	Kristalinitas (%)
Grafit murni	0,1255	11,3693	89
komposisi 1:0,5	0,141	10,1112	100
Komposisi 1:1	0,147	9,69826	100
Komposisi 1:3	0,148	9,63307	100

Tabel 4.2 menunjukkan hasil perhitungan ukuran kristal dan derajat kristalinitas sampel grafit murni dan grafit dilapisi *citric acid* dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3. Ukuran yang diperoleh pada sampel berkisar 9-12 nm. Sampel grafit murni memiliki derajat kristalinitas paling rendah yaitu 89% sedangkan sampel dengan dilapisi *citric acid* memiliki derajat kristalin mencapai 100%.

Tabel 4.3 Parameter kisi sampel dan stuktur kristal sampel grafit murni dan variasi komposisi grafit dengan *citric acid*.

sampel	a(Å)	b(Å)	c(Å)	alpha(deg)	beta(deg)	gamma(deg)
Grafit murni	2.4590	2.4590	6.7112	90	90	120
1:0,5	2.4620	2.4620	6.7136	90	90	120
1:1	2.4607	2.4607	6.7096	90	90	120
1:3	2.4610	2.4610	6.7115	90	90	120

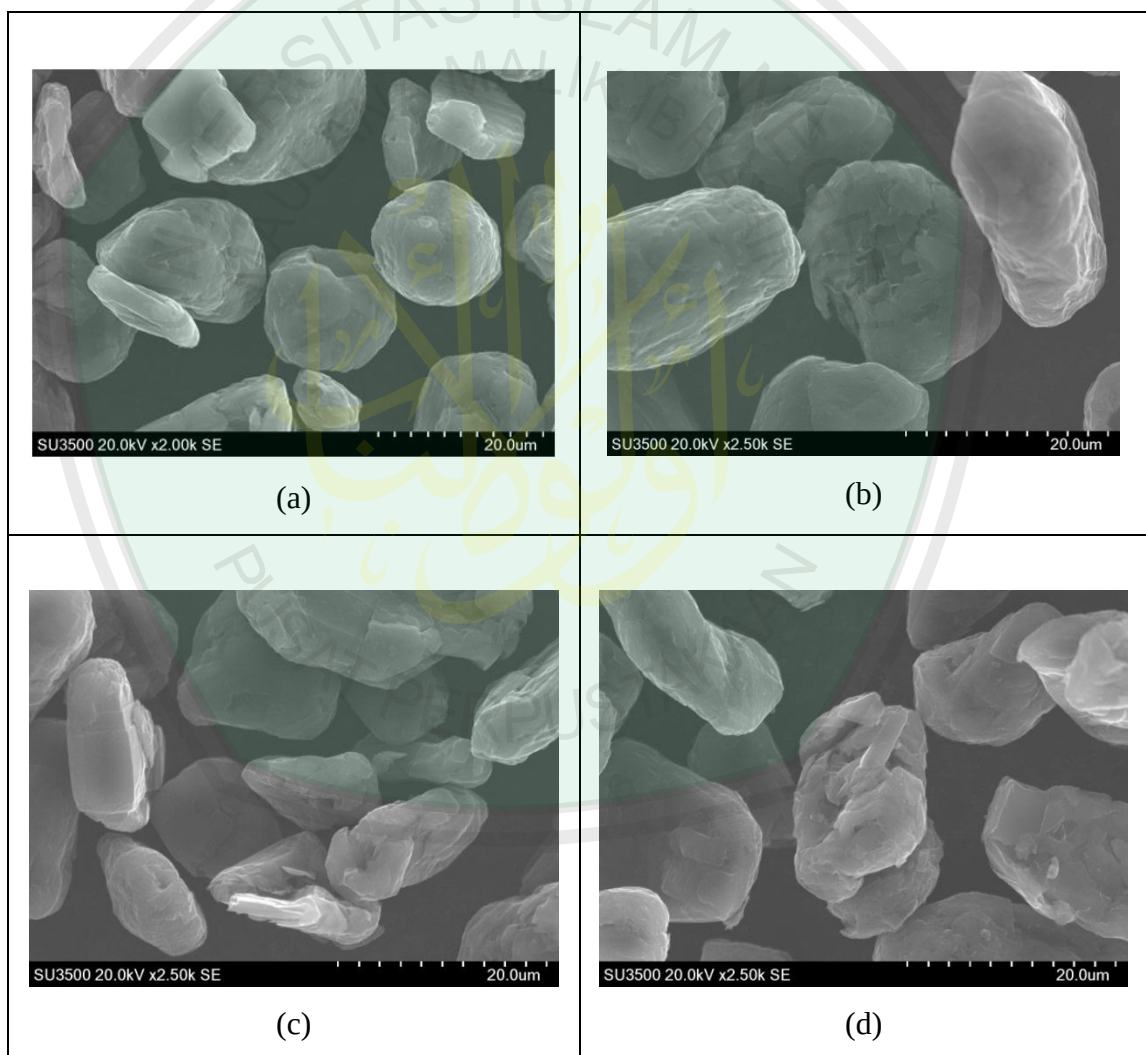
Puncak difraksi menunjukkan bahwa sampel memiliki parameter kisi dan struktur kristal yang dihasilkan adalah heksagonal sesuai pada tabel 4.3 dengan $\alpha = \beta = 90^\circ$ dan $\gamma = 120^\circ$.



Gambar 4.1 Stuktur kristal sampel

4.1.3 Karakterisasi struktur mikro menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Struktur mikro partikel grafit dikarakterisasi menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merk Hitachi SU3500 yang dilengkapi *Energy Dispersive X-ray* (EDX). Hasil *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada sampel ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hasil SEM (a) grafit murni, (b) grafit dilapisi *citric acid* dengan komposisi 1:0,5 (c) grafit dilapisi *citric acid* dengan komposisi 1:1 (d) grafit dilapisi *citric acid* dengan komposisi 1:3.

Gambar 4.2 menunjukkan foto hasil SEM grafit murni dan grafit yang dilapisi *citric acid* dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3. Pengamatan dilakukan pada perbesaran 2500 kali sehingga morfologi partikel bisa tampak jelas terlihat.

Tabel 4.4 Rata-rata ukuran butir sampel grafit murni dan variasi komposisi grafit dengan *citric acid*.

