

**LAPORAN PENELITIAN
TAHUN ANGGARAN 2019**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KERATIN DENGAN VARIASI
TEMPERATUR AKTIVASI UNTUK BAHAN BATERAI LITHIUM**

Nomor DIPA	:	DIPA BLU- DIPA 025.04.2.423812/2019
Tanggal	:	5 Desember 2018
Satker	:	(423812) UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
Kode Kegiatan	:	(2132) Peningkatan Akses, Mutu, Relevansi dan Daya Saing Pendidikan Tinggi Keagamaan Islam
Kode Output Kegiatan	:	(050) PTKIN Penerima BOPTN
Sub Output Kegiatan	:	(514) Penelitian (BOPTN)
Kode Komponen	:	(004) Dukungan Operasional Penyelenggaraan Pendidikan
Kode Sub Komponen	:	C Penelitian Dasar Interdisipliner

Oleh:

Erna Hastuti (NIP. 19811119 200801 2 009)
Muthmainnah (NIP. 19860325 201903 2 009)



**KEMENTERIAN AGAMA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
(LP2M)
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

Laporan penelitian dengan judul **Sintesis dan Karakterisasi Keratin dengan Variasi Temperatur Aktivasi untuk Bahan Baterai Lithium**

Oleh:
Erna Hastuti (NIP. 19811119 200801 2 009)
Muthmainnah (NIP. 19860325 201903 2 009)

Telah diperiksa dan disetujui reviewer dan komiten penilai pada Tanggal 29 Oktober 2019

Malang, 30 Oktober 2019

Reviewer 1,

Reviewer 2,

Dr. Sri Harini, M.Si
NIP. 19731014 200112 2002

Ahmad Lubab, M.Si
NIP. 19811118 200912 1003

Komite Penilai

Ernaning Setiyowati, MT
NIP. 19810519 200501 2 005

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Penelitian ini disahkan oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Pada tanggal 1 Nopember 2019

Peneliti

Ketua : Erna Hastuti
NIP. 19811119 200801 2 009

Tanda Tangan

Anggota I : Muthmainnah
NIP. 19860325 201903 2 009

Tanda Tangan

Ketua LP2M
UIN Mulana Malik Ibrahim Malang

Dr. Hj. Tutik Hamidah, M.Ag
NIP: 19590423 198603 2 003

PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Erna Hastuti
NIP : 19811119 200801 2 009
Pangkat/Gol.Ruang : Lektor/IIIId
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Fisika
Jabatan dalam Penelitian : Ketua Peneliti

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa dalam penelitian ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila dikemudian hari ternyata dalam penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur penjiplakan dan pelanggaran etika akademik, maka kami bersedia mengembalikan dana penelitian yang telah kami terima dan diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, 30 Oktober 2019

Ketua Peneliti

(Erna Hastuti)
(NIP. 19811119 200801 2 009)

ABSTRAK

Baterai merupakan penyimpan energi yang banyak dibutuhkan pada saat ini. Berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan performa baterai, salah satunya pembuatan anoda baterai dari karbon. Pada penelitian ini, karbon didapatkan dari limbah biomassa bulu ayam, yang dikarbonisasi dan dilakukan proses aktivasi kimia dan fisika. Aktivasi kimia menggunakan KOH 5 M dan aktivasi fisika dengan pemanasan pada variasi temperature 750, 850 dan 950 °C. Dari hasil pengujian XRD didapatkan semua sampel membentuk karbon amorf dengan struktur hexagonal. Ukuran partikel semakin kecil pada temperature tinggi, hingga 22,95 nm. Perubahan temperature juga mempengaruhi sifat elektrokimia baterai. Konduktivitas tertinggi yaitu $1,43 \times 10^{-5}$ S/cm pada temperature aktivasi 950 °C dan kapasitansi meningkat sampai 249,12 mAh/g.

