

Bidang ilmu : Fisika

LAPORAN HASIL

PENELITIAN PENGUATAN PROGRAM STUDI

KARAKTERISASI SENSOR DAN BATERAI SEBAGAI
PENGEMBANGAN SMART MATERIAL

SUB JUDUL : PENGARUH PROSES AKTIVASI KERATIN
TERHADAP PERFORMA BATERAI

Disusun Oleh :

ERNA HASTUTI, M.Si



FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM MAULANA MALIK IBRAHIM

MALANG

2017

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN HASIL PENELITIAN

1	Judul Penelitian	:	KARAKTERISASI SENSOR DAN BATERAI SEBAGAI PENGEMBANGAN SMART MATERIAL	
2	Ketua Peneliti	:	Erna Hastuti, M.Si	
3	Peneliti dan Sub Judul Penelitian	:	Erna Hastuti, M.Si	Pengaruh Aktifasi Keratin Terhadap Performa Baterai
			Muthmainnah, M.Si	Karakterisasi Sensor Ultrasonik Piezoelektrik Melalui Beda Fase Dan Kecepatan Gelombang Untuk Mengidentifikasi Minyak
			Imam Tazi, M.Si	Karakterisasi Dasar Sensor Quartz Crystal Microbalance (QCM) Terhadap Respon Sampel Kimia Yang Mendukung Rasa Makanan (Respon Terhadap KCl, NaCl, Dan MSG)
4	Bidang Ilmu	:	Sensor dan Baterai	
5	Nama Mahasiswa	:	1. Moh. Fajrul Falah	
			2. Fiki Hurun	
			3. Almas Agustin	
6	Jurusan	:	Fisika	
7	Lama Kegiatan	:	6 Bulan	
8	Biaya yang diusulkan	:	Rp. 30.000.000	

Malang, 30 Oktober 2017

Disahkan oleh
Dekan,

Peneliti

Dr.Sri Harini, M.Si
NIP. 19731014 200112 2 002

Erna Hastuti, M.Si
NIP. 198111192008012009

Ketua LP2M
Universitas Islam Negeri
Maulana Malik Ibrahim Malang

Dr. Hj. Tutik Hamidah, M.Ag.
NIP. 195904231986032003

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan	ii
Daftar Isi.....	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1. Baterai	3
2.2. Baterai Ion Lithium.....	6
2.3. Karbon Aktif	10
2.4. Keratin.....	13
2.5. Komponen Tambahan Penyusun Anoda Baterai	15
2.6. XRD	18
2.7. Voltametri Siklik.....	18
2.8. Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)	21
2.9. Charge Discharge	21

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2. Peralatan dan Bahan Penelitian	23
3.2.1 Peralatan Penelitian.....	23
3.2.2 Bahan	23
3.3 Prosedur Penelitian.....	24
3.3.1 Pembuatan Aktivasi Keratin Menggunakan KOH.....	24

3.3.2 Karakterisasi Material	25
3.3.3 Pembuatan Slurry	25
3.3.4 Pembuatan Lembaran.....	25
3.3.5 Asembly Baterai.....	25
3.3.6 Uji Baterai	26
3.4. Diagram Alir	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Data Hasil Penelitian	27
4.1.1 Karakterisasi XRD	29
4.1.2 Proses Pembuatan Baterai.....	31
4.1.3 Hasil Pengujian CV.....	32
4.1.4 Hasil Pengujian EIS	33
4.1.5 Hasil Pengujian CD.....	38
4.2 Pembahasan.....	42
BAB V PENUTUP	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	52

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan berkat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat melakukan penelitian penguatan program studi yang berjudul Pengaruh Proses Aktifasi Keratin Terhadap Performa Baterai.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengembangan Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang dan Fakultas Sains dan Teknologi yang telah memberikan support secara financial demi kelancaran pelaksanaan penelitian ini. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan tersebut sangat sulit bagi penulis untuk dapat menyelenggarakan kegiatan penelitian ini.

Penulis telah berusaha untuk menyempurnakan tulisan ini, namun sebagai manusia penulis pun menyadari akan keterbatasan maupun kekhilafan dan kesalahan yang tanpa disadari. Oleh karena itu, saran dan kritik untuk perbaikan laporan ini akan sangat dinantikan.

Malang, Oktober 2017

Penulis

ABSTRAK

Keratin adalah salah satu material biomassa yang dapat diaplikasikan pada penyimpanan energi elektrokimia. Dalam penelitian ini, keratin diaplikasikan sebagai anoda baterai ion lithium (LIBs). Proses aktivasi keratin menggunakan variasi KOH (1M, 3M dan 5M) dan pirolisis pada 700 °C. Surface area, struktur kristal dan morfologi keratin teraktivasi diuji menggunakan BET, difraksi sinar-X dan scanning elektron mikroskop. Selain itu, sifat elektrokimianya, saat digunakan sebagai bahan anoda dalam LIBs, juga diselidiki. Keratin yang diaktifkan memiliki puncak reduksi dan oksidasi yang lebih kecil, yang dikaitkan dengan penyisipan Li-ion ke dalam rongga keratin. Hasilnya menunjukkan bahwa keratin yang diaktifkan dengan KOH 5 M memiliki kapasitas laju pelepasan tertinggi pada 445,87 (mAh/g).

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi tidak akan lepas dari kehidupan manusia. Konsumsi energi yang sedemikian tinggi menyebabkan sumber energi minyak bumi semakin menipis, oleh karena itu perlu adanya sumber energi alternatif. Alasan utama baterai menjadi energi alternatif adalah karena bentuknya sederhana, ringan, tahan lama dan dapat diisi ulang energinya (Minami, 2005).

Salah satu alat penyimpanan energi adalah baterai. Baterai telah dikenal luas dalam penggunaannya sebagai sumber energi benda-benda elektronik seperti mainan anak, lampu senter dan lain- lain. Keunggulan baterai sebagai sumber energi listrik adalah kemudahannya untuk dibawa kemana-mana, dapat diisi ulang, ringan dan dapat menyimpan energi yang cukup besar.

Baterai mempunyai peranan penting dalam berbagai bidang, misalnya dalam telekomunikasi digunakan dalam telepon seluler, pada bidang transportasi digunakan mobil listrik, dibidang teknologi grafis misalnya pada kamera digital dan lain- lain. Baterai jenis litium diminati karena pertimbangan keamanan, daya yang tinggi dan dapat dipakai ulang (rechargeable).

Keratin banyak terdapat pada rambut, tanduk, kuku, bulu dan semua epidermis. Pada tepung bulu unggas terdapat sekitar 85-90 % dari kandungan proteinnya. Keratin mempunyai banyak residu sistin yang dapat memberikan jembatan disulfida diantara rantai polipeptida yang berdekatan, harapannya residu sistin ini mengikat elektron dengan baik sehingga baterai yang dibuat memiliki nilai kapasitas yang baik.

Beberapa bulu binatang yang dapat dimanfaatkan adalah bulu ayam dan bulu angsa. Kedua bulu binatang tersebut mengandung keratin. Keratin adalah produk pengerasan jaringan epidermal dari tubuh. Keratin merupakan protein fibrous yang kaya akan sulfur dan banyak terdapat pada rambut, bulu, tanduk, kuku dan produk epidermal lainnya. Komposisi kimia bulu ayam adalah 81 % protein, 12 % lemak, 86 % bahan kering dan 1,3 % abu. Selain itu, bulu ayam

mengandung mineral kalsium 0,19 % dan fosfor 0,04 %, kalium 0,15 % dan sodium 1,2 % (Harouwitz, 1984). Protein keratin 14 % terdiri dari sistin disulfide sebagai jembatan antar molekul (Hill, 1982).

Superkapasitor dengan elektroda karbon aktif dan menggunakan separator PVA ditambah LiOH memiliki nilai kapasitansi 66 pF (Rosi, 2009). Hasil penelitian Hastuti&Riskia (2016), superkapasitor dengan elektroda keratin-PVA ditambah KI/I₂ memiliki nilai kapasitansi 269 pF. Sedangkan superkapasitor dengan elektroda keratin-PVA ditambah H₃PO₄, dengan separator membran nafion memiliki nilai kapasitansi 6x 10⁻⁸ F (Hastuti, 2015). Keratin kaya akan residu sistin yang dapat memberikan jembatan disulfida rantai polipeptida yang berdekatan (Lehninger, 1995), hal ini diharapkan dapat mengikat ion-ion bebas dan membuat superkapasitor mempunyai nilai kapasitansi yang baik.

Penelitian terdahulu yaitu keratin dengan penambahan bahan elektrolit bisa dijadikan sebagai superkapasitor. Dengan kandungan keratin ini diharapkan bisa digunakan untuk dijadikan sebagai bahan anoda yang terdapat pada baterai. Proses aktivasi dilakukan untuk memperbesar luas permukaan keratin, sehingga dapat mengikat lebih banyak muatan bebas.

1.2 Rumusan Masalah

- a) Bagaimana pengaruh aktivasi KOH terhadap sifat fisis keratin?
- b) Bagaimana sifat listrik baterai elektroda karbon dengan variasi aktivasi KOH?
- c) Bagaimana pengaruh respon karakteristik elektrokimia pada bahan anoda yang terbuat dari aktivasi keratin?

1.3 Tujuan

- a) Untuk mengetahui pengaruh aktivasi KOH terhadap sifat fisis keratin..
- b) Untuk mengetahui sifat listrik baterai elektroda karbon dengan variasi aktivasi KOH.
- c) Untuk mengetahui pengaruh respon karakteristik elektrokimia pada bahan anoda yang terbuat dari aktivasi keratin.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Baterai

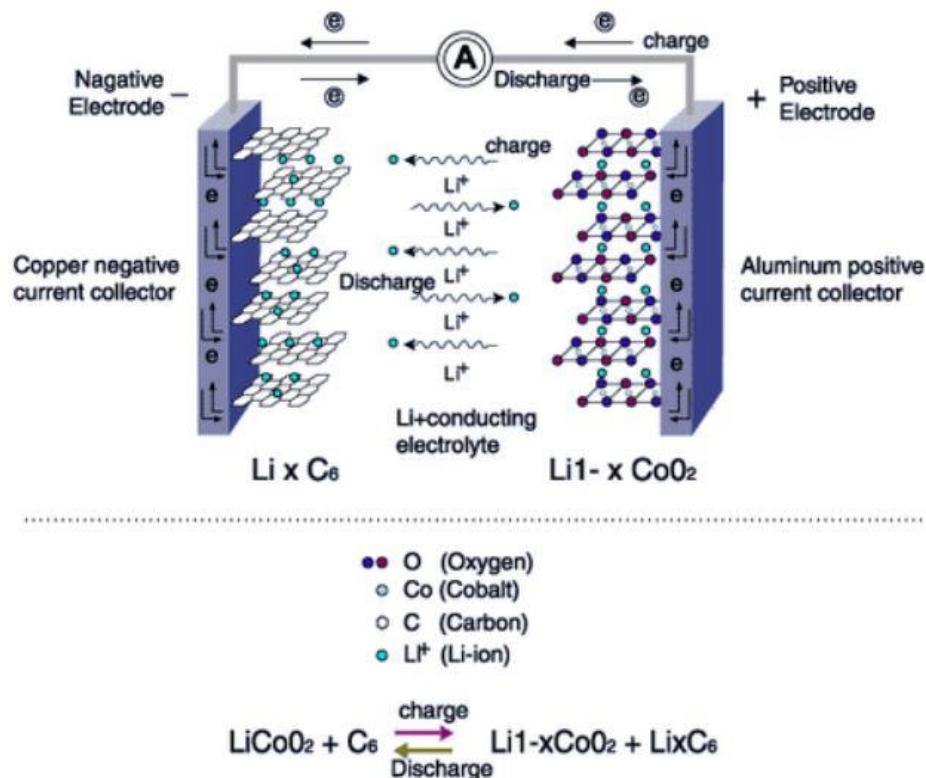
Baterai mempunyai sejarah yang panjang. Bangsa Persia yang menguasai Baghdad (250 SM) dipercaya telah menggunakan alat dengan konsep yang sama dengan baterai untuk menyepuh logam. Bangsa Mesir (2300 SM) menggunakannya untuk menyepuh antimoni pada tembaga. Baterai yang sekarang mempunyai akar dengan baterai 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 dan seng dan tembaga berselang seling dengan kain basah yang telah dicelup air garam sebagai pembatasnya. Baterai ini mampu menghasilkan arus yang kontinu dan stabil (Buchmann, 2001).

Baterai merupakan sel elektrokimia yang menghasilkan tegangan konstan sebagai hasil reaksi kimia. Ion bagian dari bagian dari reaksi yang melewati langsung elektrolit. Elektroda yang teroksidasi disebut anoda dan elektroda yang tereduksi disebut katoda. Elektroda dapat beroperasi jika dapat menghantarkan elektron dalam sistem baterai, sehingga harus mempunyai daya hantar tinggi, tetapi untuk bisa beroperasi dilakukan diperlukan separator. Sirkuit terbuka dalam sistem baterai yang dirangkaikan dalam keadaan standar energi bebas Gibbs yang mampu mengubah reaksi kimia menjadi energi listrik. Alasan utama baterai menjadi energi alternatif karena bentuknya sederhana, ringan, tahan lama, dan dapat diisi ulang energinya (Minami, 2005).