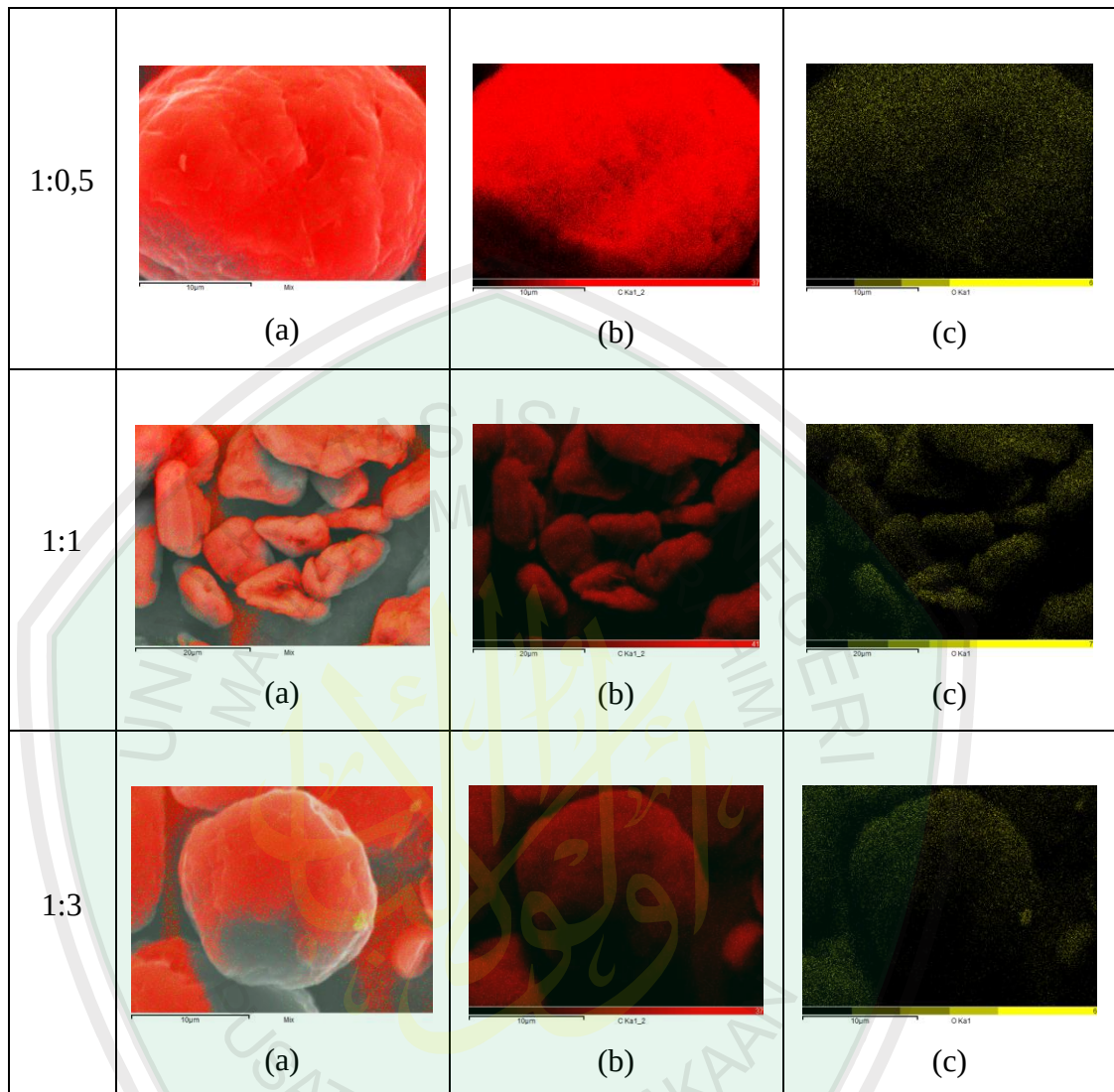
Sampel	Rata-rata ukuran butir (μm)
Grafit murni	108,518
1:0,5	128,74
1:1	93,228
1:3	103,161

Tabel 4.4 menunjukkan grafit murni dengan rata-rata ukuran butir mencapai 108,518 μm akan mengalami perubahan setelah dilapisi *citric acid*. Ukuran butir terkecil terdapat pada sampel grafit yang dilapisi *citric acid* pada komposisi 1:1.

Tabel 4.5 Sebaran unsur C dan O pada sampel grafit murni dan grafit dilapisi *citric acid* dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3.

Sampel	Kandungan	Weight%	Atomic%
1:0,5	C K	91.74	93.67
	O K	8.26	6.33
1:1	C K	89.45	91.86
	O K	10.55	8.14
1:3	C K	91.35	93.36
	O K	8.65	6.64

Dari Tabel 4.5 menandakan bahwa persentase berat karbon yang paling besar terletak pada grafit dilapisi *citric acid* dengan komposisi 1:0,5 dan diantara komposisi 1:1 dan 1:3 yang memiliki berat karbon lebih besar adalah 1:3.



Gambar 4.3 Hasil SEM grafit terlapsi *citric acid* dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3 (a) *mix* (b) sebaran unsur C (c) sebaran unsur O.

Gambar 4.3 menandakan adanya sebaran unsur C dan O. Bintik-bintik warna merah mendakan adanya sebaran unsur C dan bintik-bintik kuning menandakan sebaran unsur O.

4.1.4 Pembuatan Baterai Ion Lithium

Pembuatan baterai dilakukan dengan beberapa tahap. Tahap pertama pembuatan *slurry* disiapkan sampel grafit dan grafit yang sudah terlapisi *citric acid* dengan variasi komposisi (1:0,5, 1:1, 1:3), PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*), AB (*Acetyllene Black*), dan DMAC (*N-N Dimethyl Acetamid*) sesuai dengan komposisi yang ditentukan yaitu 85%:10%:5% dan DMAC ± 12 mL. Serbuk PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*) berfungsi sebagai perekat (*binder*), AB (*Acetyllene Black*) berfungsi sebagai zat aditif dan DMAC (*N-N Dimethyl Acetamid*) berfungsi sebagai pelarut. kemudian *hot plate* yang akan digunakan untuk membuat *slurry* diatur dengan temperatur 70°C dengan putaran sebesar 150 rpm. Pertama dicampurkan DMAC dengan PVDF diatas *hot plate* dengan *magnetic stirrer* di dalam *beaker glass* sampai jernih kemudian dimasukkan AB ke dalam larutan DMAC dan PVDF secara perlahan sampai tercampur merata. Setelah tercampur merata baru dimasukkan grafit terlapisi *citric acid* secara perlahan dan dibiarkan teraduk diatas *hot plate* sampai terbentuk *slurry* yang diinginkan $\pm 1,5$ jam.

Tahap kedua yaitu pembuatan lembaran dengan cara diletakkan *Cu-foil* diatas *doctor blade* dan divakumkan kemudian *Cu-foil* dibersihkan dengan aseton. Ketebalan *doctor blade* diukur dengan alat pengukur ketebalan sebesar 0,2 mm kemudian dituangkan *slurry* diatas *Cu-foil* sedikit demi sedikit dan *running doctor blade* dengan kecepatan $\pm 6-7$ rpm sampai *Cu-foil* terlapisi sempurna dengan *slurry*. Setelah selesai kemudian dikeringkan lembaran anoda grafit pada *dry box* dengan temperatur sebesar 80°C sampai mengering (± 1 jam).

Tahap ketiga yaitu *calendering* yang termasuk bagian dari proses pembuatan lembaran. *Calendering* adalah proses penekanan lembaran dengan menggunakan *roll* yang terdiri dari dua tabung berfungsi untuk memastikan lembaran tidak rontok dan sudah merekat.

Tahap keempat yaitu *cutting* yang merupakan proses pemotongan lembaran untuk selanjutnya di gunakan sebagai anoda baterai lithium. Pemotongan ini dibentuk lingkaran dengan diameter 1,5 cm.

Tahap terakhir yaitu *battery assembly* dengan disiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan kemudian disusun dengan urutan mulai dari alas (*can*), spaser, anoda, separator dan katoda. Katoda yang digunakan adalah *lithium metal* dan separator berupa *polyethylene polypropylene* (PE/PP). Ditetaskan elektrolit (LiPF_6) sampai seluruh permukaan terkena oleh cairan elektrolit (LiPF_6) setelah itu di atasnya diletakkan spaser, kemudian *wave spring*. Terakhir ditutup dengan penutup (*cap*) dan *sealing casing* secara sempurna agar tertutup rapat. Dibiarkan selama 1 hari sebelum diuji *cyclic voltammetry* dan *charge-discharge*.

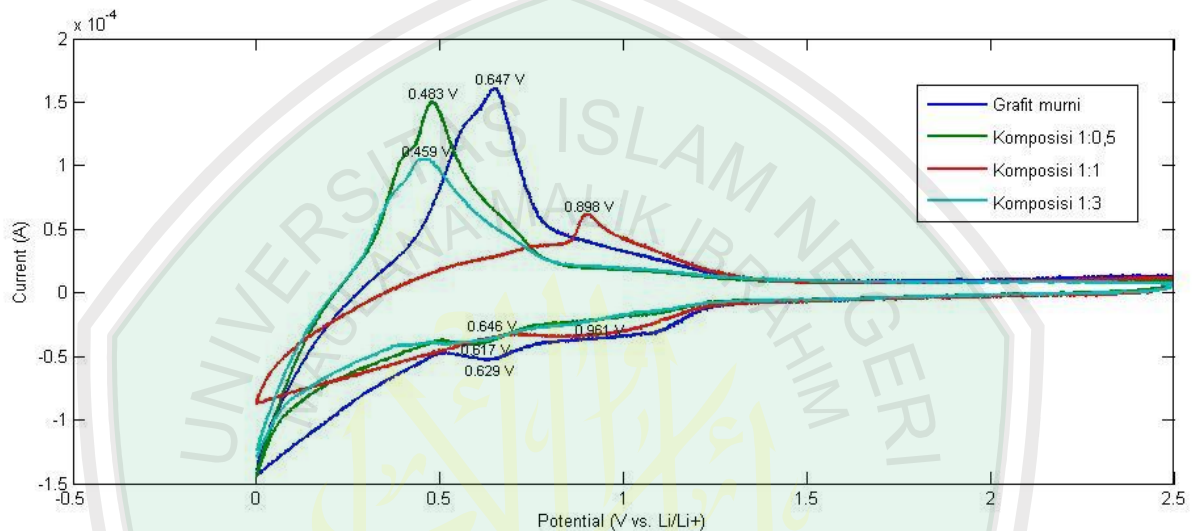
4.1.5 Analisis reaksi redoks menggunakan CV (*Cyclic Voltammetry*)

Karakterisasi elektrokimia menggunakan *Cyclic Voltammetry* (CV) WonATech 3000 di Laboratorium Baterai Lithium Indonesia PPF-LIPI yang berfungsi untuk melihat adanya reaksi reduksi dan oksidasi yang terbentuk pada sampel.