Kata kunci : baterai, keratin, aktivasi fisika

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmad dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat melakukan penelitian dasar interdisipliner yang berjudul Sintesis dan Karakterisasi Keratin dengan Variasi Temperatur Aktivasi untuk Bahan Baterai Lithium.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LP2M) Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan support secara financial demi kelancaran pelaksanaan penelitian ini. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan tersebut sangat sulit bagi penulis untuk dapat menyelenggarakan dan menyelesaikan 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, Nopember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

Cover	
Halaman Persetujuan	ii
Halaman Pengesahan	iii
Pernyataan Orisinalitas Penelitian	iv
Abstrak	v
Pengantar	vi
Daftar Isi	vii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Permasalahan.....	3
1. Identifikasi Permasalahan	
2. Batasan Permasalahan	
3. Rumusan Permasalahan	
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Signifikansi Penelitian.....	3
E. Penelitian Terdahulu.....	3
F. Sistematika Penulisan	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1. Baterai	6
2.2. Karbon Aktif	9
2.3. Keratin.....	11
2.4. Komponen Tambahan Anoda Baterai.....	13
2.5. XRD	14
2.6. SEM.....	16
2.7. Voltametri Siklik.....	16
2.8. EIS.....	17
2.9. Charge-Discharge (CD)	19
BAB III Metodologi Penelitian	
3.1 Bahan dan Alat.....	20
3.2. Persiapan alat dan Bahan	20

3.4. Diagram Alir	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Peningkatan penggunaan alat elektronik pada masyarakat, menyebabkan kebutuhan terhadap baterai sebagai penyimpan energi listrik semakin meningkat. Berbagai penelitian dilakukan untuk mendapatkan baterai yang memiliki efektivitas tinggi, ringan, kapasitas besar, memiliki *lifetime* yang cukup panjang dan ramah lingkungan. Menurut Kasvaye (2011) baterai ion lithium memiliki *lifecycle* yang panjang yaitu 500-1000 siklus, memiliki kapasitas energi spesifik yang besar dan bobot yang ringan. Perbaikan komponen baterai diperlukan untuk mendapatkan baterai yang lebih baik. Salah satu cara untuk mendapatkan baterai yang baik adalah dengan memperbaiki anoda baterai tersebut. Anoda baterai yang baik dapat mempercepat proses *charge-discharge*, meningkatkan kapasitas baterai, dan menambah masa hidup baterai. Salah satu material yang biasa digunakan sebagai anoda baterai adalah karbon. Karbon merupakan senyawa yang memiliki potensi digunakan sebagai bahan anoda baterai karena kerjanya bagus, ramah lingkungan dan murah (Liu, 2016).

Karbon dapat diperoleh dari tumbuhan dan hewan, selain itu dapat dijumpai di alam dalam bentuk batuan dan dapat diperoleh dari hasil pembakaran. Dari beberapa sumber tersebut, potensi penghasil karbon terbesar berasal dari tumbuhan dan hewan atau disebut dengan biomassa. Biomassa adalah material terbarukan yang berasal dari hewan atau tumbuhan, baik hidup maupun mati. Beberapa material biomassa yang dapat menghasilkan karbon yaitu alga (Zhang, dkk, 2016) dan bulu unggas (Azizah dan Hastuti, 2014). Penggunaan biomassa terutama dari limbah, diharapkan dapat mengurangi pencemaran dan meningkatkan kegunaan biomassa tersebut.

Pada penelitian ini, proses pirolisis bulu unggas menghasilkan keratin. 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. Keratin sebagai bahan anoda baterai akan diaktivasi kimia

dengan KOH 5 M dan dipanaskan pada variasi temperatur 750 °C, 850 °C dan 950 °C. Penggunaan variasi temperatur aktivasi ini dilakukan untuk mengetahui perubahan struktur kristal pada keratin, dan diharapkan dapat meningkatkan kinerja bahan pada baterai.

B. Permasalahan

1. Identifikasi Permasalahan

Salah satu syarat elektroda yang digunakan dalam baterai adalah luas permukaan yang tinggi dan kristalinitas yang baik. Keratin yang memiliki struktur heliks, diharapkan dapat menyimpan muatan lebih baik. Tetapi, nilai kapasitansi yang didapatkan sebelumnya sangat kecil. Sehingga perlu dilakukan proses aktivasi, untuk mendapatkan nilai luas permukaan yang besar

2. Batasan Permasalahan

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Keratin yang digunakan berasal dari bulu ayam
2. Activating agent yang digunakan yaitu KOH 5M
3. Proses aktivasi fisika, dilakukan pada variasi temperatur 750, 850 dan 950 °C

3. Rumusan Permasalahan

Permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik dari keratin yang diaktivasi dengan variasi temperatur 750 °C, 850 °C dan 950 °C,
2. Bagaimana pengaruh proses aktivasi fisika terhadap performa baterai (sifat elektrokimia, charge discharge)

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui karakteristik dari keratin yang diaktivasi dengan variasi temperatur 750 °C, 850 °C dan 950 °C,
2. Mengetahui pengaruh proses aktivasi fisika terhadap performa baterai (sifat elektrokimia, charge discharge)

D. Signifikansi

Baterai merupakan piranti penyimpan energi yang memiliki rapat energi yang besar, kapasitas penyimpanan muatan yang baik, proses pengisian-pengosongan muatan yang cepat. Kemampuan rapat energi yang besar pada baterai disebabkan oleh luas permukaan yang besar dari material elektroda. Kapasitansi tergantung pada akses ion mengisi pori-pori internal sehingga ukuran ion dan ukuran pori harus optimal.