Baterai didefinisikan sebagai suatu alat yang dapat mengubah langsung energi kimia menjadi energi listrik melalui proses elektrokimia. Pengertian baterai yang saat ini umum digunakan sesungguhnya mencakup satu atau beberapa sel baterai yang digabungkan secara seri atau parallel sesuai dengan tegangan dan kapasitas listrik yang diinginkan. Sel baterai adalah unit terkecil dari suatu proses elektrokimia yang terdiri dari elektroda, elektrolit, separator, wadah dan terminal/

current collector. Pembagian komponen sel baterai terlihat dalam Gambar 2.1. komponen terpenting dari sel baterai adalah :

1. Elektroda negatif/ anoda, yaitu elektroda yang melepaskan elektron ke rangkaian luar serta mengalami proses oksidasi pada proses elektrokimia.
2. Elektroda positif/ katoda , yaitu elektroda yang menerima elektron dari rangkaian luar serta mengalami proses reduksi pada proses elektrokimia.
3. Penghantar ion/ elektrolit, yaitu media transfer ion yang bergerak dari anoda ke katoda dalam sel baterai saat penggunaan. Fisik elektrolit umumnya berupa cairan/ larutan dimana molekul garam larut didalamnya.



Gambar 2.1 Skema Kerja Baterai Litium

Pemilihan kombinasi material katode dan anode dilakukan sedemikian rupa hingga didapatkan beda potensial yang tinggi. Pemilihan material elektroda dengan kapasitas listrik yang besar sangat diperlukan untuk dapat menghasilkan sel baterai dengan power yang memadai. Mengingat elektron akan dilepaskan/ terima oleh elektroda saat pengoperasian baterai, maka material katoda dan anoda juga harus bersifat elektron konduktif. Berbeda dengan material elektrolit

yang merupakan media transfer ion, material ini harus bersifat ion konduktif semata. Sifat terakhir ini diperlukan agar tidak terjadi hubungan pendek antara katoda dan anoda yang menyebabkan terbuangnya energi listrik yang tersimpan berupa panas.

Arus listrik pada baterai mengalir searah dan terjadi bila kutub positif dihubungkan pada suatu hambatan atau beban. Oleh sebab itu, aliran baterai dinamakan *Direct Current* (DC). Proses kerjanya adalah dengan cara mengubah energi kimia yang terkandung di dalamnya menjadi energi listrik melalui elektro kimia, Redoks (Reduksi-Oksidasi). Terdapat 2 proses yang terjadi pada baterai, yaitu (Kha, 2014):

1. Proses Pengisian : Proses perubahan energi listrik menjadi energi kimia.
2. Proses Pengosongan : Proses perubahan energi kimia menjadi energi listrik.

Berdasarkan kemampuannya untuk dikosongkan (*discharged*) dan diisi ulang (*recharged*), baterai dibagi menjadi dua, yaitu baterai primer dan baterai sekunder. Kemampuan atau ketidakmampuan sebuah baterai untuk diisi ulang terletak pada reaksi kimiawi dalam baterai tersebut (Jubilee, 2010).

1. Baterai Primer

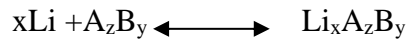
Baterai primer adalah jenis baterai yang hanya bisa dipergunakan sekali saja dan tidak dapat diisi ulang. Hampir setiap hari manusia selalu berinteraksi dengan baterai primer karena banyaknya peralatan elektronik yang telah diciptakan menggunakan sumber tenaga atau daya yang berasal dari baterai (Jubilee, 2010).

2. Baterai Sekunder

Baterai sekunder adalah baterai yang dapat diisi ulang. Kemampuan diisi ulang baterai sekunder bervariasi antara 100-500 kali (satu siklus adalah satu kali pengisian dan pengosongan). Beberapa contoh baterai sekunder adalah baterai Timbal-Asam (Aki), baterai Ni-Cd, baterai Ni-MH, dan salah satu jenis baterai yang saat ini berkembang *Lithium Ion Battery* atau ion lithium.

Reaksi kimia dalam baterai sekunder bersifat *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 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 berikut ini (Linden, 1994) :



2.2 Baterai Ion Lithium

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).

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 anoda dan katoda (Munshi, 1995).

Jenis baterai lithium pertama kali diperkenalkan oleh peneliti dari Exxon yang bernama M.S. Whittingham yang melakukan penelitian dengan judul “*Electrical Energy Storage and Intercalation Chemistry*” pada tahun 1970. Beliau menjelaskan melalui proses interkalasi pada baterai lithium ion menggunakan titanium (II) sulfide sebagai katoda dan logam lithium sebagai anoda. Proses interkalasi adalah proses perpindahan ion lithium dari anoda ke katoda dan sebaliknya pada baterai lithium ion (Sari,2015).

Konfigurasi dasar suatu sel baterai tunggal terdiri dari 4 bagian yaitu (Linden, 1994):

1. Anoda

Anoda adalah elektoda negatif yang berkaitan dengan reaksi oksidasi sel setengah yang melepaskan elektron ke dalam sirkuit eksternal (Subhan, 2011). Anoda berfungsi sebagai tempat pengumpulan ion lithium serta merupakan tempat bagi material aktif, dimana lembaran pada anoda biasanya berupa lembaran (Cu foil). Material yang dapat dipakai sebagai anoda harus memiliki profil kemampuan menyimpan dan melepas muatan/ion yang baik, memiliki siklus pemakaian yang lama, mudah untuk diproses, aman dalam pemakaian (tidak mengandung racun) dan harganya murah. Salah satu material yang dapat berperan sebagai anoda adalah material yang berbasis karbon seperti grafit (LiC_6). Material aktif lain yang dapat digunakan sebagai anoda antara lain lithium titanium oxide (LTO). Material ini aman dipakai serta memiliki siklus pemakaian yang cukup lama (Sari, 2015).

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

Anoda	Beda Potensial rata-rata (V)	Kapasitas Spesifik (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	1,137-1,1949

2. Katoda

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

karaktersitik yang harus dipenuhi suatu material yang digunakan sebagai katoda antara lain material terbuat 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 (Sari, 2015).

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

Material	Beda potensial rata-rata (V)	Kapasitas spesifik (mAh/g)	Energi spesifik (kWh/kg)
LiCoO ₂	3,7	140	0,518
LiMn ₂ O ₄	4,0	100	0,400
LiNiO ₂	3,5	180	0,360
LiFePO ₄	3,3	150	0,495
LiCo _{1/3} Ni _{1/3} Mn _{1/3} O ₂	3,6	160	0,576

3. Elektrolit

Elektrolit memegang peranan yang penting dalam mendesain sel baterai. Elektrolit merupakan suatu material yang bersifat penghantar ionik, baik dalam bentuk cair ataupun padat. Kebanyakan baterai menggunakan elektrolit cair namun ada juga yang menggunakan elektrolit padat. Elektrolit padat menunjukkan kestabilan pada suhu tinggi, *self-discharge* rendah dan memiliki resistansi listrik yang baik (A.D Little, 1998).

Komponen elektrolit berfungsi sebagai material yang mampu menjadi penghubung reaksi. Karakteristik yang perlu dimiliki elektrolit adalah konduktivitas ionik tinggi dan konduktivitas elektronik yang rendah sehingga mampu menghantarkan ion selama proses interkalasi yang terjadi antara elektroda positif dan elektroda negatif tanpa terjadi kebocoran arus elektron.

Elektrolit padat memiliki beberapa kelemahan diantaranya aliran arus rendah (dalam skala mikroampere), kemampuannya menurun pada temperatur rendah dan sangat rentan terhadap hubungan singkat yang dapat

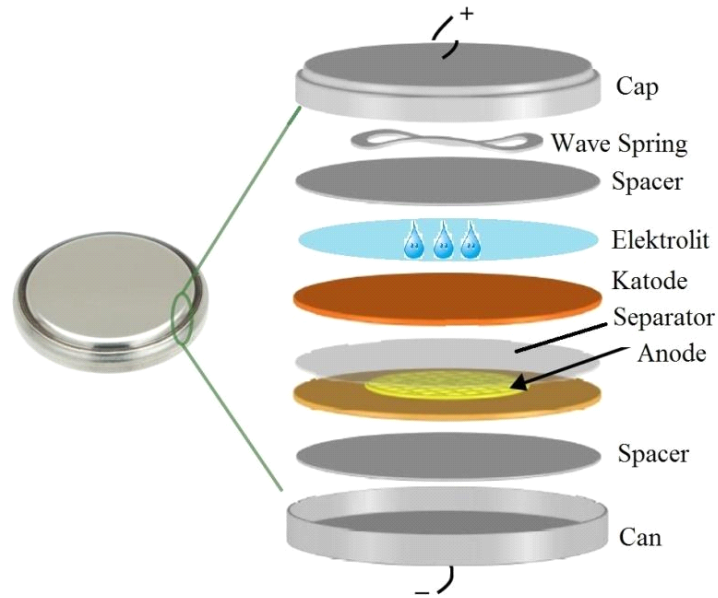
menyebabkan hilangnya energi. Tabel 2.3 menunjukkan perbandingan elektrolit cair dan elektrolit padat (A.D. Little, 1998).

Tabel 2.3 Perbandingan Elektrolit Cair dan Elektrolit Padat (Prihandoko, 2010)

Sifat	Elektrolit Cair	Elektrolit Padat
Material	<u>Konduktor garam:</u> LiClO ₄ , LiCF ₃ SO ₃ . <u>Larutan:</u> PC, EC, <u>Pengurangan viskositas:</u> DME, DMC, DEC	LiTaO ₃ , SrTiO ₃ , Li ₂ O, Li _{1,3} Al _{0,3} Ti _{1,7} (PO ₄) ₃ , LiTi ₂ (PO ₄) ₃ , Li ₄ SiO ₄ , Li ₃ PO ₄ , LiCl, LiBr, LiI
Mekanisme Konduksi ion	Ion Li ⁺ dalam larutan organik	Cacat transport pada sisi zat padat
Konduktifitas ionik	10 ⁻³ ...10 ⁻² S/cm	10 ⁻⁹ ...10 ⁻³ 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 sintering atau pasta untuk aplikasi lain.

4. Separator

Komponen separator berfungsi sebagai barrier antara elektroda untuk menjamin tidak terjadinya hubungan pendek yang bisa menyebabkan kegagalan dalam baterai. Separator dapat berupa elektrolit yang berbentuk gel, atau plastik film microporous (nanopori) atau material inert berpori yang diisi dengan elektrolit cair. Sifat listrik separator ini mampu dilewati oleh setiap ion tetapi juga memblokir elektron, jadi bersifat konduktif ion sekaligus tidak konduktif elektron.



Gambar 2.2 Susunan komponen baterai koin

Reaksi sel elektrokimia meliputi reaksi reduksi dan reaksi oksidasi. Sel elektrokimia digunakan untuk mengubah energi kimia menjadi energi listrik atau sebaliknya. Dalam sebuah sel, energi listrik dihasilkan dengan pelepasan elektron pada suatu elektroda (oksidasi) dan penerimaan elektron pada elektroda lainnya (reduksi).

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 adalah baterai yang tersusun dari elektrokimia yang mampu menyimpan dan menghasilkan konversi dari reaksi kimia konstan (reduksi oksidasi/redoks) menjadi energi listrik.

Baterai lithium termasuk dalam kategori baterai sekunder atau *rechargeable battery*, maka reaksi reduksi maupun oksidasi terjadi ketika sedang diisi muatan listrik (*charge*) dan ketika dikosongkan (*discharge*) muatan listrik.

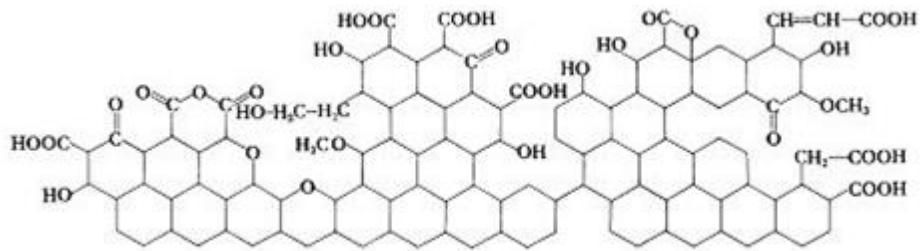
2.3 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa karbon amorph yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m²/gram dan ini berkaitan

dengan struktur pori internal yang mengakibatkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya adsorpsi karbon aktif sangat besar, yaitu 25-100 % terhadap berat karbon aktif (Sembiring *et al*, 2003).

Struktur Karbon Aktif

Kemampuan karbon mengadsorpsi ditentukan oleh struktur kimianya yaitu atom C, H, dan O yang terikat secara kimia membentuk gugus fungsional seperti gambar 2.3. Gugus fungsional ini membuat permukaan karbon aktif reaktif secara kimiawi dan memperbaiki sifat adsorpsinya (Tias, 2012).