Waktu tempuh dalam setiap *scan* dari potensial awal ke potensial akhir dapat diketahui dengan rumus:

$$\text{Scan rate (SR)} = \text{Volt/waktu}$$

Scan rate dalam *cyclic voltammetry* diatur sebesar 0,1 mV/s dan rentang tegangan 0 V sampai 2,5 V jadi ditempuh dengan waktu 25000 s (6,94 jam). Hal ini dilakukan dalam beberapa *cycle*. Untuk hasil yang ditampilkan adalah pada *cycle* ke dua dan ketiga.



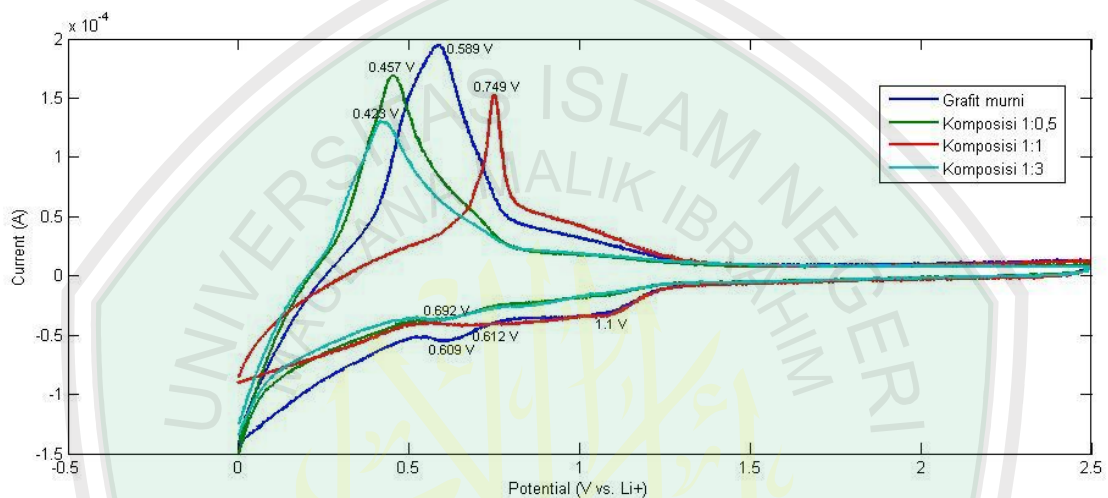
Grafik 4.3 Hasil uji *cyclic voltammetry* pada cycle ke 2 sampel grafit murni dan grafit dilapisi *citric acid* dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3.

Grafik 4.3 menunjukkan bahwa pada grafit murni dengan potensial awal (E_o) 2,5 V didapat potensial *peak* reduksi (E_{pc}) sebesar 0,629 V pada arus katodik (I_{pc}) -0,052 mA kemudian dilakukan scan balik didapat potensial *peak* oksidasi (E_{pa}) 0,647 V pada arus anodik (I_{pa}) 0,161 mA. Untuk grafit dilapisi *citric acid* dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1 dan 1:3 yaitu dengan potensial awal sama yaitu 2,5 V yang hasilnya ditampilkan dalam tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil uji *Cyclic Voltammetry* (CV) cycle ke 2.

Sampel	E_o (V)	E_{pc} (V)	I_{pc} (mA)	E_{pa} (V)	I_{pa} (mV)
Grafit murni	2,5	0,629	-0,052	0,647	0,161
Komposisi 1:0,5	2,5	0,617	-0,039	0,483	0,15
Komposisi 1:1	2,5	0,961	-0,032	0,898	0,062
Komposisi 1:3	2,5	0,646	-0,035	0,459	0,106

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa dengan potensial awal sama sebesar 2,5 V membentuk *peak* reduksi dan oksidasi yang berbeda. Pada grafit dilapisi *citric acid* yang paling tajam terdapat pada komposisi 1:0,5. Dan diantara komposisi 1:1 dan 1:3 yang membentuk *peak* tertajam yaitu 1:3.



Grafik 4.4 Hasil uji *Cyclic Voltammetry* (CV) cycle ke 3 sampel grafit murni dan grafit dilapisi *citric acid* dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3.

Cycle ketiga ditampilkan pada grafik 4.4 menghasilkan *peak* yang lebih tinggi dan lebih tajam dibandingkan pada *cycle* kedua. *Peak* dari hasil uji *cyclic voltammetry* pada *cycle* ketiga di tampilkan dalam tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil uji *Cyclic Voltametry* (CV) cycle ke 3

Sampel	E _o (V)	E _{pc} (V)	I _{pc} (mA)	E _{pa} (V)	I _{pa} (mV)
Grafit murni	2,5	0,609	-0,054	0,589	0,195
Komposisi 1:0,5	2,5	0,612	-0,035	0,457	0,169
Komposisi 1:1	2,5	1,1	-0,032	0,749	0,153
Komposisi 1:3	2,5	0,602	-0,036	0,423	0,13

Reaksi redoks yang terjadi yaitu pada saat terjadi reaksi oksidasi (arus anodik) yaitu:

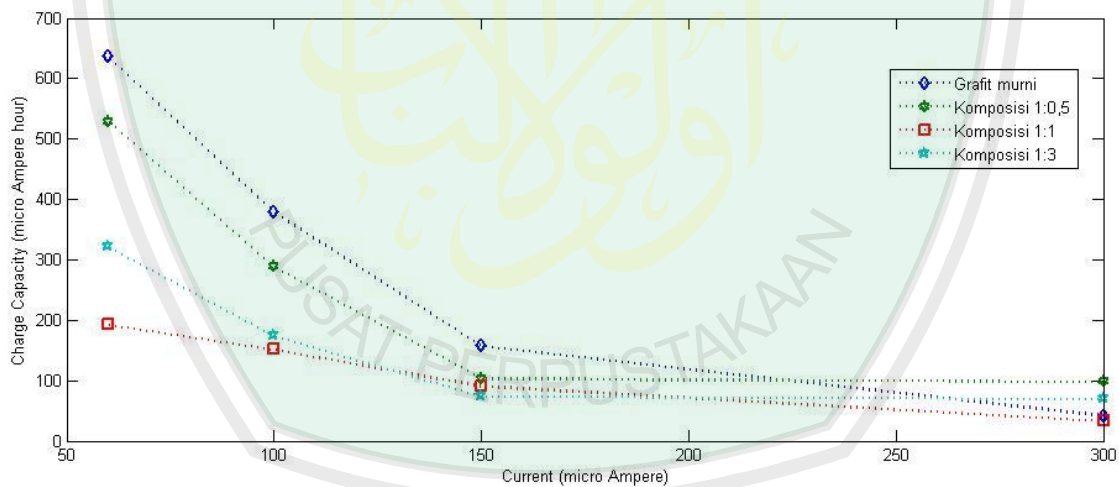


Sedangkan pada reaksi reduksi (arus katodik) yaitu:



4.1.6 Analisa Capacity Battery dengan CD (Charge-Discharge)

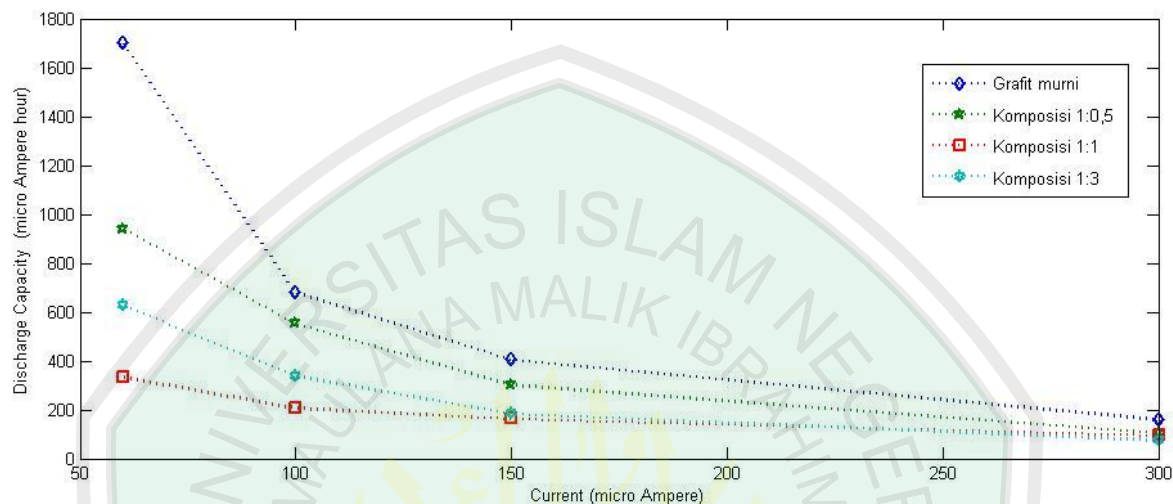
Proses identifikasi kapasitas baterai dilakukan dengan menggunakan alat uji *Charge-Discharge* (CD) dengan merek *Automatic Battery Cycler* tipe WBCS3000 di Laboratorium Baterai Lithium Indonesia PPF-LIPI.



Grafik 4.5 Hubungan arus dengan kapasitas *charge* pada sampel grafit murni dan grafit dilapisi *citric acid* dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3.

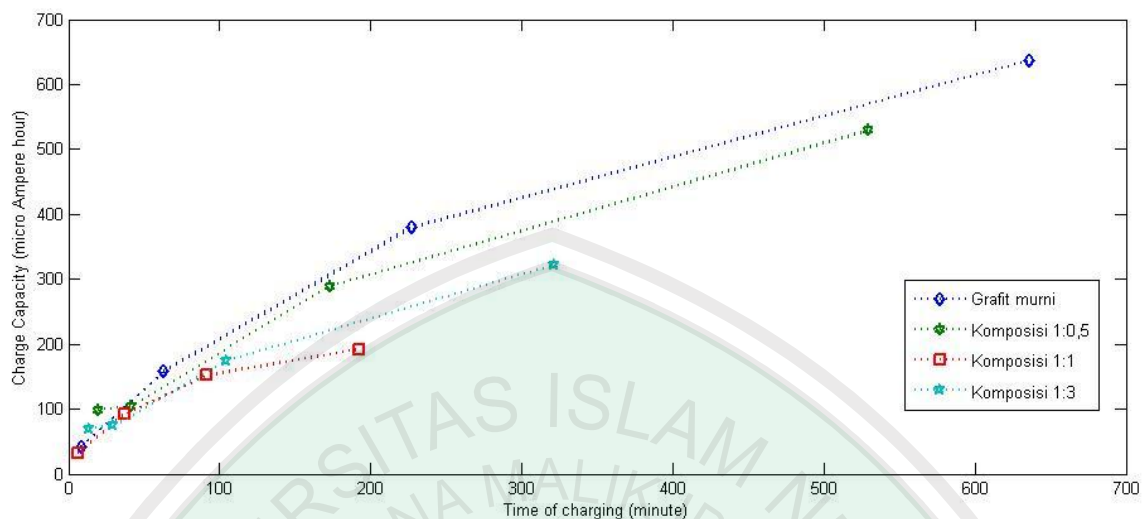
Dari grafik 4.5 bahwa dengan arus pengisian awal yaitu 60 µA sampai pengisian 300 µA menunjukkan hasil kapasitas *charge* awal terbesar pada grafit tanpa dilapisi *citric acid* namun dengan penambahan arus, grafit dengan dilapisi *citric acid* menghasilkan kapasitas *charge* meningkat dibandingkan dengan grafit

tanpa dilapisi *citric acid*. Pada arus pengisian 300 μA kapasitas *charge* paling tinggi didapatkan pada grafit dengan dilapisi *citric acid* 1:0,5.



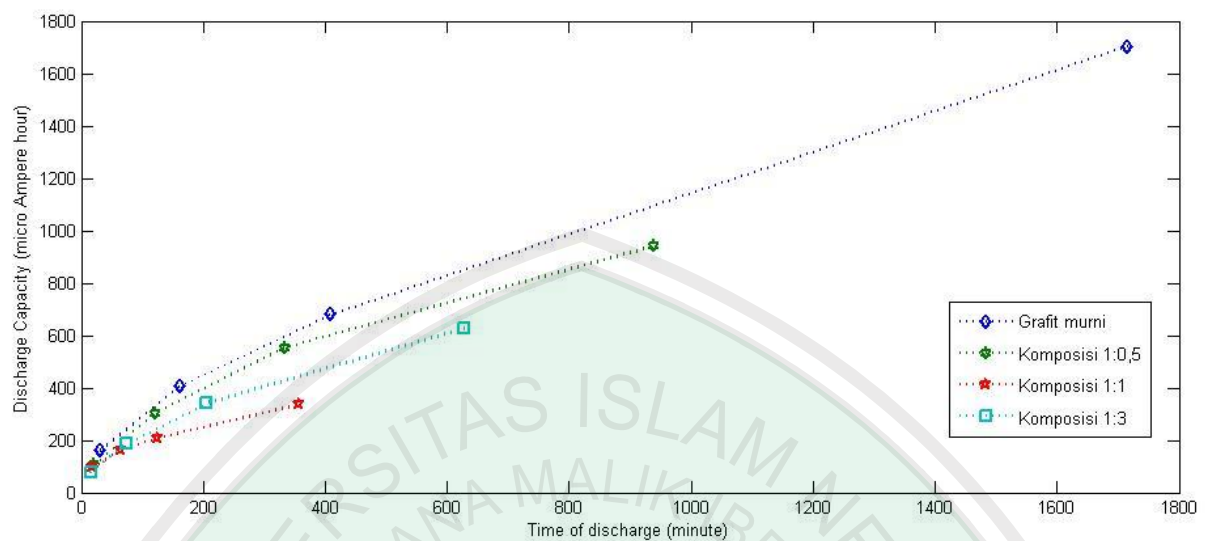
Grafit 4.6 Hubungan arus dengan kapasitas *discharge* pada sampel grafit murni dan grafit dilapisi *citric acid* dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3.

Grafik 4.6 menunjukkan hubungan arus dengan kapasitas *discharge* pada sampel grafit murni dan grafit dilapisi *citric acid* dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa grafit tanpa dilapisi semakin cepat mengalami penurunan kapasitas *discharge* pada arus pengisian 60 μA sampai pengisian 100 μA dan kapasitas *discharge* paling stabil pada komposisi 1:1 namun dengan kapasitas *discharge* yang rendah.



Grafik 4.7 Hubungan waktu *charge* dengan kapasitas *charge* pada sampel grafit murni dan grafit dilapisi *citric acid* dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3.

Grafik 4.7 menunjukkan bahwa dengan arus pengisian yang sama yaitu 60 μA sampai pengisian 300 μA didapat hubungan waktu *charge* dengan kapasitas *charge* pada sampel grafit murni dan grafit dilapisi *citric acid* dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3. Dengan kapasitas *charge* yang rendah dan waktu *charge* yang cepat didapatkan pada grafit dengan komposisi 1:1 namun waktu *discharge* juga paling cepat pada sampel grafit dilapisi *citric acid* dengan komposisi 1:1 yang terlihat dari grafik 4.9.