Bulu unggas merupakan salah satu polutan yang tidak dapat terurai. Banyaknya konsumsi unggas di masyarakat, berpengaruh pada jumlah limbah bulu yang dihasilkan. Berbagai penelitian dilakukan untuk mengolah limbah bulu menjadi produk yang lebih bermanfaat. Salah satunya adalah keratin. Keratin merupakan hasil proses pirolisis limbah bulu unggas (Senoz and P. Wool, 2011).

Penggunaan keratin sebagai elektroda pada baterai masih belum dikembangkan. Keratin memiliki struktur heliks yang mengandung atom karbon (C), ikatan sulfida dan ikatan hidrogen, dan memiliki pori-pori internal yang banyak, dan didapatkan dari limbah bulu unggas. Sehingga keratin dapat digunakan sebagai elektroda dan diharapkan memiliki kemampuan menyimpan muatan yang lebih baik dibandingkan karbon. Dari hasil penelitian sebelumnya, didapatkan nilai kapasitansi yang kecil. Proses aktivasi kimia menggunakan KOH dan aktivasi fisika pada temperature 750 °C, 850 °C dan 950 °C diharapkan dapat meningkatkan luas permukaan pori sehingga kapasitansi meningkat.

E. Penelitian Terdahulu

Karbon yang sering digunakan sebagai anoda baterai adalah grafit. Grafit memiliki dimensi yang stabil untuk proses interkalasi dan dinterkalasi pada atom lithium. Kepadatan energi yang diperoleh dari material ini adalah 375 Ah/g (Sari, 2015). Grafit yang digunakan sebagai anoda selain memiliki kelebihan juga memiliki kekurangan yaitu tidak dapat diperbarui (Gao, 2017). Anoda yang terbuat dari grafit tidak aman bagi lingkungan dan akan menyebabkan penumpukan limbah. Bahan karbon alternatif yang digunakan sebagai anoda baterai adalah biomasa.

Bahan biomasa yang dapat digunakan sebagai bahan anoda baterai salah satunya adalah batok kelapa. Liu (2015) melakukan penelitian menggunakan batok

kelapa sebagai bahan anoda baterai lithium dengan cara dikarbonisasi dan diaktivasi secara kimia menggunakan KOH dan aktivasi fisika pada suhu 750 °C. Anoda yang terbuat dari batok kelapa ini memiliki kapasitas yang cukup besar yaitu 1233 mAh/g. Gao (2017) mengungkapkan biomasa yang digunakan sebagai bahan anoda baterai lithium-sulfur diantaranya yaitu daun celtuce yang diaktivasi kimia menggunakan KOH 2 M menghasilkan kapasitansi spesifik sebesar 421 F/g. Serbuk gergaji pohon karet yang diaktivasi fisika menghasilkan kapasitansi spesifik 138 F/g.

Cheng dkk, (2015) melakukan penelitian tentang grafit yang diaktivasi KOH untuk mempercepat pengisian baterai ion lithium. Dalam penelitiannya dijelaskan bahwa grafit dengan aktivasi KOH memiliki pori yang lebih besar dibandingkan dengan sebelum aktivasi, sehingga meningkatkan kinerja pada baterai untuk interkalasi/deinterkalasi ion lithium.

Gao (2017) juga mengungkapkan bahwa rambut manusia dapat digunakan sebagai bahan anoda baterai lithium-sulfur dan menghasilkan kapasitas spesifik sebesar 340 F/g, dimana rambut manusia memiliki kandungan keratin sebesar 70 – 80 %. Menurut Farida dan Hastuti (2013) bulu ayam yang dipirolisis dengan dua tahap yakni, pada suhu 215 °C selama 15 jam dan dilanjutkan pada pemanasan pada suhu 450 °C selama 1 jam menghasilkan gugus fungsi N-H, C-H, -CH₂-S, C≡N, C-O, dan CH₂. Hasil ini sesuai dengan struktur keratin, yaitu terdiri dari gugus N-H, CH-R, C-O, CH₂-S, dan CH₂. Struktur kartin memiliki atom karbon (C) yang mengikat empat atom lainnya, salah satunya yaitu atom -R-, dimana atom R ini akan digantikan oleh atom hidrogen.