Gambar 2.3 Struktur Kimia Karbon Aktif (Jankowska, 1991)

Proses Pembuatan Karbon Aktif

Pada prinsipnya pembuatan karbon aktif terdiri atas tiga proses sebagai berikut (Monocha, 2003):

1. Pemilihan bahan dasar

Karbon aktif bisa dibuat dari berbagai macam bahan, selama bahan tersebut mengandung unsur karbon seperti batu bara, tempurung kelapa, kayu, sekam padi, tulang binatang dan kulit biji kopi. Pemilihan bahan dasar untuk dijadikan karbon aktif harus memenuhi beberapa kriteria yaitu unsur inorganik yang rendah, ketersediaan bahan (tidak mahal dan mudah didapat), memiliki *durability* yang baik, dan mudah untuk diaktivasi.

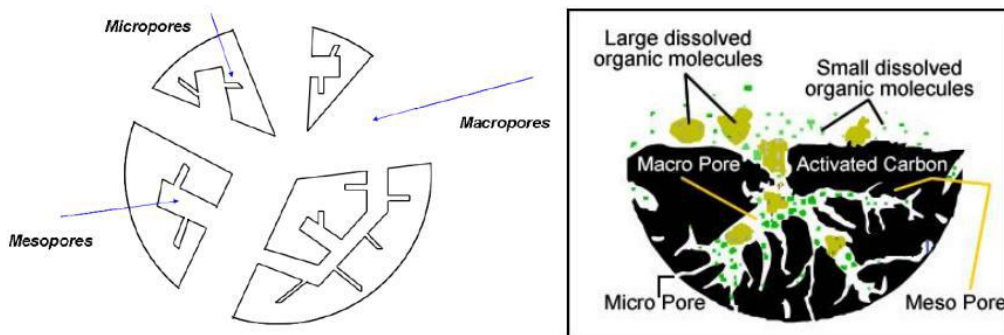
2. Karbonisasi

Karbonisasi adalah peristiwa pirolisis, dimana terjadi proses dekomposisi komponen atau pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon. Temperatur di atas 170 °C akan menghasilkan CO, CO₂ dan asam asetat, pada temperatur 275 °C

dekomposisi menghasilkan tar, metanol dan hasil samping lainnya. Pembentukan karbon terjadi pada temperatur 400-600 °C. Selama proses ini unsur-unsur bukan karbon seperti hidrogen dan oksigen dikeluarkan dalam bentuk gas dan atom yang terbebaskan membentuk kristal grafit. Proses karbonisasi akan menghasilkan 3 (tiga) komponen pokok, yaitu karbon atau arang, tar, dan gas (CO₂, CO, CH₄, H₂, dll). Untuk memperoleh karbon aktif yang baik, perlu adanya pengaturan dan pengontrolan selama proses karbonisasi yaitu kecepatan pertambahan temperatur, tinggi temperatur akhir, dan lama karbonisasi. Tahap karbonisasi akan menghasilkan karbon yang mempunyai struktur pori lemah. Oleh karena itu arang masih memerlukan perbaikan struktur porinya melalui proses aktivasi.

3. Aktivasi

Aktivasi adalah bagian dari pembuatan karbon aktif yang bertujuan untuk membuka atau menciptakan pori yang dapat dilalui oleh adsorbat, memperbesar distribusi dan ukuran pori serta memperbesar luas permukaan karbon aktif dengan *heat treatment*. Gambar 2.9 dapat dilihat pori-pori yang terbentuk pada karbon aktif yang telah teraktivasi.



Gambar 2.4 Ilustrasi pori-pori dalam karbon aktif (Azargohar, 2009)

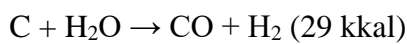
Karbon aktif memiliki pori-pori, yang berdasarkan ukurannya dibedakan menjadi *micropore* (<2 nm), *mesopore* (2-50 nm) dan *macropore* (>50 nm) (Bansal and Goyal, 2005). Dalam adsorpsi, *macropore* merupakan jalan masuk dari fluida ke karbon aktif, *mesopore* sebagai tempat terjadinya adsorpsi dan transportasi fluida di dalam karbon aktif, sementara di dalam *micropore* terjadi adsorpsi adsorbat. Luas permukaan dari karbon aktif, sebesar 95% merupakan

luas dari *micropore*, 5% dari *mesopore*, sementara *macropore* cenderung tidak berkontribusi penting dalam memberikan luas permukaan karbon aktif.

Terdapat 2 metode aktivasi (Manocha, 2003):

a. Aktivasi Fisika

Pada aktivasi secara fisika, karbon dipanaskan pada suhu sekitar 800-1000 °C dan dialirkan gas pengoksidasi seperti uap air, oksigen, atau CO₂. Gas pengoksidasi akan bereaksi dengan karbon dan melepaskan karbon monoksida dan hidrogen untuk gas pengoksidasi berupa uap air. Senyawa-senyawa produk samping pun akan terlepas pada proses ini sehingga akan memperluas pori dan meningkatkan daya adsorpsi. Gasifikasi karbon dengan uap air dan CO₂ terjadi melalui reaksi bersifat endotermis berikut ini:



Namun, pada aktivasi fisika sering kali terjadi kelebihan oksidasi eksternal sewaktu gas pengoksidasi berdifusi pada karbon sehingga terjadi pengurangan ukuran adsorben. Selain itu, reaksi sulit dikontrol.

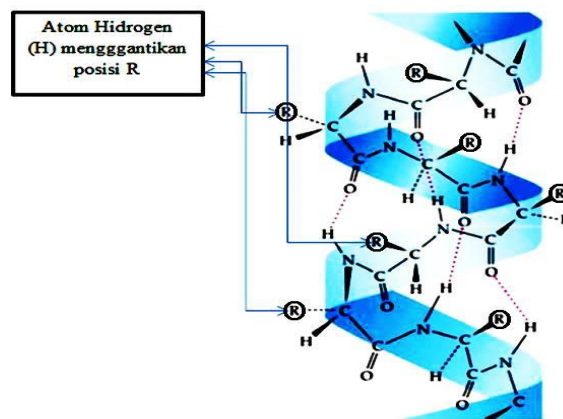
b. Aktivasi Kimia

Aktivasi kimiawi digunakan untuk bahan baku mengandung liknoselusa. Pada aktivasi ini, karbon dicampur dengan larutan kimia yang berfungsi sebagai *activating agent*. Larutan kimia yang dipakai biasanya adalah garam dari logam alkali dan alkali tanah serta zat asam seperti KOH, NaOH, ZnCl₂, K₂CO₃, H₃PO₄. *Activating agent* akan mengoksidasi karbon dan merusak bagian dalam karbon sehingga akan terbentuk pori dan meningkatkan daya adsorpsi. Selain itu, *activating agent* akan menghambat pembentukan tar dan mengurangi pembentukan asam asetat, metanol, dan lain-lain. Pada saat proses aktivasi terjadi pengikisan di dinding karbon aktif oleh *activating agent* dan mampu membentuk pori baru.

2.4 Keratin

Keratin atau serat terdiri dari komponen ikatan sistin disulfida, ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik molekul keratin (Williams, et al, 1991). Ikatan sistin disulfida atau ikatan silang terbentuk antara asam amino sistin yang

mengandung gugus –SH. Jika dua unit sistin berikatan, maka terbentuklah sebuah jembatan disulfida S-S- melalui oksidasi gugus- gugus –SH. Protein serat terbentuk dari molekul yang rapat dan teratur berupa ikatan silang antara rantai – rantai asam amino yang berdekatan sehingga molekul air sukar menerobos struktur ini. Oleh karena itu protein serat tidak larut didalam air (hidrofobik). Logam berat dapat merusak ikatan disulfida karena afinitasnya yang tinggi dan kemampuannya untuk menarik sulfur sehingga mengakibatkan denaturasi protein. Pembentukan ikatan silang sistin disulfida atau ikatan peptida kompleks terjadi karena proses hidrolisis yang tidak sempurna, hal ini dapat diatasi dengan melakukan proses hidrolisis ulang fermentasi (Gaman and Sherrington, 1992)



Gambar 2.5 Skema keratin (Haurowitz,1984)

Menurut Harraps dan Woods (1964), tepung bulu ayam mengandung keratin sebesar 85-90 % dari kandungan proteinnya. Protein keratin ini 14 % terdiri dari sistin disulfida sebagai jembatan antar molekul (Hill, 1982). Menurut Haurowitz (1984) kandungan sistin pada protein ini berkisar antara 11-12 %.

Keratin kaya akan residu sistin yang dapat memberikan jembatan disulfida diantara rantai polipeptida yang berdekatan. Tiap molekul protein dalam keratin mempunyai bentuk spiral, yang disebut spiral – α -kana. Kanan menunjukkan arah putaran dalam spiral itu. Tiap putaran spiral mengandung 3,6 residu asam amino. Jarak dari satu putaran ke kumparan berikutnya adalah 5,4 Å. Bentuk spiral ini tidak berubah terutama berkat ikatan hidrogen antara satu gugus amida-karbonil

dan satu NH yang hjaraknya 3,6 satuan asam amino. Bentuk spiral ini menghasilkan produk yang kuat, lunak dan bersifat serat (Girindra, 1986).

2.5 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 (Sari, 2015).

2.5.1 Zat Aditif *Acetylen Black*

Acetylene black adalah karbon *black* yang dihasilkan dari dekomposisi terus menerus gas asetilene. *Acetylene 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 (Sari, 2015):

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 (Sari, 2015).

Penggunaan *acetylene black* di dalam baterai 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 dan elektroda baterai (Sari, 2015).

2.5.2 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 (Sari, 2015).

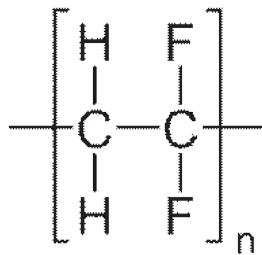
DMAC memiliki konstanta dielektrik yang tinggi. DMAC benar-benar larut dalam air, eter, ester, keton dan senyawa aromatik. DMAC umumnya larut dalam senyawa alifatik tidak jenuh. DMAC kestabilan yang bagus, pada dasarnya DMAC tidak akan mengalami degradasi dan perubahan warna jika dipanaskan di bawah suhu 350 °C (Sari, 2015).

2.5.3 Binder PVDF (*poly vinylidene fluoride*)

Binder adalah bagian penting dari formula elektroda pada baterai ion lithium karena binder mempertahankan struktur fisik elektroda, tanpa binder elektroda akan berantakan (Fabrice et al, 2010). 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 batas ambang, 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 lapisan tipis PVDF (Tsunemi, K et al, 1983).

PVDF memiliki properti yang baik, PVDF tidak tereduksi pada potensial rendah (5 Mv vs Li/Li⁺) atau teroksidasi pada potensial tinggi (5 V vs Li/ Li⁺)

(Fabrice, MM 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 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 K et al, 1983).



Gambar 2.6 Struktur PVDF (Tsunemi K et al, 1983)

2.5.4 Copper Foil (Cu-Foil)

Copper Foil (Cu-Foil) adalah lembaran berwarna kuning keemasan yang digunakan sebagai tempat menempelnya material aktif anoda baterai ion lithium. Lembaran untuk anoda menggunakan Cu-Foil sebagai substrat anoda memiliki sifat yang lebih baik seperti (Sari, 2015):

1. Konduktivitas listrik yang 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 baik dengan bahan elektroda.

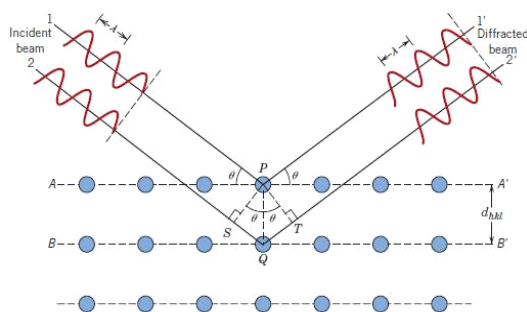


Gambar 2.7 *Electrodeposited copper foil for lithium-ion batteries* (Furukawa, 2011)

2.6 XRD

Karakteristik 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 Sinar-X (Smallaman, 1991).

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) ini merupakan peristiwa difraksi seperti pada Gambar 2.8 (Grant & Suryannayana, 1998).



Gambar 2.8 Ilustrasi difraksi sinar-X pada XRD (Saryanto, 2013)

2.7 Voltametri Siklik

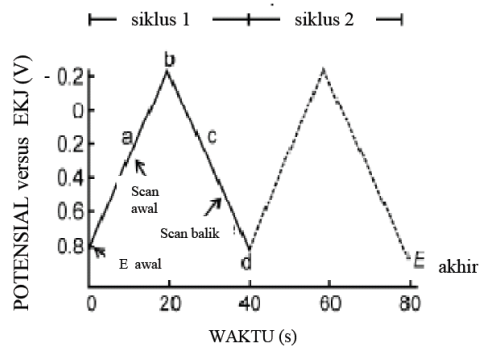
Voltametri merupakan salah satu teknik dalam analisis elektrokimia. Voltametri adalah suatu elektrolisis dimana arus direkam sebagai suatu fungsi

potensial elektroda kerja. Voltametri merupakan elektrolisis dalam ukuran mikroskala dengan menggunakan mikro elektroda kerja, disebut juga teknik arus voltase. Voltametri berkembang pesat dibanding metode analisis lain, hal ini dikarenakan kelebihan dalam sensitivitas, kesederhanaan dan kemudahan penganalisisan (Haryadi, 1993).