Grafik 4.8 Hubungan waktu *discharge* dengan kapasitas *discharge* pada sampel grafit murni dan grafit dilapisi *citric acid* dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3.

Tabel 4.6 menunjukkan nilai *capacity battery* dengan *charge-discharge* pada sampel grafit murni dan grafit dilapisi *Citric acid* dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1 dan 1:3. Dengan arus pengisian sebesar 60 μA -300 μA .

Tabel 4.8 Hasil Analisa *capacity battery* dengan *charge-discharge* pada sampel grafit murni dan grafit dilapisi *citric acid*.

Current (μA)		Grafit murni	1:0,5	1:1	1:3
300	Charge Capacity (μAh)	42	99,1	33	69,817
	Time of charging (minute)	8,5	19,87	6,3	14
	Discharge Capacity (μAh)	161,19	105,65	95,098	76,956
	Time of discharge (minute)	32	21,1	19	15,5
150	Charge Capacity (μAh)	157,772	104,18	92	74,531
	Time of charging (minute)	63	41,67	37	29,67
	Discharge Capacity (μAh)	407,33	304,21	163,67	186,76
	Time of discharge (minute)	163	121,87	65	74,67
100	Charge Capacity (μAh)	380	289,24	151,71	174,2
	Time of charging (minute)	227	173,33	91	104,33
	Discharge Capacity (μAh)	681,99	553,96	209,5	341,73
	Time of discharge (minute)	409	333	125	205,5
60	Charge Capacity (μAh)	637,56	529,67	192,46	322,18
	Time of charging (minute)	636	529,5	192	321,67
	Discharge Capacity (μAh)	1703	941,95	335,37	627,11
	Time of discharge (minute)	1715	938	356,5	627,33

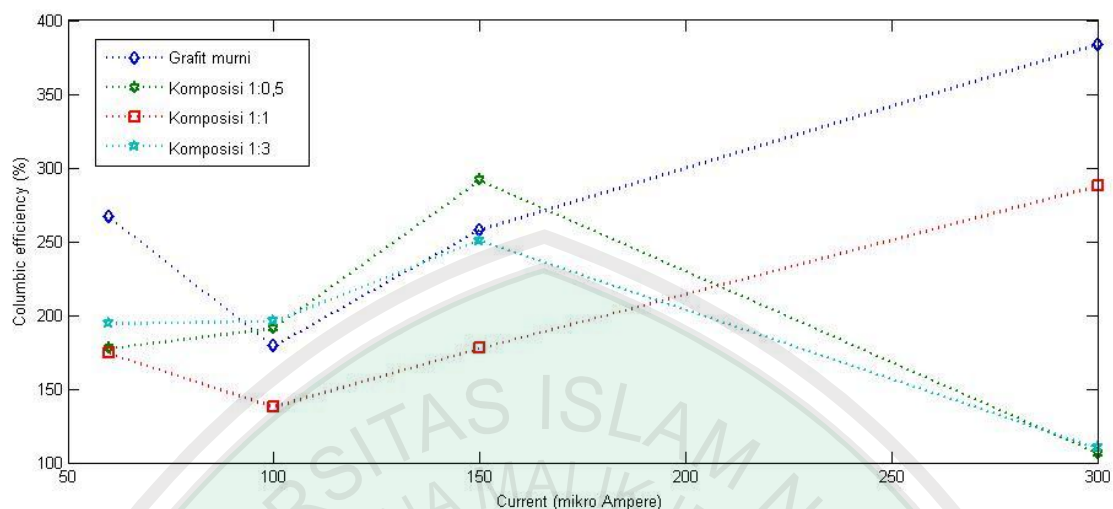
Perhitungan efisiensi *columbic* didapat dari rumus:

$$Columbic\ efficiency = \frac{discharge\ capacity}{charge\ capacity} \times 100\%$$

Tabel 4.9 Hasil perhitungan *columbic efficiency* sampel grafit murni dan grafit di lapisi *citric acid*.

Current (μA)	Columbic efficiency (%)			
	Grafit murni	1:0,5	1:1	1:3
300	383.786	106.609	288.176	110.225
150	258.176	292.004	177.902	250.58
100	179.471	191.523	138.092	196.171
60	267.112	177.837	174.254	194.646

Dari nilai *capacity batteray* dibuat grafik hubungan arus dengan *columbic efficiency* yang terlihat pada grafik 4.10 dan hasil perhitungan *columbic efficiency* di tampilkan dalam tabel 4.9.



Grafik 4.9 Hubungan arus dengan *columbic efficiency* sampel grafit murni dan grafit dilapisi *citric acid* dengan variasi komposisi 1:0,5, 1:1, 1:3.

Grafik 4.9 menunjukkan hubungan arus dan *columbic efficiency* dengan arus mulai 60 μA – 300 μA terlihat bahwa sampel dengan grafit murni mengalami penurunan saat arus listrik 100 μA begitu pula dengan grafit dilapisi *citric acid*. Kemudian sampel mengalami kenaikan *columbic efficiency* kembali dan terus meningkat pada sampel grafit murni dan grafit dilapisi *citric acid* pada komposisi 1:1. Namun pada grafit dilapisi *citric acid* pada komposisi 1:0,5 dan 1:3 mengalami penurunan pada arus 150 μA sampai 300 μA . Hal ini membuktikan bahwa penambahan *citric acid* sebagai pelapis grafit akan mempengaruhi efisiensi *columbic*.

4.2 Pembahasan

Baterai adalah suatu sel elektrokimia yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Konfigurasi dasar suatu sel baterai tunggal terdiri dari 3 bagian yaitu : elektroda anoda, elektrolit, dan elektroda katoda. Anoda adalah

elektroda negatif yang berkaitan dengan reaksi oksidasi setengah sel yang melepaskan elektron ke dalam sirkuit eksternal. Anoda yang digunakan dalam penelitian ini yaitu grafit yang dilapisi *citric acid*. Grafit yang memiliki dimensi yang stabil untuk proses interkalasi dan deinterkalasi pada atom lithium. Oleh karena itu, grafit menjadi bahan anoda pilihan untuk baterai lithium. Sedangkan sebagai pelapis digunakan *citric acid* karena dari penelitian-penelitian sebelumnya *citric acid* telah menjadi salah satu bahan baku unggulan yang digunakan sebagai pelapis untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan lithium yang baik.

Anoda grafit yang dilapisi *citric acid* dengan variasi komposisi yaitu 1:0,5, 1:1, dan 1:3 ini dilakukan untuk mengetahui komposisi yang tepat dan baik untuk meningkatkan performa pada baterai ion lithium.

Pengamatan struktur kristal dengan XRD dilakukan sebagai tahap awal karakterisasi untuk mengidentifikasi sejauh mana fasa yang terbentuk seperti yang diinginkan dan fasa lainnya yang tidak diharapkan. Hasil yang didapat jika disamakan dengan data JCPDS 75-1621 yang dipakai telah membuktikan keberhasilan dari sintesis grafit yang telah dilakukan dengan fasa berupa kristalin. Hanya ada fasa C dan tidak terdapat puncak baru yang menunjukkan adanya fasa lain hal ini membuktikan bahwa dengan penambahan *citric acid* dalam pelapisan grafit tidak mempengaruhi struktur kristal yang dihasilkan dan terdapat sedikit pergeseran nilai 2θ yang ditampilkan dalam tabel 4.1.

Hilangnya puncak 102 pada grafit dilapisi *citric acid* pada komposisi 1:1 dan 1:3 hal ini mungkin dikarenakan pengaruh dari penambahan pelapisan pada grafit dengan menggunakan *citrid acid* yang menguap karena suhu tinggi pada

proses karbonisasi. Puncak utama dengan intensitas maksimum pada 2θ sekitar $26,5^\circ$ (002) juga mengindikasikan kristalinitas semakin tinggi setara dengan data JCPDS 75-1621. Grafit dengan dilapisi *citric acid* semakin banyak akan menghasilkan ukuran kristal yang semakin kecil. Ukuran kristal yang di peroleh ini berbanding terbalik dengan nilai FWHM, sampel yang memiliki FWHM yang rendah akan menghasilkan ukuran kristal yang lebih besar. Menurunnya ukuran partikel menandakan naiknya konduktifitas sampel.