Voltametri siklik merupakan teknik voltametri dimana arus diukur selama penyapuan potensial dari 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).

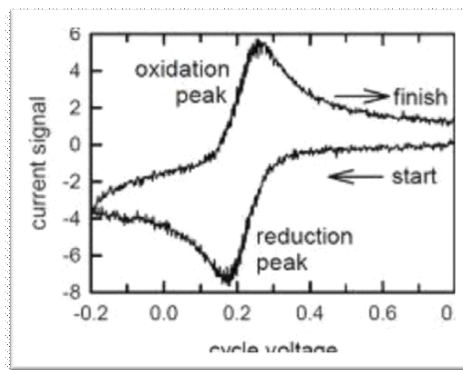
Voltametri siklik terdiri dari siklus potensial dari suatu elektroda yang dicelupkan ke dalam larutan yang tidak diaduk mengandung spesies elektroaktif dan mengukur arus yang dihasilkan. Potensial pada elektroda kerja dikontrol oleh elektroda pembanding seperti elektroda kalomel jenuh (EKJ) atau perak/perak klorida. Potensial yang diterapkan pada dua elektroda dapat dianggap sebagai sinyal eksitasi.

Sinyal eksitasi untuk voltametri siklik adalah penyapuan potensial linear dengan gelombang segitiga seperti yang dihasilkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Sinyal eksitasi untuk Voltametri Siklik (Scholz, 2010)

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 2.10 Voltamogram Siklik reaksi reduksi oksidasi secara reversi (Siti, 2010)

Teknik voltametri siklik 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 voltamogramnya (Sari, 2015).

2.8 *Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)*

Pengujian *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) dilakukan untuk mengetahui salah satu performa elektrokimia dari baterai berupa nilai impedansi. Pengujian *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) atau biasa disebut *impedance spectroscopy* diinisiasi pada tahun 1880 hingga 1900. Pada beberapa dekade terakhir, EIS juga digunakan untuk menguji sifat dan performa dari baterai ion lithium berupa konduktivitas, sifat transfer muatan, sifat dari lapisan pasif dan lain sebagainya (Q Zhuang, 2012).

2.9 *Charge-Discharge*

Kapasitas baterai adalah ukuran muatan yang disimpan suatu baterai yang ditentukan oleh massa material aktif. Kapasitas menggambarkan sejumlah energi maksimum yang dapat dikeluarkan dari sebuah baterai dengan kondisi tertentu. Tetapi kemampuan penyimpanan baterai dapat berbeda dari kapasitas nominalnya, diantaranya karena kapasitas baterai bergantung pada umur dan keadaan baterai, parameter *charging-discharging* dan temperatur. Kapasitas baterai ini sering dinyatakan dalam Ampere hours, ditentukan sebagai waktu dalam jam yang dibutuhkan baterai untuk secara kontinu mengalirkan arus atau nilai *discharge* pada tegangan nominal baterai. Menentukan kapasitas baterai dengan menggunakan persamaan (Triwibowo, 2011):

$$C = I \times t$$

Dimana:

C= kapasitas baterai (Ah)

I= Kuat arus (*Ampere*)

t= Waktu (hour)

Kapasitas baterai dimaksudkan sebagai besarnya energi listrik yang dapat dikeluarkan baterai pada waktu tertentu, kapasitas baterai tergantung pada jenis material aktif yang digunakan dan kecepatan reaksi elektrokimia saat baterai digunakan atau diisi. Luas kontak permukaan antar material aktif juga akan memperbesar kapasitas baterai (Triwibowo, 2011).

Nilai *charging* dalam ampere adalah sejumlah muatan yang diberikan pada baterai persatuan waktu. Sedangkan *discharge*, dalam ampere adalah sejumlah muatan yang digunakan kerangkain luar (beban), yang diambil dari baterai. Nilai *charging-discharging* ditentukan dengan membagi kapasitas baterai (Ah) dengan jam yang dibutuhkan untuk *charge-discharge* baterai. Jika baterai *discharge* sangat cepat (arus *discharge* tinggi), maka sejumlah energi yang digunakan untuk baterai menjadi berkurang sehingga kapasitas baterai menjadi lebih rendah. Hal ini dikarenakan kebutuhan suatu materail/komponen untuk reaksi yang terjadi tidak mempunyai waktu yang cukup unyuk bergerak keposisi seharusnya. Hanya sejumlah reaktan yang diubah kebentuk lain, sehingga energi yang tersedia menjadi berkurang. Jadi seharusnya arus *discharge* yang digunakan sekecil mungkin, sehingga energi yang digunakan kecil dan kapasitas baterai menjadi lebih besar (Triwibowo, 2011).

Pengujian *charge-discharge* juga dilakukan untuk mengetahui nilai efisiensi coulombic dari baterai itu sendiri. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut (X. Han, 2014):

$$eff = \frac{C_{discharge}}{C_{charge}} \times 100\%$$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan mulai bulan Maret 2017 di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, Universitas Negeri Malang dan di Laboratorium Baterai Lithium Indonesia Pusat Penelitian Fisika-LIPI Serpong, Tangerang Selatan. Penelitian dilakukan dari persiapan bahan sampai pembuatan baterai dan pengujian baterainya.

3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

3.2.1 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- a) Aluminium foil
- b) Beaker glass
- c) Cawan
- d) Doctor Blade
- e) Dry box
- f) Furnace
- g) Gelas ukur
- h) Hot plate
- i) Magnetic Stirrer
- j) Mortal dan Alu
- k) Oven
- l) Crucible
- m) Pengukuran Ketebalan
- n) Spatula
- o) Timbangan digitak
- p) Alat- alat lain (sendok, cutter, penggaris, dll)

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain:

- a) AB (*Acetylene Black*)
- b) Acetone
- c) Aquades
- d) Bulu unggas
- e) Casing baterai (*can dan cap*)
- f) KOH
- g) HCl
- h) DMAC (*N-N Dimethyl Acetamid*)
- i) Elektrolit (LiPF_6)
- j) Etanol
- k) Katoda (*Lithium foil*)
- l) Separator (*PE/Polythllene*)
- m) Serbuk PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*)
- n) Spacer
- o) *Mave spring*

3.3 Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahap kegiatan atau pengerjaan yaitu komposit keratin-PVA, karakterisasi material, pembuatan *slury*, pembuatan lembaran dan pengujian baterai.

3.3.1 Pembuatan Aktivasi Keratin Menggunakan KOH

- a) Limbah bulu angsa dipirolisis pada dua tahap, yaitu pemanasan pada suhu 215 °C selama 15 jam. Tahap kedua pada suhu 450 °C selama 1 jam. Diayak 140 mesh, kemudian dicuci menggunakan Toluene dan aquades.
- b) Serbuk keratin yang halus dicampur dengan variasi KOH dengan konsentrasi 1M, 3M, 5M. Campuran tersebut dibiarkan selama 24 jam untuk menjamin keberlangsungan proses difusi ke bagian dalam pori arang.
- c) Serbuk keratin kemudian dicuci menggunakan 1 M HCl dan aquades. Tujuan pencucian ini untuk membuang senyawa garam alkali.
- d) Serbuk yang sudah disaring kemudian dipirolisis dengan menggunakan furnace dalam kondisi vakum pada temperatur 700 °C selama 2 jam.

3.3.2 Karakterisasi Material

Sampel yang diuji material dengan X-Ray Diffraction (XRD) untuk identifikasi struktur kristal aktivasi keratin.

3.3.3 Pembuatan Slurry

- a) Aktivasi keratin (85%), PVDF (10%), AB (5%) dan DMAC (12 ml) ditimbang sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan.
- b) Hot plate dipanaskan dengan temperatur 70 oC dan putaran sebesar 150 rpm.
- c) Larutan DMAC dicampurkan dengan serbuk PVDF didalam beaker glass sampai larutan jernih.
- d) Serbuk AB dimasukkan ke dalam larutan secara perlahan sampai tercampur secara merata.
- e) Komposit keratin- PVA dimasukkan secara perlahan kedalam larutan selama $\pm 1,5$ jam diatas hot plate sampai terbentuk *slurry* yang diinginkan.

3.3.4 Pembuatan Lembaran

- a) Cu-foil diletakkan diatas doctor blade dan divakumkan. Kemudian Cu-foil dibersihkan dengan aseton.
- b) Ketebalam doctor bade diukur dengan pisau doctor blade sebesar 0,2 mm.
- c) Slurry dituangkan diatas Cu-foil sedikit demi sedikit dan doctor blade dijalankan dengan kecepatan $\pm 6-7$ rpm sampai Cu-foil terlapisi oleh slurry secara sempurna.
- d) Lembaran katoda dikeringkan menggunakan dry box dengan temperatur sebeesar 80 °C sampai mengering (± 1 jam).

3.3.5 Asembly Baterai

- a) Disiapkan alat dan bahan yang digunakan
- b) Bahan disusun urutan mulai dari alas (can), spacer, anoda, separator dan katoda
- c) Elektrolit diteteskan sampai seluruh permukaan separator terkena oleh cairan elektrolit.
- d) Spacer dan mave spring diletakkan diatas katoda, kemudian ditutup dengan penutup (cap).

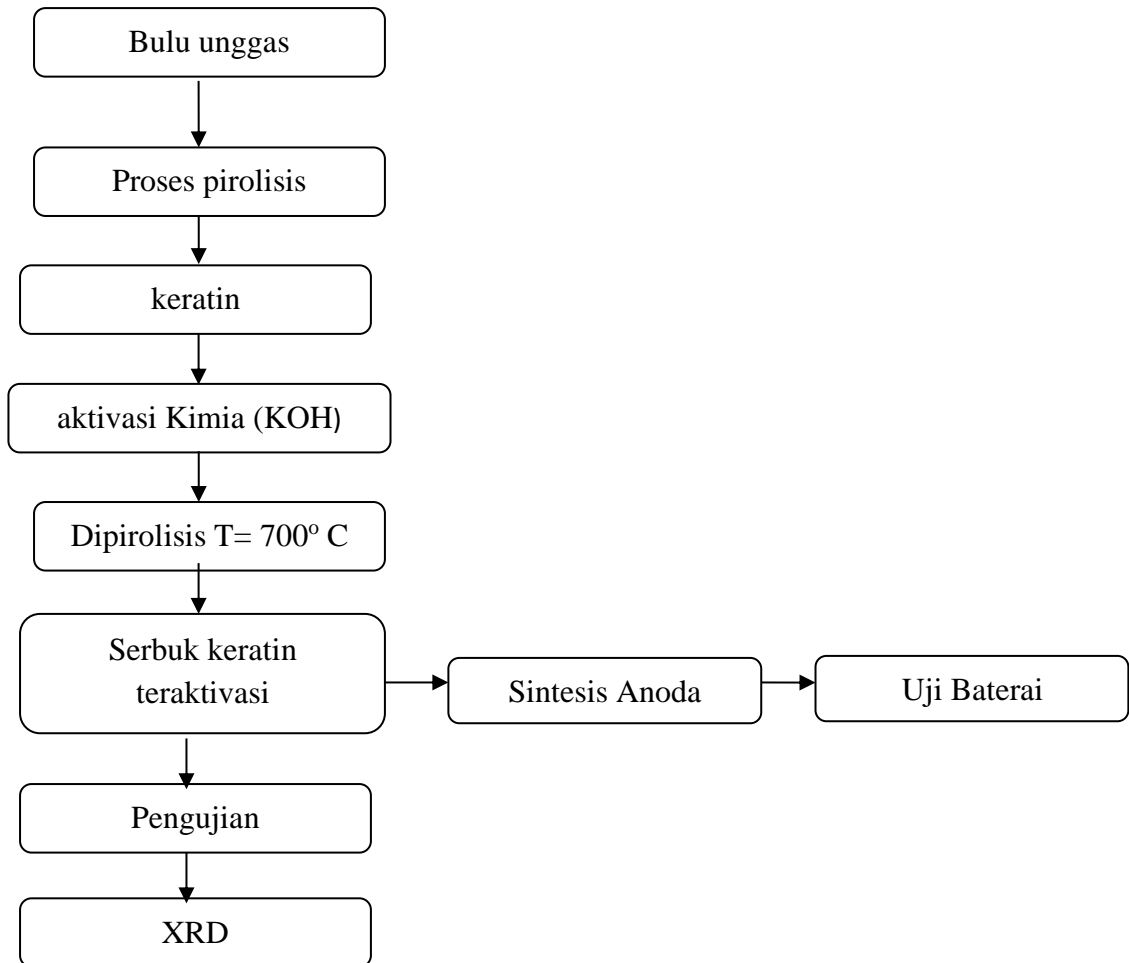
- e) Baterai yang telah disusun, dilakukan proses crimping casing secara sempurna agar tertutup rapat, kemudian baterai yang telah terbentuk dibiarkan selama 1 hari sebelum diuji tegangannya.

3.3.6 Uji Baterai

Uji baterai dilakukan dengan 2 cara :

- a) Cyclic voltammetry. Pengujian dilakukan untuk mengkonfirmasi adanya reaksi redoks dalam baterai ion litium.
- b) Charge discharge. Pengujian dikerjakan untuk mengetahui kapasitas dan efisiensi coulombic dari ion litium.

3.4 Diagram Alir



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Penelitian tentang proses pembuatan baterai dari keratin dikerjakan mulai Bulan Mei 2017. Preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Riset UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dan Laboratorium Sentral Universitas Negeri Malang. Karakterisasi material, proses pembuatan baterai dan pengujian baterai dilaksanakan di Laboratorium PPF-LIPI Serpong.

Keratin dibuat dari bulu unggas dengan proses pirolisis yang dilakukan 2 tahap. Tahap pertama suhu pirolisis 215 °C dengan *holding time* selama 15 jam. Pemanasan tahap kedua dengan suhu 450 °C selama 1 jam. *Holding time* bertujuan agar atom-atom dalam sampel menata diri dan mempunyai pori-pori (Senoz, E., 2001). Struktur keratin yang stabil diperoleh pada pemanasan yang pertama, kemudian dimodifikasi secara kimia pada pemanasan yang kedua (Farida, 2015).

Hasil pirolisis bulu unggas terdiri dari empat tipe ikatan yaitu : ikatan amida (-CO-NH), ikatan garam (misalnya -COO), ikatan hidrogen (-CO...NH- atau -CO...HO), dan ikatan disulfide (-S-S), yang menunjukkan adanya zat keratin pada material tersebut (Farida, 2013). Sampel hasil pirolisis kemudian dihaluskan lalu diayak menggunakan ayakan 140 mesh, agar memiliki ukuran yang seragam. Tahap selanjutnya yaitu pemurnian dengan toluene. Toluene ini berfungsi untuk melarutkan kotoran-kotoran yang masih terdapat pada sampel. Proses pemurnian ini menggunakan toluene 15 cm³ yang dicampur dengan aquades 45 cm³ (Senoz, E., 2011). Keratin direndam dalam campuran

larutan selama 1 jam, lalu disaring menggunakan kertas saring dan dibiarkan di udara terbuka hingga kering (farida, 2015).



Gambar 4.1 Bulu unggas setelah dipirolisis pada suhu 450 °C (Farida, 2015).

Pembuatan keratin teraktivasi menggunakan dua proses yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika. Aktivasi kimia dilakukan menggunakan KOH dengan variasi konsentrasi 1M, 3M dan 5M. Berat sampel awal 50 gram kemudian dilarutkan ke dalam 100 ml KOH yang sudah diencerkan menggunakan aquades sesuai dengan konsentrasinya. Perhitungan variasi konsentrasi terdapat pada lampiran 1. Sampel diaduk sampai homogen menggunakan spatula selama ± 15 menit. Kemudian didiamkan selama 1 hari agar terjadi proses difusi KOH ke dalam sampel keratin. Setelah itu disaring menggunakan kertas saring. Proses pencucian menggunakan HCl dengan cara ditetesi HCl 1M sedikit demi sedikit lalu diukur pH sampel menggunakan pH Universal. Pengukuran pH dilakukan secara terus menerus hingga mencapai keadaan netral. Sampel kemudian dicuci dengan aquades untuk menghilangkan garam KCl. Reaksi kimia yang terjadi yaitu:

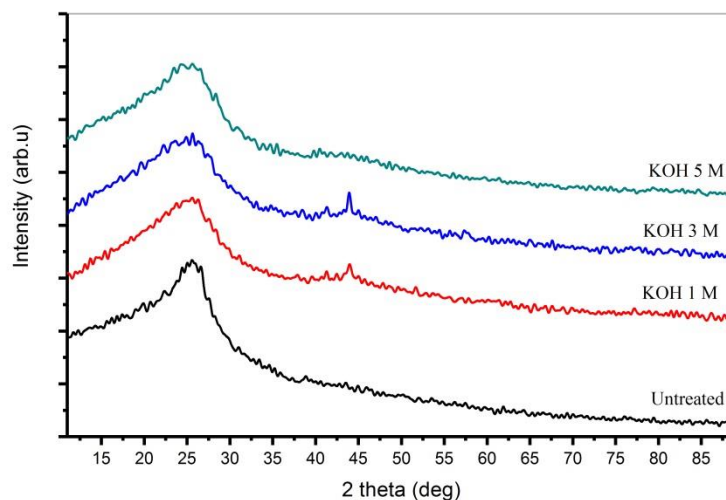


Sampel tersebut dikeringkan menggunakan oven selama 2 jam dengan suhu 100 °C untuk menghilangkan H₂O dalam sampel. Langkah selanjutnya yaitu aktivasi secara fisika menggunakan *vacum furnace* di Laboratorium Sentral Universitas Negeri Malang. Proses pemanasan menggunakan 700 °C dengan kenaikan suhu 5 °C/ menit selama 3 jam. Penggunaan *vacum furnace* bertujuan untuk menghindari reaksi antara karbon dengan O₂ yang membentuk CO₂.

4.1.1 Karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) Keratin

Sampel dianalisis dengan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui fasa yang terbentuk pada sampel. Karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD, Rigaku) dilakukan di Laboratorium PPF-LIPI. Sinar yang digunakan bersumber dari Cu_K-beta yang memiliki panjang gelombang 1.541862 Å.

Sudut pengukuran yang digunakan rentang antara 10-90°. Difaktogram serbuk keratin variasi KOH ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Spektrum Difraksi Sinar X serbuk keratin aktivasi KOH

Pola difraksi menunjukkan adanya fasa karbon (C) pada setiap perlakuan. Karakteristik keratin aktivasi KOH dapat dilihat dari puncak-puncak intensitas yang muncul. Puncak-puncak karbon terdapat pada sudut 2θ sekitar 25° dan 43° .

Hasil difraksi yang diperoleh juga bisa digunakan untuk menentukan ukuran kristal dan derajat kristanilitasnya. Ukuran kristal keratin aktivasi KOH dihitung dengan menggunakan persamaan Scherrer yang terdapat pada persamaan:

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

Tabel 4.1 menunjukkan ukuran kristal keratin dengan variasi KOH. Keratin tanpa aktivasi memiliki ukuran kristal lebih besar dari sampel keratin aktivasi KOH. Bentuk puncak yang lebar menunjukkan ukuran kristal yang kecil. Hal ini mengindikasikan ukuran kristal keratin variasi KOH yang kecil.

Derajat kristanilitas dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\% \text{ Kristalin} = \frac{\text{fraksi kristal}}{\text{fraksi kristal} \times \text{fraksi amorf}} \times 100\%$$

Tabel 4.1 Ukuran kristal dan Derajat Kristanilitas Keratin aktivasi KOH

No	Sampel	Ukuran Kristalit (nm)	Derajat kristanilitas (%)
1	Tanpa aktivasi	1,318	10,950
2	KOH 1M	0,966	31,753
3	KOH 3M	0,971	11,573
4	KOH 5M	0,864	17,699

Derajat kristanilitas keratin ditunjukkan pada tabel 4.1. Nilai derajat kristanilitas keratin tanpa aktivasi lebih rendah dari keratin aktivasi KOH. Derajat kristanilitas yaitu besaran yang menyatakan kandungan kristal pada suatu material

dengan membandingkan luasan kurva kristal dengan total luasan amorf dan kristal (Purnama, 2006).

4.1.2 Proses Pembuatan Baterai

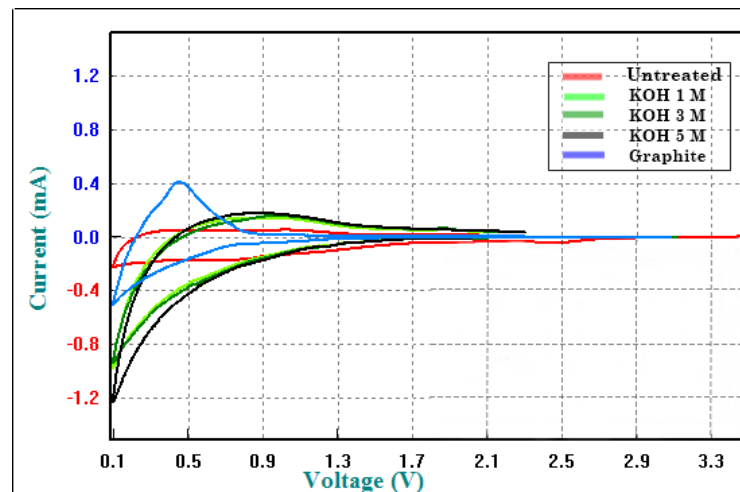
Pembuatan baterai ion lithium diawali dengan *slurry*. *Slurry* merupakan larutan yang digunakan sebagai bahan anoda baterai ion lithium. Bahan-bahan yang digunakan antara lain material aktif berupa keratin aktivasi KOH (80 %), serbuk *Polyvinylidene Fluoride* (PVDF) (10 %), serbuk *Acetylene Black* (AB) (10 %). Larutan DMAC 2 ml dituangkan ke dalam gelas beaker berukuran 15 ml, kemudian diletakkan di atas *hot plate* pada suhu 70 °C dan diaduk dengan kecepatan 150 rpm hingga sampel berwarna bening. PVDF dimasukkan sedikit demi sedikit ke dalam DMAC hingga larutan homogen. *Acetylene black* ditambahkan sedikit demi sedikit pada campuran material aktif hingga homogen dan dibiarkan selama $\pm 1,5$ jam di atas hot plate sampai terbentuk *slurry* yang diinginkan. Hasil *slurry* yang baik yaitu tidak terlalu encer dan tidak terlalu kental. *Slurry* yang terlalu encer akan menyebabkan hasil *coating* pecah-pecah, sedangkan apabila terlalu kental hasil *coating* akan terlalu tebal dan berpengaruh pada hasil pengujian baterai.

Tahap selanjutnya adalah pembuatan lembaran. Proses pembuatan lembaran diawali dengan meletakkan Cu-foil di atas doctor blade dan divakumkan. Cu-foil dibersihkan terlebih dahulu dengan etanol, kemudian *slurry* dituangkan di atas Cu-foil hingga merata dengan kecepatan $\pm 6-7$ rpm dan ketebalan 200 μm . Cu-Foil yang telah terlapisi *slurry* tersebut dikeringkan di *drying box* selama ± 1 jam. Hasil lembaran disimpan di dalam oven anoda selama 1 hari sebelum pembuatan *assembly* baterai.

Assembly baterai yaitu proses merangkai baterai yang terdiri dari beberapa komponen yaitu can, material aktif, separator, elektrolit, spacer, katoda, spring dan cap. Pembuatan *assembly* dilaksanakan di dalam *glove box*. Elektrolit yang digunakan dalam pembuatan *assembly* yaitu LiPF_6 . Elektrolit cair yang digunakan harus memiliki konduktivitas ionik yang tinggi dan konduktivitas elektronik yang rendah, sehingga mampu menghantarkan ion selama proses interkalasi antara elektroda positif dan elektroda negatif tanpa terjadi kebocoran elektron. Katoda yang digunakan yaitu lithium metal. Kemudian dipress menggunakan *crimbling casing* agar tertutup secara rapat.

4.1.3 Hasil Pengujian CV

Pengujian *cyclic voltametry* bertujuan untuk mengkonfirmasi ada atau tidaknya reaksi reduksi-oksidasi (redoks) dalam sampel. Pengujian CV (WBCS3000) di Laboratorium PPF-LIPI. Voltamogram siklik diperoleh dengan mengukur arus pada elektroda kerja selama scan potensial. Arus dapat dianggap sebagai respon sinyal terhadap potensial eksitasi. Voltamogram yang dihasilkan yaitu kurva hubungan antara arus (I) terhadap potensial (V).



Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian CV

Gambar 4.3 merupakan grafik gabungan hasil pengujian CV. Jarak puncak redoks sampel keratin tanpa aktivasi memiliki nilai yang lebih besar dari sampel keratin aktivasi KOH. Sampel grafit murni mempunyai puncak redoks yang lebih kecil dari sampel keratin aktivasi KOH yaitu 0,343 V. Jarak antar kurva redoks diartikan sebagai jarak interkalasi dan deinterkalasi ion. Semakin kecil jarak puncak redoks maka semakin mudah ion lithium untuk berinterkalasi dan deinterkalasi. Nilai pengujian CV ditunjukkan pada tabel 4.2.