Ukuran kristal yang begitu kecil juga telah dibahas dalam al-Quran surat Yunus(10): 61.

وَمَا تَكُونُ فِي شَأْنٍ وَمَا تَتْلُوا مِنْهُ مِنْ قُرْآنٍ وَلَا تَعْمَلُونَ مِنْ عَمَلٍ إِلَّا كُنَّا عَلَيْكُمْ شُهُودًا إِذْ تُفِيضُونَ فِيهِ وَمَا يَعْزُبُ عَنْ رَبِّكَ مِنْ مِثْقَالِ ذَرَّةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي السَّمَاءِ وَلَا أَصْغَرَ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرَ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُبِينٍ ﴿٦١﴾

“Kamu tidak berada dalam suatu keadaan dan tidak membaca suatu ayat dari Al Quran dan kamu tidak mengerjakan suatu pekerjaan, melainkan kami menjadi saksi atasmu di waktu kamu melakukannya. tidak luput dari pengetahuan Tuhanmu biarpun sebesar zarrah (atom) di bumi ataupun di langit. tidak ada yang lebih kecil dan tidak (pula) yang lebih besar dari itu, melainkan (semua tercatat) dalam Kitab yang nyata (Lauh mahfuzh)”(Q.S. Yunus(10): 61).

Kata (ذَرَّةٍ) yang merupakan substansi materi yang paling kecil dalam al Quran sebagai petunjuk ke arah bahan aktif yang digunakan untuk anoda baterai ion lithium yang mencapai ukuran mikro, nano bahkan yang lebih kecil lagi. Dalam penciptaan alam semesta ini memang tidaklah sia-sia. Bahkan karbon sekalipun dalam skala nano dapat dimanfaatkan untuk bahan anoda baterai lithium yang digunakan sebagai penyimpan energi.

Penambahan *citric acid* sebagai pelapis grafit juga mengakibatkan peningkatan derajat kristalinitas dibandingkan sampel grafit murni yang tanpa penambahan *citric acid* sebagai pelapisnya. Proses *sintering* mengakibatkan perbaikan struktur kristal sehingga meningkatkan derajat kristalinitas bahan. Pelapisan *citric acid* tidak mempengaruhi struktur kristal dari bahan grafit. Karbon yang berasal dari *citric acid* tidak dapat teridentifikasi dengan analisa XRD karena struktur kristal yang *amorphous*. Sehingga tidak mempengaruhi struktur kristal dari grafit.

Hasil dari pengujian SEM pada grafit yang dilapisi *citric acid* dengan variasi komposisi berupa foto *scanning* dengan perbesaran 2500 kali. Sampel berbentuk bulat atau *sphere* merupakan syarat utama pembentukan karbon supaya dapat menghasilkan energi tinggi. Unsur logam penyusun dengan nomor atom lebih tinggi akan menghasilkan warna yang lebih terang/putih dari pada unsur logam penyusun dengan nomor atom yang lebih rendah.

Berat karbon yang paling besar ditunjukkan pada variasi komposisi grafit dengan *citric acid* yaitu 1:0,5. Hal ini dikarenakan pada komposisi tersebut jumlah *citric acid* lebih sedikit dibandingkan dengan grafit sehingga kandungan O dari *citric acid* lebih sedikit. kemudian dengan variasi komposisi 1:3 dan yang paling sedikit sebaran unsur C adalah pada komposisi 1:1. Adapun 1:1 dan 1:3 terlihat bahwa 1:3 kandungan C lebih besar, ini menunjukkan bahwa pada sampel ini terbentuk karbonisasi yang sempurna pada saat *sintering* sehingga O lebih banyak terlepas dan tersisa hanya C saja.

Cyclic voltammetry merupakan teknik voltametri dimana arus diukur selama penyapuan (*scanning*) potensial dari potensial awal ke potensial akhir dan kembali lagi kepotensial awal yang disebut 1 siklus. Dengan demikian arus katodik dan anodik dapat terukur. Prinsip dari *cyclic Voltammetry* adalah melihat hubungan potensial yang diberikan dan arus yang terukur karena melibatkan reaksi redoks diantara anoda yang katoda maka reaksi kedua elektroda tersebut dimonitor besarnya arus yang timbul pengukuran arus listrik dilakukan dengan rentang potensial awal dan akhir yang sama. Grafik *cyclic voltammetry* biasa disebut voltamogram siklik.

Cycle yang ditampilkan pada kurva *cyclic voltametry* adalah pada *cycle* kedua dan ketiga, hal ini karena pada *cycle* pertama belum terjadi kestabilan pada proses interkalasi di baterai sehingga perlu *cycle* yang banyak agar dapat diketahui kestabilan dari performa bahan pada uji *cyclic voltametry*. Pada *cycle* ketiga menghasilkan *peak* yang lebih tajam dan lebih tinggi ini menandakan dengan penambahan *cycle* akan menghasilkan grafik *cyclic voltammetry* yang lebih baik.

Peak yang paling tinggi dan tajam pada grafit dilapisi *citric acid* yaitu 1:0,5 dan diantara komposisi 1:1 dan 1:3 yang memiliki *peak* paling bagus terdapat pada komposisi 1:3. Hal ini mengidentifikasi bahwa pelapisan *citric acid* pada permukaan grafit secara signifikan mengubah kurva *cyclic voltammetry*.

Pada *scan* maju pada arus katodik karena proses elektroda akan mereduksi Li^+ menjadi Li. Menurut Linden (1994) reaksi kimia dalam baterai sekunder bersifat *reversible*, sehingga material penyusun sel dipilih dari material yang memiliki struktur kristal dengan kemampuan '*insertion compound*'.

Identifikasi kapasitas baterai dilakukan dengan alat uji CD dan menghasilkan bahwa grafit dengan dilapisi *citric acid* hanya tahan dengan arus pengisian yang rendah. Dari Tabel 4.8 dapat dipelajari bahwa menurut subhan (2011) sel baterai telah mampu memiliki sifat dasar sebagai devais penyimpan energi listrik yang ditandai oleh dua ciri yaitu adanya penurunan arus dengan berjalannya waktu pengisian dan ketika dalam keadaan sirkuit terbuka, sel baterai mampu bertahan pada tingkat tegangan karakteristik dari sel baterai.

Hasil *charge-discharge* tersebut diindikasikan bahwa kapasitas sangat bergantung pada pengaruh karbon, besar ukuran partikel, dan terjadinya aglomerasi. Aglomerasi adalah pengumpulan dan/atau penumpukan partikel atau zat menjadi satu. Semakin banyak komposisi *citric acid* sebagai pelapis maka konduktifitas meningkat dikarenakan ukuran butir partikel menurun dan beraglomerasi namun menutupi jalur interkalasi/de-interkalasi ion Li sehingga kapasitas selalu menurun. Di pengujian *charge-discharge* juga terjadi proses mekanisme reaksi baterai ion lithium dimana pada saat *charging* di anoda, ion Li berinterkalasi masuk ke *host* anoda sedangkan saat proses *discharging* terjadi de-interkalasi ion lithium yang artinya ion Li keluar dari *host* anoda (Zeddy, 2014).