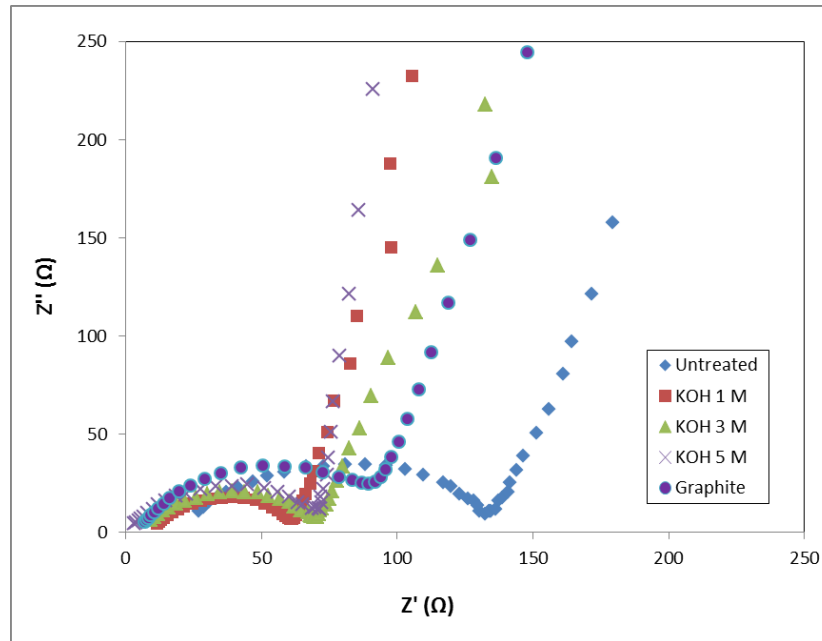
Tabel 4.2 Hasil pengujian CV keratin aktivasi KOH

No	Sampel	V _{oks} (V)	V _{red} (V)	i _{pc} (mA)	(V _{ok} -V _{red}) (V)	Tegangan kerja (V)
1	Tanpa aktivasi	1,041	0,1	0,05	0,931	0,571
2	KOH 1M	0,836	0,1	0,165	0,736	0,468
3	KOH 3M	0,947	0,1	0,16	0,847	0,524
4	KOH 5M	0,808	0,1	0,18	0,708	0,454
5	Grafit	0,443	0,1	0,4	0,343	0,272

Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengujian CV. Arus oksidasi keratin aktivasi KOH memiliki nilai yang lebih besar dari sampel keratin tanpa aktivasi. Grafit murni memiliki nilai arus oksidasi yang lebih besar dari sampel keratin tanpa aktivasi.

4.1.4 Hasil Pengujian *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS)

Pengukuran konduktivitas dilakukan dengan menggunakan alat *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (Hioki 3522). Hasil pengujian EIS didapatkan kurva Z_{real} , $Z_{imaginer}$ dan fasa.



Gambar 4.4 Grafik cole-cole plot

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa cole-cole plot keratin dan grafit terdiri dari *semicircle* (setengah lingkaran) dan garis lurus warburg. *Semicircle* menunjukkan hambatan kontak permukaan dan transfer muatan. Sehingga *semicircle* yang besar memiliki hambatan yang besar dan *semicircle* yang kecil, hambatannya akan kecil. Garis lurus tersebut menunjukkan adanya proses difusi ion lithium ke dalam material elektroda yang disebut *warburg impedance*.

Tabel 4.3 Resistansi Sampel Keratin aktivasi KOH dan grafit hasil Uji EIS

No	Sampel	Re (Ω)	Rs (Ω)	Rct (Ω)
1	Tanpa aktivasi	26,879	132,67	105,791
2	KOH 1M	11,574	60,652	49,078
3	KOH 3M	9,3198	68,11	58,7902
4	KOH 5M	3,2065	71,0565	67,85
5	Grafit	6,9393	98,449	91,5097

Resistansi elektronik (Re) adalah titik terendah, Resistansi total (Rt) adalah titik tertinggi dan Resistansi Charge transfer (Rct) adalah selisih dari nilai tertinggi dan nilai terendah dari *semicircle* (setengah lingkaran) (Tribowo, 2011).

Tabel 4.6 menunjukkan sampel tanpa aktivasi KOH memiliki Resistansi charge transfer (R_{ct}) sangat besar bila dibandingkan dengan sampel keratin aktivasi KOH. Grafit memiliki Resistansi charge transfer (R_{ct}) sebesar $91,5097 \Omega$.

Konduktivitas (σ) pada suatu anoda dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\sigma = \frac{1}{R_{ct}} \frac{t}{A}$$

t adalah tebal dari lapisan material aktif pada elektroda, A adalah luas permukaan elektroda. Nilai hasil perhitungan konduktivitas (σ) ditunjukkan pada tabel 4.7.

Rapat arus (i^0) dihitung menggunakan persamaan :

$$i^0 = \frac{RT}{nF R_{ct}}$$

R adalah ketetapan gas konstan (8.314 J/mol K), T adalah temperatur absolut (298.15 K), n adalah bilangan perpindahan elektron per molekul pada saat terjadi interkalasi ion. Nilai bilangan pada grafit yaitu $n = 1$. Nilai hasil perhitungan rapat arus (i^0) ditunjukkan pada tabel 4.4.

Nilai *Warburg impedance* (σ_w) dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$Z_{re} = R_e + R_{ct} + \sigma_w \omega^{-1/2}$$

adalah impedansi total pada kurva niquit plot, resistansi dari elektrolit, resistansi *charge transfer* dan ω adalah frekuensi sudut rendah. Nilai hasil perhitungan *warburg impedance* ditunjukkan pada tabel 4.4.

Koefisien difusi ion (D_{Li^+}) dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$(4.7)$$

F adalah konstanta Faraday (96500 C/mol) dan C adalah konsentrasi ion litium pada pada zat padat ($4.37 \times 10^{-3} \text{ mol/cm}^3$) (Mandi dkk, 2014). Nilai hasil perhitungan difusi ion (D_{Li^+}) ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai impedansi sampel keratin aktivasi KOH dan grafit

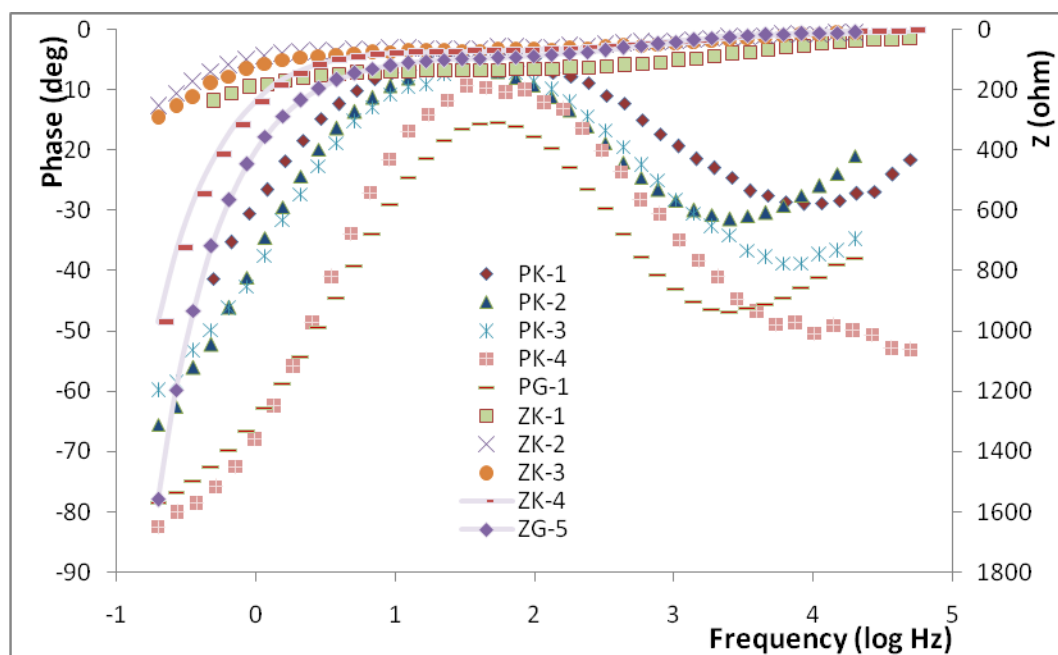
No	Sampel	σ (S cm ⁻¹)	i^0 (mA cm ⁻²)	σ_w ($\Omega \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1/2}$)	D (cm ² s ⁻¹)
1	Tanpa aktivasi	0,009406	0,000243	82,09692	$2,75 \cdot 10^{-13}$
2	KOH 1M	0,020274	0,000523	80,35681	$2,87 \cdot 10^{-13}$
3	KOH 3M	0,016925	0,000437	139,7933	$9,50 \cdot 10^{-14}$
4	KOH 5M	0,014665	0,000379	42,25076	$1,04 \cdot 10^{-12}$
5	Grafit	0,010873	0,000281	122,61626	$1,46 \cdot 10^{-13}$

Tabel 4.4 menunjukkan nilai dari konduktivitas. Konduktivitas keratin tanpa aktivasi memiliki nilai yang paling rendah. Konduktivitas meningkat ketika keratin aktivasi KOH 1M $0,020274 \text{ S cm}^{-1}$. Konduktivitas kembali lagi menurun ketika aktivasi KOH 3M dan meningkat ketika keratin aktivasi KOH 5M. Konduktivitas grafit sebesar $0,010873 \text{ S cm}^{-1}$.

Nilai rapat arus berkorelasi dengan nilai konduktivitas. Nilai rapat arus paling rendah terdapat pada sampel keratin tanpa aktivasi. Rapat arus paling tinggi berada pada keratin aktivasi KOH 1M.

Warburg impedance mempunyai keterkaitan dengan koefisien difusi ion litium pada elektroda. Dimana makin kecil nilai dari *warburg impedance* maka nilai koefisien difusi akan semakin besar. Keratin aktivasi KOH 5M memiliki nilai *warburg impedance* yang paling kecil sehingga nilai koefisien difusi keratin aktivasi KOH 5M memiliki nilai yang paling tinggi. Grafit murni memiliki

Warburg impedance sebesar $122,616 \Omega \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1/2}$ dan koefisien difusi ion sebesar $1,46 \cdot 10^{-13} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$.



Gambar 4.5 Pergeseran sudut fase dan Z_{total}
Sampel keratin aktivasi KOH dan grafit

Gambar 4.5 menunjukkan pergeseran sudut fase dan Z_{total} . Data pergeseran sudut fase dan nilai Z_{total} dibuat dengan memplotkan data pergeseran sudut terhadap $\log(\text{freq})$. Sumbu vertikal primer merupakan data pergeseran sudut fase, sementara sumbu vertikal sekunder merupakan besar dari impedansi. Hal ini memperlihatkan bahwa rata-rata sampel telah memiliki sifat kapasitansi yang diuji menggunakan pengujian *charge-discharge*. Pola berupa lekukan huruf “S” terbalik terlihat pada setiap sampel. Sudut fase tertinggi terletak pada keratin aktivasi KOH 5M bernilai $-82,5^\circ$ sedangkan sudut fase terendah terletak pada keratin tanpa aktivasi bernilai $-41,31^\circ$. Nilai puncak fase sampel keratin dan grafit terdapat pada tabel 4.5.

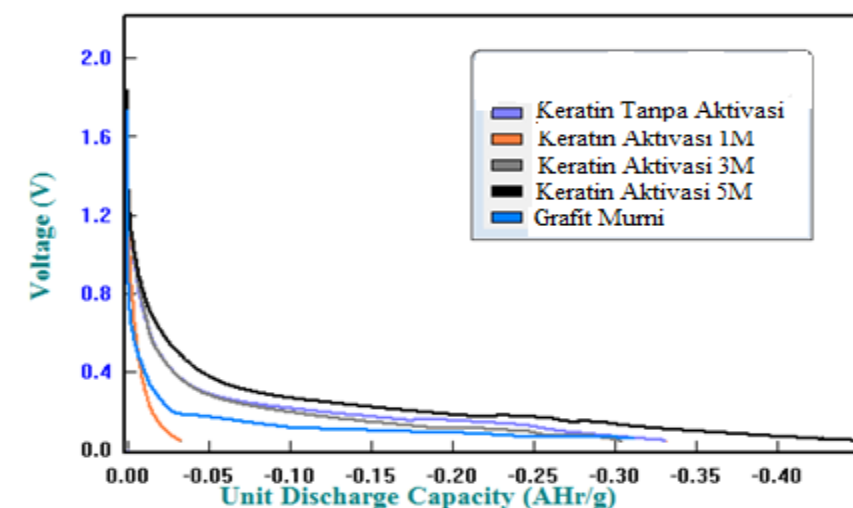
Tabel 4.5 Puncak Fase Keratin aktivasi KOH dan grafit

No	Sampel	Theta (1) (deg)	Theta (2) (deg)	Theta (end) (deg)	Theta (end-2) (deg)
1	Tanpa aktivasi	-21,53	-4,06	-41,31	37,25
2	KOH 1M	-20,95	-6,36	-65,56	59,2
3	KOH 3M	-34,86	-6,33	-59,89	53,56
4	KOH 5M	-53,15	-9,28	-82,5	73,22
5	Grafit	-37,87	-15,76	-76,86	61,1

4.1.7 Hasil Pengujian *Charge-Discharge* (CD)

Pengujian *charge-discharge* bertujuan untuk mengetahui berapa lama pemakaian dari baterai (life cycle). Alat yang digunakan untuk pengujian CD yaitu (CD, WBCS3000).

Pengisian baterai adalah proses *charge* sampai dengan kondisi mengembalikan 100 % dari kapasitas mAh yang terpasang dengan arus mendekati 0A. Dimana titik terakhir *charge* sudah tidak efektif lagi karena perubahan arus kecil sekali dan memerlukan waktu yang panjang. Proses *charge-discharge* pada siklus pertama dimulai dari proses *discharge* dengan 100 % kapasitas baterai sampai dengan kapasitas bawah.

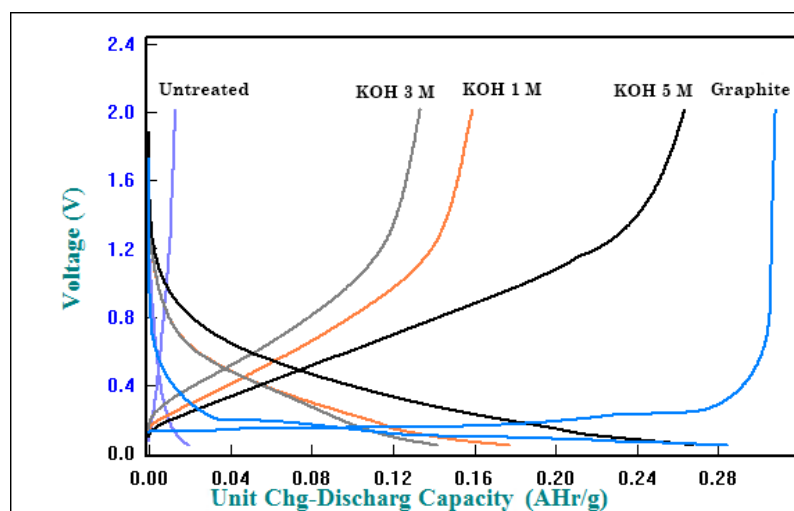


Gambar 4.6 Hasil uji *discharge* pada siklus pertama

Gambar 4.11 menunjukkan hasil uji *discharge* pada siklus pertama dengan pemberian waktu *charge-discharge* selama 30 jam. Kapasitas *discharge* keratin tanpa aktivasi memiliki nilai yang rendah. Nilai kapasitas *discharge* meningkat signifikan pada keratin aktivasi KOH. Kapasitas *discharge* grafit murni memiliki nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan keratin aktivasi KOH 5M dan keratin aktivasi KOH 1M. Nilai kapasitas *discharge* pada siklus pertama ditunjukkan dengan tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil uji *discharge* pada siklus pertama

No	Sampel	C- (mAh/g)
1	Tanpa Aktivasi	32,81
2	KOH 1M	330,05
3	KOH 3M	302,90
4	KOH 5M	445,87
5	Grafiit	311,39



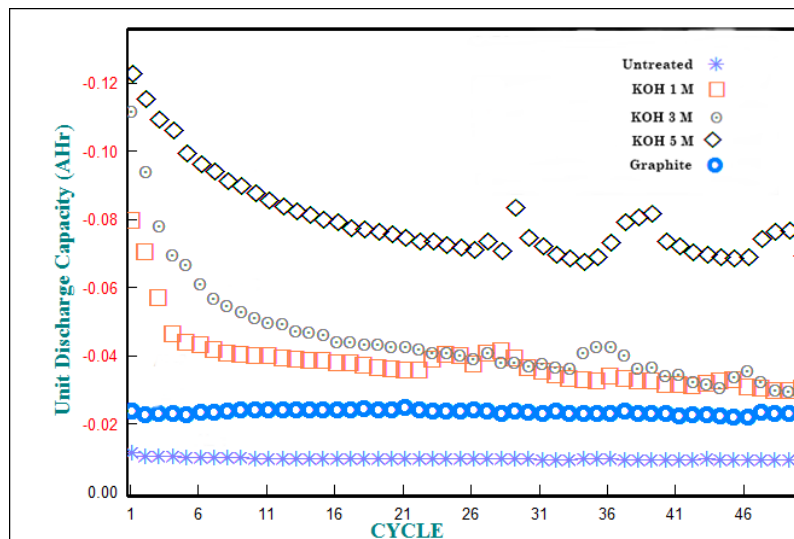
Gambar 4.7 Hasil uji *charge-discharge* pada siklus kedua

Gambar 4.7 menunjukkan hasil uji *charge-discharge* pada siklus kedua. Kapasitas *charge-discharge* siklus kedua mengalami penurunan yang signifikan

pada kapasitas *discharge* siklus pertama. Kapasitas *charge-discharge* keratin tanpa aktivasi memiliki nilai yang rendah. Nilai kapasitas *charge-discharge* semakin meningkat seiring variasi konsentrasi KOH. Kapasitas *charge-discharge* keratin aktivasi KOH 5M memiliki nilai kapasitas mendekati grafit murni. Nilai kapasitas *charge-discharge* pada siklus kedua terdapat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil uji *charge discharge* pada siklus kedua

No	Sampel	C- (mAh/g)	C+ (mAh/g)
1	Tanpa aktivasi (AL-1)	13,29	19,73
2	KOH 1M (AL-2)	159,18	177,07
3	KOH 3M (AL-3)	133,65	140,56
4	KOH 5M (AL-4)	263,42	266,42
5	Grafit (AL-5)	283,21	308,30

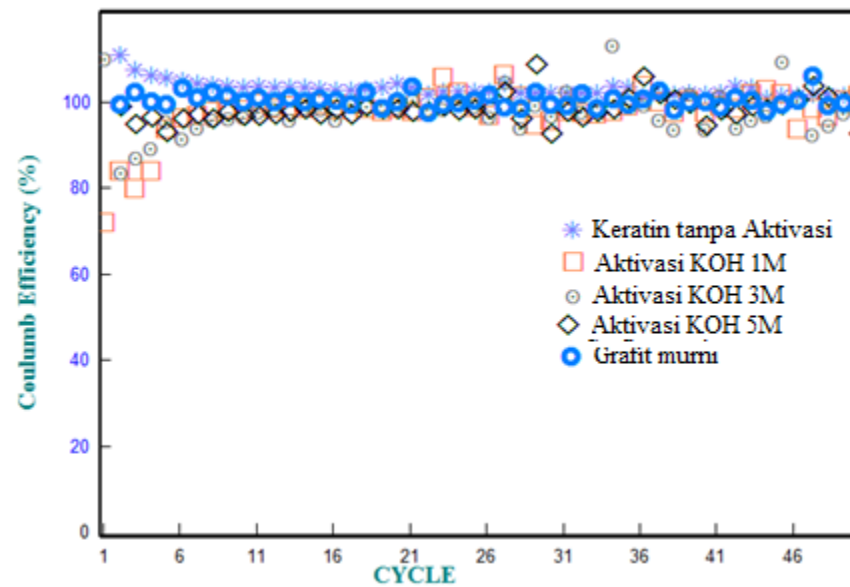


Gambar 4.8 Hasil uji *discharge* selama 50 siklus dengan c-rate:C/2

Gambar 4.8 menunjukkan hasil uji *discharge* selama 2 jam dengan 50 siklus. Kapasitas *discharge* keratin tanpa aktivasi memiliki nilai yang rendah. Kapasitas *discharge* keratin aktivasi KOH 5M memiliki nilai yang tinggi tetapi mempunyai siklus yang kurang stabil. Nilai dari kapasitas *discharge* 50 siklus terdapat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil uji discharge selama siklus dengan c-rate c/2

No	Sampel	Siklus 1 (mAh/g)	Siklus 50 (mAh/g)
1	Tanpa aktivasi	11,46	9,26
2	KOH 1M	79,08	32,78
3	KOH 3M	110,89	35,13
4	KOH 5M	122,03	76,36
5	Grafit	23,36	22,857



Gambar 4.9 Siklus terhadap *coloumb effeciency*

Grafik siklus terhadap *coloumb effeciency* ditunjukkan pada gambar 4.9. *Coloumb effeciency* dari setiap sampel hampir konstan yaitu 100 %. Tetapi pada sampel keratin murni, aktivasi KOH 1M dan aktivasi KOH 3M terdapat beberapa siklus yang tidak konstan.

4.2 Pembahasan

Bulu unggas merupakan salah material biomassa yang memiliki keunggulan yaitu mudah ditemukan dan jumlahnya melimpah. Pada bulu unggas mengandung zat keratin yang berpotensi sebagai *devois storage*. Keratin merupakan salah satu material yang bisa menggantikan peran grafit pada baterai ion lithium.

Dalam struktur keratin terdapat atom karbon (C) yang mengikat enam atom lainnya. Salah satu gugus yang terikat adalah karbon, yaitu gugus $-R$. Pengujian FT-IR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada keratin. Hasil pengujian FT-IR menunjukkan adanya puncak baru, yaitu gugus fungsi C-H alifatik pada bilangan gelombang 2921 cm^{-1} (Azizah, 2014).

Hasil pengujian BET menunjukkan bahwa *surface area* keratin sebelum aktivasi memiliki nilai yang paling besar dibandingkan dengan keratin setelah aktivasi. Penurunan *surface area* pada sampel yang telah teraktivasi secara kimia dan fisika disebabkan oleh massa karbon yang lebih besar dibandingkan massa KOH, sehingga menyebabkan proses difusinya kurang maksimal dan akan menutup pori-pori dari sampel tersebut.

Surface area tidak berpengaruh pada performa baterai. Tetapi distribusi pori yang lebih berpengaruh. Pada penelitian selanjutnya diharapkan melaksanakan pengujian BET dengan menentukan distribusi pori. Karbon aktif memiliki pori-pori yang berdasarkan ukurannya dibedakan menjadi *micropore* ($<2\text{ nm}$), *mesopore* ($2\text{-}50\text{ nm}$) dan *macropore* ($>50\text{ nm}$) (Bansal and Goyal, 2005).

Hasil *X-Ray Diffraction* (XRD) menunjukkan bahwa setiap sampel memiliki kandungan karbon. Pada keratin tanpa aktivasi kandungan karbon 100 %

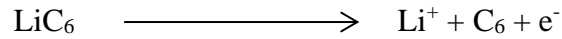
sedangkan pada sampel yang lainnya masih terdapat kandungan KCl. Hal ini dikarenakan terdapatnya unsur K^+ yang berasal dari proses aktivasi KOH dan unsur Cl^- dari pembilasan dengan HCl. Keratin aktivasi KOH 5M memiliki kandungan KCl yang paling sedikit hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya puncak yang terlihat pada gambar 4.2.

Hasil pengujian XRD menunjukkan bahwa puncak-puncak setiap sampel ada perbedaan. Hal ini dibuktikan dengan nilai FWHM yang berbeda sehingga ukuran kristal dari setiap sampel juga berbeda. Ukuran kristal yang kecil dapat memperpendek jarak perpindahan ion Li^+ pada saat proses interkalasi dan deinterkalasi.

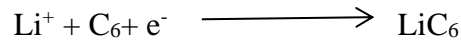
Perhitungan derajat kristanilitas yaitu untuk mengetahui seberapa besar sampel tersebut sudah menjadi kristalin. Tabel 4.1 menunjukkan bahwa sampel tersebut bersifat semikristalin. Hal ini didukung dengan pengujian CV dimana reaksi redoks telah terjadi tetapi puncak-puncak yang terbentuk tidak tajam, bahkan puncak reduksinya hampir terlihat datar. Dimana puncak oksidasi dan reduksi yang semakin tajam menandakan bahwa laju pemindaian ion lithium besar. Gambar 4.7 terdapat puncak oksidasi dan puncak reduksi yang menandakan adanya interkalasi dan deinterkalasi Li^+ .

Analisa berdasarkan struktur mikronya tidak ada perbedaan yang signifikan antara sampel keratin satu dengan sampel lainnya. Hal tersebut dibuktikan dengan tidak adanya perbedaan yang signifikan pada volume kristal tiap sampel yang terdapat pada lampiran.

Pada proses *discharging* terjadi reaksi oksidasi anoda keratin, dalam hal ini LiC_6 yang memenuhi persamaan reaksi:



Pada *charge* terjadi reaksi reduksi dengan persamaan reaksi:



Hasil pengujian CV menunjukkan bahwa keratin aktivasi KOH 5M mempunyai puncak anodik yang paling tinggi. Hal ini menunjukkan adanya performa siklik yang paling baik karena arus yang besar akan menyebabkan ion semakin cepat terisi. Grafit memiliki puncak anodik sebesar 0,4 mA.

Lembaran anoda keratin aktivasi KOH 5M menunjukkan puncak redoks yang lebih lemah dan puncak arus yang lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa keratin aktivasi KOH 5M mempunyai proses interkalasi dan deinterkalasi Li^+ yang lebih cepat.

Pengujian CV keratin aktivasi KOH 5M memiliki puncak oksidasi yang paling tinggi. Hal ini terjadi karena memiliki pori yang luas pada hasil SEM sebelumnya, sehingga transfer ion lithium yang terjadi lebih banyak ketika proses pengujian CV.

Hasil pengujian EIS plot cole-cole menunjukkan bahwa semakin lebar *semicircle* maka nilai resistansinya semakin besar. Makin kecil nilai resistansinya maka konduktivitasnya semakin besar. Sebaliknya semakin besar resistansinya maka nilai konduktivitasnya semakin kecil. Hal ini dikarenakan ketika nilai resistansi besar maka akan meningkatkan jarak tempuh elektron dan jarak difusi ion lithium dalam lembaran anoda keratin atau grafit yang semakin jauh.