Kemampuan kapasitas energi yang tersimpan dalam baterai lithium tergantung pada berapa banyak ion lithium yang dapat disimpan dalam struktur bahan elektrodanya dan berapa banyak yang dapat digerakkan dalam proses *charging* dan *discharging*, karena jumlah arus elektron yang tersimpan dan tersalurkan sebanding dengan jumlah ion lithium yang bergerak (Linden, 1994). Pada proses *charging*, material katoda akan terionisasi, menghasilkan ion lithium

bermuatan positif dan bermigrasi ke dalam *electrolyte* menuju komponen anoda, sementara elektron yang diberikan akan dilepaskan bergerak melalui rangkaian luar menuju anoda. Ion lithium ini akan masuk ke dalam anoda melalui mekanisme interkalasi. Proses interkalasi adalah perpindahan ion lithium dari anoda ke katoda atau sebaliknya.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengaruh variasi komposisi grafit dan *citric acid* terhadap struktur mikro grafit ditunjukkan dengan analisa XRD bahwa penambahan *citric acid* sebagai pelapis grafit pada anoda baterai lithium tidak merubah struktur kristal pada grafit. Proses *sintering* mengakibatkan perbaikan struktur kristal sehingga meningkatkan derajat kristalin bahan mencapai 100% namun masih menurunkan performa baterai ion lithium.
2. Pengaruh variasi komposisi grafit dan *citric acid* terhadap kualitas pelapisan grafit ditunjukkan dengan analisa SEM bahwa dengan pelapisan akan merubah rata-rata ukuran butir dan partikel karbon terdistribusi merata, dengan bentuk partikel bulat (*sphere*).
3. Telah terbentuk reksi reduksi dan oksidasi pada analisa CV. Kapasitas baterai dengan analisa CD dihasilkan bahwa semakin banyak komposisi *citric acid* yang digunakan sebagai pelapis maka konduktifitas meningkat dikarenakan ukuran partikel menurun dan beraglomerasi namun menutupi jalur interkalasi/de-interkalasi ion Li sehingga kapasitas selalu menurun.

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan variasi komposisi grafit dengan *citric acid* yang sama yaitu 1:0,5, 1:1 dan 1:3. Namun suhu *sintering* yang lebih tinggi untuk hasil yang lebih bagus.
2. Penambahan *cycle* pada *cyclic voltammetry* untuk menghasilkan grafik *cyclic voltammetry* yang lebih baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Plastics, Afton. 2014. *PVDF Material Properties Data sheet*.
- Anonymous. 2016. [http:// www.basiccopper.com](http://www.basiccopper.com). Diakses 11 Januari 2016.
- Anonymous. 2014. <https://crystallography365.files.wordpress.com/2014/01/batthey.png>. Diakses 10 Januari 2016.
- Anonymous. 2013. <http://www.ilmukimia.org/2013/05/sel-galvani.html>. Diakses 9 Maret 2016.
- Anonymous. 2013. <http://kimia-asyik.blogspot.co.id/2011/08/sel-volta.html>. Diakses 9 Maret 2016.
- Anonymous. <http://static1.squarespace.com/static/542b9035e4b005bb34f9b102/t/54ef930ae4b02de1a932c7bd/1424986894837/?format=750w>. Diakses 11 Maret 2016.
- Argasani, Zeddy dan Lukman Nuerochim. 2014. *Pengaruh Konsentrasi Karbon Terhadap Performa Elektrokimia Anoda $\text{LiTi}_2(\text{PO}_4)_3$ Untuk Aplikasi Baterai Ion Lithium Tipe Aqueous Elektrolit*. Surabaya: ITS.
- A.D. Little. 1998. *Kline & Company and Company Estimates Carson 1998*. California, USA: PR Newswire.
- BASF Corporation. 2014. *Safe Data Sheet N, N- Dimethylacetamide*.
- Buchmann, Isidor. 2001. *Baterai University*. <http://www.buchmann.com>. Diakses 26 Agustus 2015.
- D. Fauteux, J. 1993. *Appl. Electrochem*. Australia: University of Wollongong.
- Enterprise, Jubilee. 2010. *Teknik Menghemat Baterai*. Jakarta: Gramedia.
- Eriksson, T. 2001. *LiMn_2O_4 as a Li-Ion Battery Cathode From Bulk to Electrolyte Interface*. [Disertasi]. Sweden : Uppsala University.
- Fabrice, Courtel. 2010. *Use of Xanthan Gum as an Anode Binder*. Canada National Research: Council.
- Fadhel, A. 2009. *Lithium Bis (Oxalato) Borate Based Electrolyte For Lithium Ion Cells*. Nort Carolina.
- Grant, N. M., & Suryanayana, C. 1998. *X-Ray Diffraction: A Partical Approach*. New York: Plenum Press.

- Gritzner, G. 1993. *Symbol and Definition In Electrochemical Engineering*. Austria: Pure & Appl Chem.
- H, Tia. 2014. <http://myphascination.blogspot.co.id/2014/07/grafit-dan-intan-graphite-and-diamond.html>. Di akses 30 Mei 2016.
- Han, Yu-Jin dkk. 2015. *Coating of graphite anode with coal tar pitch as an effective precursor for enhancing the rate performance in Li-ion batteries: Effects of composition and softening points of coal tar pitch*. Japan: Science Direct.
- Al-JAzairi, Syaikh Abu Bakar Jabir. 2008. *Tafsir Al-Qur'an Al-Aisar Jilid 5*. Jakarta: Darus Sunnah.
- Kirk, R.E., and Othmer, D.F. 1978. *Encyclopedia of Chemical Technology*. New York: The Interscience Encyclopedia Inc.
- Liang, Zhiyong dkk. 2013. *Synthesis of carbon-coated Li_3VO_4 and its high electrochemical performance as anode material for lithium-ion batteries*. China: South China University of Technology.
- Linden, David. 1994. *Handbook of Batteries second edition*. New York: McGraw Hill.
- M.Z.A. Munshi, dkk. 1995. *Handbook of Solid State Batteries & Capacitors*, hal:427-444 & 469-478. Singapore: Word Scientific.
- Martin Winter, Ralph J Brodd. 2004. *What Are Batteries, Fuel Cells, and Supercapacitors ?*. Chem. Rev. 104 (2004) 4245-4269. American: American Chemical Society.
- Perry, R.H., Green, D. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook, 7th Ed*. New York: Mcgraw-Hill Book Company.
- Rohman, Fadli, dkk. 2015. *Electron Microscopy Investigation and Electrochemical Performance of Carbon-coated $\text{LiFe}_{0.7}\text{Mn}_{0.2}\text{Ni}_{0.1}\text{PO}_4$ for Lithium Ion Battery*. Serpong Tangerang Selatan: Research Center for Physics – LIPI.
- Safety data sheet. 2010. <https://www.msdsonline.com/resources/ghs-answer-center/ghs-101-safety-datasheets-sds> diakses 26 Agustus 2015.
- Sari, Kartika. 2015. *Pembuatan Baterai Lithium Menggunakan Bahan Aktif Mesocarbon Microbead (MCMB) Sebagai Anoda Dengan Variasi Persentase Berat Pelarut N,N-Dimethyl Acetamide (DMAC)*. Skripsi. Sumatra Utara: USU.

- Scholz, F. 2010. *Electroanalytical Methods: Guide to Experiments and Applications*, UK: Springer.
- Sinuhaji P., dan Marlianto E. 2012. *Teknologi Film Tipis*. Medan: USU Press.
- Siti. 2010. <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/Siti%20Marwati,%20M.Si./Voltametri.pdf>. Diakses pada 26 Agustus 2015.
- Smallman, R.E., 1991. *Metallurgi Fisik Modern, Edisi ke empat*. Jakarta: Gramedia.
- Smallman, R., & Bishop, R. 1999. *Modern Physics Metallurgy And Materials Engineering*. Butterworth-Heinemann: Oxford
- Subhan, Achmad. 2011. *Fabrikasi dan Karakterisasi $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ Untuk Bahan Anoda Baterai Lithium Keramik*. Thesis. Depok: Universitas Indonesia.
- Triwibowo, Joko. 2011. *Rekayasa Bahan $\text{Li}_x\text{TMn}_x\text{Fez}(\text{PO}_4)_3$ sebagai Katoda Solid Polymer Battery (SPB) Lithium*. Tesis. Depok: Universitas Indonesia.
- Tsunemi E and Tsuchida E, Ohno H. 1983. *Electrochim. Acta*. India: Alagappa University.
- Wang, Jin dkk. 2011. *Characterization and electrochemical properties of carbon-coated $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ prepared by a citric acid sol-gel method*. Cina: Elsevier.
- Wang Y, Liu H, Wang K, Eiji H, Wang Y, Zhou H. 2009. *Synthesis and electrochemical performance of nano-sized $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ with double surface modification of Ti(III) and carbon*. Japan: J Mater Chem.
- Widyawati, N. 2012. *Analisa Pengaruh Heating Rate terhadap tingkat Kristal dan Ukuran Butir Lapisan BZT yang Ditumbuhkan dengan Metode Sol Gel*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Wiryawang. 2015. <http://wiryawangpblog.blogspot.co.id/2015/04/baterai-lithium.html>. Di akses 30 Mei 2016.
- Yao, D. Yueping. 2003. *Carbon Based Anode Materials Lithium Ion Batteries*. University of Wollongong: Institute for Superconducting & Electronic Materials.
- Yoshio, Masaki. Ralph J. Brodd & Akiya Kozawa (Eds.). 2009. *Lithium-Ion Batteries Science and Technologies*. Japan: Springer.
- Zempachi. 2009. worldwidescience.org/topicpages/l/lithium+rechargeable.html. diakses 30 Agustus 2015.