Pola Z_{total} terhadap $\log(f)$ ditunjukkan pada gambar 4.4. Hampir setiap sampel memiliki pola yang hampir sama yaitu ketika frekuensi rendah Z_{total} bernilai tinggi, sedangkan ketika frekuensi bernilai tinggi maka Z_{total} bernilai

rendah. Hal ini menunjukkan bahwa ketika frekuensi tinggi impedansi kapasitif bernilai rendah, hal ini sesuai dengan (). Ketika frekuensi tinggi arus dapat mengalir dengan cepat tanpa terhambat oleh hambatan yang terdapat pada material tersebut (Subhan, 2011).

Hasil perhitungan konduktivitas ditunjukkan pada tabel 4.4. Nilai keratin aktivasi KOH 1M merupakan nilai terbesar $0,020274 \text{ mA cm}^{-2}$ sehingga memiliki reversibilitas yang baik. Hal ini menunjukkan bahwa hasil perhitungan sesuai dengan tabel 4.6 dimana nilai R_{ct} yang paling kecil terdapat pada keratin aktivasi KOH 1M. Hasil ini juga sesuai dengan pengujian XRD dimana keratin aktivasi KOH 1M memiliki nilai kristanilitas yang tinggi.

Impedansi warburg (σ_w) keratin aktivasi KOH 5M memiliki nilai yang paling kecil sehingga secara tidak langsung keratin aktivasi KOH 5M menunjukkan koefisien difusi yang paling besar. Hal ini ditunjukkan dengan perhitungan koefisien difusi (D) yang terdapat tabel 4.4.

Keratin aktivasi KOH 5M memiliki kapasitas *dischage* yang paling besar. Hal ini sesuai dengan pengujian EIS dimana keratin aktivasi KOH 5M memiliki lebar fasa yang paling tinggi sedangkan keratin tanpa aktivasi memiliki lebar fasa yang paling rendah.

Pengujian CD menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara keratin tanpa aktivasi dengan keratin yang telah diaktivasi. Hal ini menunjukkan bahwa aktivasi KOH mempengaruhi nilai kapasitansi yang dihasilkan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Pengujian Difraksi sinar X menunjukkan derajat kristanilitas paling besar sebesar 31,753 % terdapat pada keratin aktivasi KOH 1M. Nilai kristalin yang makin tinggi menjadikan kapasitas naik. Kristalinitas yang tinggi membuat struktur kristal mampu berproses dalam interkalasi yang makin meningkat. Permukaan yang lebih kristalin ini menjamin reaksi elektrokimia menjadi lebih baik dari pada permukaan pada sampel yang tanpa perlakuan.
2. Variasi aktivasi KOH berpengaruh terhadap respon karakteristik elektrokimia. Keratin dengan aktivasi KOH 5M memiliki puncak redoks yang lebih rendah, puncak arus yang lebih tinggi dan koefisien difusi sebesar $1,04 \cdot 10^{-12} \text{ cm}^2/\text{s}^1$. Pengujian CD menunjukkan kapasitas tertinggi sebesar 445,87 (mAh/g) ketika siklus pertama kali *charge-discharge*. Hal ini menunjukkan bahwa keratin yang diaktivasi dengan KOH memiliki performa yang baik pada anoda baterai ion lithium.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan aktivasi fisika dengan suhu lebih dari 700 °C. Aktivasi kimia menggunakan perbandingan massa KOH dengan massa keratin untuk meningkatkan derajat kristanilitas dan performa elektrokimia pada anoda baterai ion lithium.

Jadwal Penelitian

No	Uraian	Mei				Juni				Juli				Agustus				September				Oktober			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Preparasi sampel	■	■	■	■																				
2	Penelitian Laboratorium					■	■	■	■	■	■	■													
3	Analisis Data									■	■	■	■	■	■	■	■								
4	Penyusunan Laporan																	■	■	■	■				
5	Seminar Hasil																	■							
6	Pengumpulan laporan																					■			
7	Publikasi ilmiah																						■		

DAFTAR PUSTAKA

- A.D. Little. 1998. *Kline & Company and Company Estimates Carson 1998*. California, USA: PR Newswire.
- Abdusysykir. 2007. *Ketika Kiai Mengajar Matematika*. Malang: UIN Malang Press.
- Azargohar, R. 2009. *Production of Activated Carbon and its Catalytic Application for oxidation of Hydrogen Sulphide*. Department of Chemical Engineering. Saskatoon, University of Saskatchewan: Doctor of Philosophy.
- Azizah, Fii Ahliha. 2014. *Karakterisasi Komposit Keratin Dan Magnesium (Mg) Terhadap Proses Aabsorpsi Hidrogen Pada Temperatur 200 °C Dan 300 °C*. Skripsi. Malang: UIN Malang.
- Buchmann, Isidor. 2001. *Baterai University*. <http://www.buchman.ca>. Diakses 26 Agustus 2016.
- Candace K. Chan, et.al. 2008. *High-performance lithium battery anodes using silicon nanowires*. J. Nature publishing.
- Damanhuri, Enri. 2008. *Sifat dan Karakterisasi Bahan Kimia Berbahaya*. Bandung: FTSL ITB.
- Farida, Amilatul. 2013. *Karakterisasi dan Analisis Struktur Kristal Komposit Zat Keratin dari Bulu Unggas dan Magnesium (Mg) dengan Metode Rietveld*. Skripsi. Malang: Uin Malang.
- Kasvaye, Keivan Amiri. 2011. *Synthesis of Li-ion battery cathode materials via freeze ranulation*. Thesis. Sweden: Chalmers University of Technology.
- Eriksson, T. 2001. *LiMn₂O₄ as a Li-Ion Bttery Cathode From Bulk to Electrolyte Interfase*. Disertasi. Sedden: Uppsala University.
- Furukawa. 2011. *Electrodeposited Copper Foil for Lithium-Ion Batteries*. <http://www.furukawa.co.jp>. Diakses 29 Desember 2016.
- Gaman, P. M, dan Sherrington, K. B. 1992. *Pengantar Ilmu Pangan , Nutrisi dan Mikrobiologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Gao, Zan dkk. 2016. *Biomass-Derived Renewable Carbon Materials For Electrochemical Energy Storage*. USA: Departement of Medical and Aerospace Engineering, University of Virginia, Charlottesville.
- Girindra, A. 1986. *Biokimia I*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

- Grant, N. M., & Suryanayana, C. 1998. *X-Ray Diffraction: A Paertical Approach*. New York: Plennum Press.
- Gritzner, G. 1993. *Symbol and Definition In Electrochemical Engineering*. Pure & Appl Chem. 65: (009-020).
- Guanghui Wu, dkk. 2015. *N-doped graphene/graphite composite as conductivr agent-free anode material for lithium ion batteries with greatly enhanced electrochemical performance*. China: Jiangnan University.
- Haraps, B. S and E.F. Woods. 1964. *A Soluble Derivates of Feather Keratin, Isolation, Fraction and Amino Acid Composition*. Biochemical Journal 92:8-18.
- Hastuti, Erna. 2015. *Pemanfaatan Keratin Dari Limbah Bulu Angsa Sebagai Superkapasitor*. Malang: UIN Malang.
- Haurowitz, F. 1984. *Biochemistry an Introduction Text Book*. New York.
- Haryadi,W. 1993. *Ilmu Kimia Analitik Dasar*. Jakarta: Gramedia Pustaka.
- Hill, Mc. 1982. *Encyclopedia of Science and Technology. 5 th Edision*. Vol 5: 394: 12-842.
- Hiroshi Kawamoto. 2010. *Trends of R&D on Materials for High-Power and Large-capacity Lithium-ion Batteries for Vehicles Applications*. Science & Technology Trends. No 36.
- Jankowska, H., Swiatkowski, A., Choma, J. 1991. *Active Carbon*. New York: Elis Horwood.
- Jubilee, Enterprise. 2010. *Teknik Menghemat Baterai*. Jakarta: Gramedia.
- J.S Bridel et at. 2009. *Key Parrameters Governing the Reversibility of Si/Carbon/CMC Electrodes for Li-Ion Batteries*. Chem Matter: XXXX, XXX,000-000.
- Kha, Ida. 2014. *Makalah Baterai*. <http://idakhaa.blogspot.co.id>. Diakses 28 Agustus 2016.
- Kim, Taegon dkk. 2007. *Capacitance Behaviors Of Acetylene Black Series With Changes Of Graphitization Degree*. Japan: Institute For Materials. Chemistry and Engineering, Kyushu University, Kauga 816-8580.
- Lehninger, A. L. 1995. *Dasar-Dasar Biokimia Ed. Ke-5*. Jakarta: Erlangga.
- 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.
- Manocha, S.M. 2003. *Porous Carbon*. *Sadhana* 28: 33348.
- Martin Winter, Ralph J Brodd. 2004. *What Are Batteries, Fuel Cells and Supercapacitors?*. *Chem. Rev.* 104 (2004) 4245-4269. American: american Chemical Society.
- Prihandoko, Bambang, M.T. 2010. *Pembuatan Nanomaterial Sebagai Bahan Komponen Baterai Lithium*. Laporan Akhir. Serpong: LIPI.
- Q. Zhuang, X.Qiu dan S,Xu. 2012. "Diagnosis of Electrochemical Impedance Spectroscopy in Li-ion Batteries. *New Dev.* pp. 189-226.
- Riskia, M. 2015. *Superkapasitor Berbahan Dasar Larutan Elektrolit Dan Keratin-PVA Sebagai Elektroda (Kajian Penambahan Larutan Elektrolit Dan Redox Pair Pada Matriks Polimer)*. Skripsi. Malang: UIN Malang.
- Sari, Kartika. 2015. *Pembuatan Baterai Lithium menggunakan Bahan Aktif Mesocarbon Microbead (MCMB) Sebagai Anoda Dengan Variasi Presentase Berat Pelarut N,N-Dimethyl Acetamide (DMAC)*. Skripsi. Sumatra Utara: USU.
- Saryanto, Henri. 2013. *Teori Dasar X-Ray Diffraction (XRD)*. <http://fathulili.blogspot.co.id>. Diakses 29 Desember 2016.
- Scholz, F. 2010. *Electroanalytical Methods: Guide to Experiments and Applications*. Sprinfer: UK.
- Shen, S., Sitepu, H., Al-Hamoud, S.A., Al-Taie., G., Al-Sharani, A.A., & Al-Daajani,. B.F. 2010. *Use of XRD dan XRF Techniques tp Determinethe Chemical Composition and Crystallite Size of Metal Matrix Composite Materials*. *Saudi Aramco Journal of Technologi*, pp. 05-55.
- Sinuhaji P., dan Marlianto E. 2012. *Teknologi Film Tipis*. Medan: USU Press.
- Siti, M. 2010. *Metode Pemisahan dan Analisa Kimia*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Smallman, R., & Bishop, R. 1999. *Modern Physics Metallurgy And Materials Enginerig*. *Butterworth-Heinemann*: Oxford.
- Subhan, Achmad. 2011. *Fabrikasi Dan Karakterisasi Li₄Ti₅O₁₂ Untuk Bahan Anoda Baterai Lithium Keramik*. Tesis. Depok: Universitas Indonesia.

- T. Minami, 2005. “*Soplid State Ionics For Batteries*”. Osaka, Japan: President, Osaka Prefecture University Gakuen-cho Sakai.
- Tias, Siti Miranti. 2012. *Pembuatan Karbon Aktif dari Bambu Dengan Metode Aktivasi Terkontrol Menggunakan Acivating Agent H₃PO₄*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Triwibowo, J. 2011. *Rekayasa Bahan Li_xTMn_xFe_z (PO₄)₃ sebagai Katoda Solid Polymer Battery (SPB) Lithium*. Tesis. Depok: Universitas Indonesia.
- Wahyudi. 2012. *Penemuan Terbaru Perpanjang Usia Baterai Li-Ion*. <http://viruspintar.blogspot.co.id/>. Diakses 30 Desember 2016.
- Wiryaman. 2015. *Baterai Lithium*. <http://wiryamangpblog.co.id>. Diakses 30 Desember 2016.
- X. Han, M. Ouyang, L. Lu and J. Li. 2014. “*A comparative study off commersial lithium ion battery cycle life in electric vehicle: Capacity loss estimation*”. *J. Power Sources*, vol. 269, pp.658-669.
- Yudi Miswar, dkk. 2010. *Sintesa dan karakterisasi Nanokristalin ZnCo₂O₄ dengan Metode Sonokimia Menggunakan Ultrasonic Bath Bahan Komposit Superkapasitor Simetris ZnCo₂O₄/ Carbon Nanotube*. Program Kreativitas Mahasiswa. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Zhang Jinqiang, dkk. 2013. *Investigation of Polymers Used in Lithium Oxygen Batteries as Electrolyte and Cathode*. Thesis. Sydney: Unyversity of Technology.
- Zhang Junlu, dkk. 2017. *Facile strategy to prosuce N-doped carbon aerogels derived from seaweed for lithium-ion battery anode*. China: Qingdoa University.

FOTO KEGIATAN