Zulianingsih, N. 2012. *Analisa Pengaruh Jumlah Lapisan Tipis BZT yang ditumbuhkan dengan Metode Sol Gel terhadap Ketebalan dan Sifat Listrik (Kurva Histerisis)*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.



LAMPIRAN

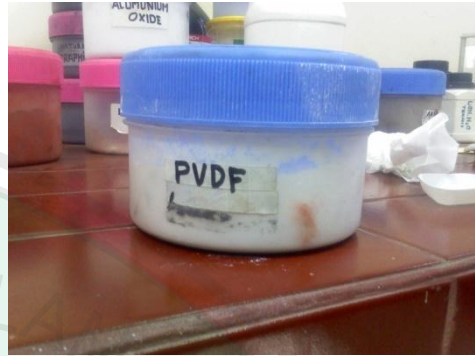


Lampiran 1

GAMBAR



Hot Plate



PVDF



Acetylene Black (AB)



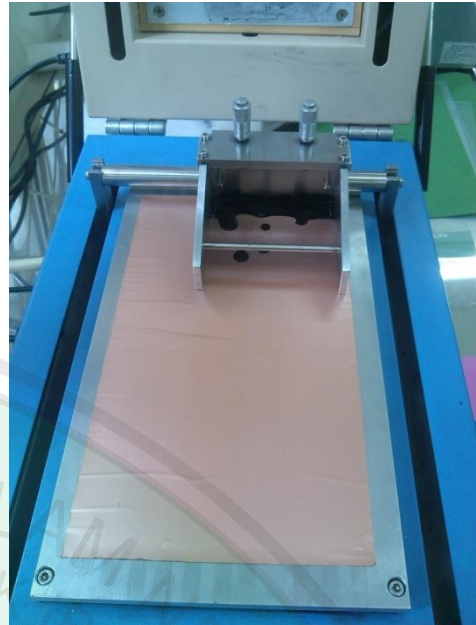
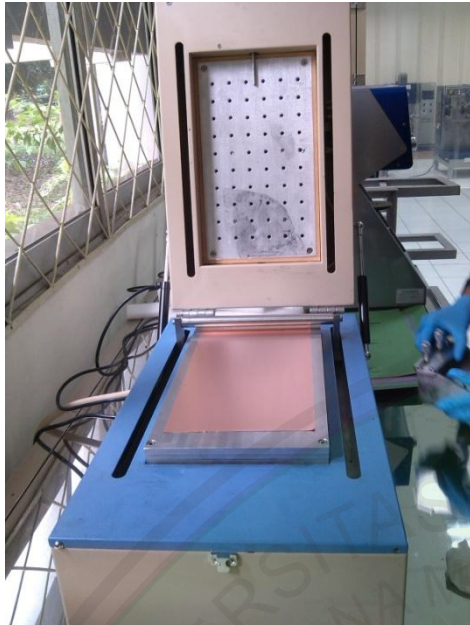
DMAC



Pembuatan slurry



Coating



Coating



Pengujian SEM



Pengujian XRD



Pengujian CV



CV



Assembly baterai



Lampiran 2

PERHITUNGAN

1. Ukuran kristal sampel

$$D = \frac{k \lambda}{\beta \cos \theta}$$

dengan D adalah ukuran Kristal, k adalah konstanta yang bernilai 0,94, λ adalah panjang gelombang $\text{Cu}_{K\alpha}$, β adalah nilai FWHM (*Full-Width Half Maximum*), dan θ adalah sudut Bragg.

a. Grafit murni

$$D = \frac{0.9 \times 1.541862}{0.1255 \cos 13.24395} = 11.3592957099 \text{ nm}$$

b. Grafit dilapisi *citric acid* komposisi 1:0,5

$$D = \frac{0.9 \times 1.541862}{0.141 \cos 13.258} = 10.1111626655 \text{ nm}$$

c. Grafit dilapisi *citric acid* komposisi 1:1

$$D = \frac{0.9 \times 1.541862}{0.147 \cos 13.253} = 9.6982627764 \text{ nm}$$

d. Grafit dilapisi *citric acid* komposisi 1:3

$$D = \frac{0.9 \times 1.541862}{0.148 \cos 13.2615} = 9.6330706657 \text{ nm}$$

2. Efisiensi *columbic*

$$Columbic\ efficiency = \frac{discharge\ capacity}{charge\ capacity} \times 100\%$$

a. Pada arus 300 μ A

- Grafit murni

$$Columbic\ efficiency = \frac{161.19}{42} \times 100\% = 383.786\%$$

- Grafit dilapisi *citric acid* komposisi 1:0,5

$$Columbic\ efficiency = \frac{105.65}{99.1} \times 100\% = 106.609\%$$

- Grafit dilapisi *citric acid* komposisi 1:1

$$Columbic\ efficiency = \frac{95.098}{33} \times 100\% = 288.176\%$$

- Grafit dilapisi *citric acid* komposisi 1:3

$$Columbic\ efficiency = \frac{76.956}{69.817} \times 100\% = 110.225\%$$

Selanjutnya untuk arus 150 μ A, 100 μ A dan 60 μ A dihitung dengan rumus yang sama.

Lampiran 3

LAMPIRAN JCPDS

75-1621		Wavelength= 1.78897				
C		2 θ	Int	h	k	l
Carbon		30.552	999*	0	0	2
		49.437	29	1	0	0
		52.00	138	1	0	1
		59.240	26	1	0	2
		63.598	50	0	0	4
Graphite		70.251	36	1	0	3
Rad.: CuK α 1	λ : 1.54060	Filter:	d-sp: Calculated			
Cut off: 17.7	Int.: Calculated	1/lor.: 2.37				
Ref: Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997)						
Ref: Hassel, O., Z. Phys., 25, 317 (1924)						
Sys.: Hexagonal	S.G.: P6 ₃ mc (186)					
a: 2.47	b:	c: 6.79	A:	C: 2.7490		
α :	β :	γ :	Z: 4	mp:		
Ref: Ibid.						
Dx: 2.224	Dm:		ICSD #: 031170			
Peak height intensity, R-factor: 0.066. PSC: hP4. Mwt: 12.01. Volume[CD]: 35.88.						



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : UMI AZIZAH
NIM : 12640030
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Sintesis Grafit Terlapisi Karbon (*Citric Acid*) dengan Variasi Komposisi sebagai Bahan Anoda pada Baterai Ion Lithium
Pembimbing I : Erna Hastuti, M. Si
Pembimbing II : Fadli Rohman, M. Si
Pembimbing III : Umayyatus Syarifah, M.A

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1.	14 Desember 2015	Konsultasi Bab I	
2.	4 Januari 2016	Konsultasi Bab II- III	
3.	18 Januari 2016	Konsultasi Kajian Agama, Bab I-II	
4.	8 Februari 2016	Konsultasi Bab 1-III	
5.	29 Februari 2016	Konsultasi Kajian Agama, Bab 1-II	
6.	14 Maret 2016	Konsultasi Bab IV dan V	
7.	28 Maret 2016	Konsultasi Kajian Agama Dan Bab IV	
8.	11 April 2016	Konsultasi Semua Bab, Abstrak	
9.	2 Mei 2016	Konsultasi Kajian Agama dan Acc	
10.	30 Mei 2016	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan Acc	

Malang, 6 Juni 2016
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Erna Hastuti, M.Si

NIP. 19811119 200801 2 009