Pemanfaatan keratin sebagai energi storage sudah dilakukan. Superkapasitor dengan elektroda keratin-PVA-H₃PO₄ dengan separator membran nafion, untuk mengetahui gugus fungsi dan sifat listriknya (Hastuti dan Samsu, 2014). Berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan kapasitansi dari superkapasitor. Diantaranya, penambahan larutan H₃PO₄, KI/I₂, and H₃PO₄/KI/I₂ pada PVA yang digunakan sebagai separator membran elektrolit memiliki nilai kapasitansi 269 pF (Hastuti and Rizkia, 2015). Elektroda keratin yang ditambah elektrolit H₃PO₄ dan KI/I₂ dengan seperator membran nafion memiliki nilai kapasitansi 6x 10⁻⁸ F (Hananta dan Hastuti, 2016).

Agustin (2017) memanfaatkan keratin sebagai bahan anoda baterai ion lithium. Bulu ayam yang telah dipirolisis, diaktivasi kimia menggunakan variasi KOH 1M, 3M, dan 5M, kemudian diaktivasi fisika pada suhu 700 °C dalam *vacum furnace* selama 3 jam. Didapatkan nilai kapasitansi tertinggi yaitu 445,87 (mAh/g) pada aktivasi 5M. Kapasitas keratin yang diperoleh melebihi kapasitas grafit (372 mAh/g) dan Titanat (160 mAh/g) (Grinzner, 1993).

F. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian ini, dibagi dalam beberapa bab dan sub bab seperti dijelaskan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, signifikansi, penelitian terdahulu dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Menjelaskan tentang teori penunjang yang berhubungan dengan baterai, keratin sebagai elektroda, proses aktivasi karbon, XRD, SEM dan uji elektrokimia.

BAB III METODE PENELITIAN

Membahas tentang metode penelitian yang digunakan dalam penelitian. Diantaranya adalah prosedur perancangan, aktivasi, pembuatan baterai, pengujian bahan, dan analisis data.

BAB IV PEMBAHASAN

Menjelaskan hasil penelitian dan pembahasan dari permasalahan pokok penelitian yang meliputi, pembuatan keratin dan proses aktivasinya, serta hasil uji XRD, SEM dan Uji elektrokimia baterai.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran–saran dari penulis.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baterai

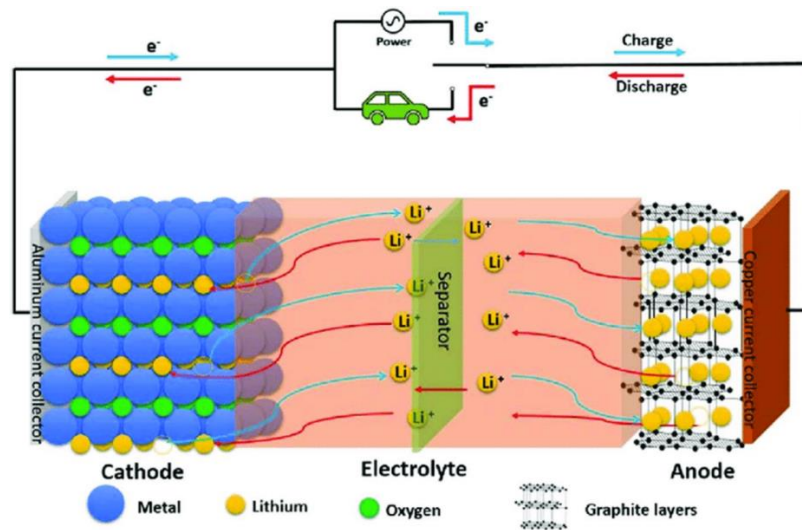
Baterai merupakan sel elektrokimia yang menghasilkan tegangan konstan sebagai hasil reaksi kimia. Ion bagian dari reaksi yang melewati langsung elektrolit. Elektroda yang teroksidasi disebut anoda dan elektroda yang tereduksi disebut katoda. Elektroda dapat beroperasi jika dapat menghantarkan elektron 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 yaitu :

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.

Pemilihan kombinasi material katoda dan anoda 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.



Gambar 2.1 Bagian-bagian baterai (Liang, et al, 2018)

2.1.1 Anoda

Elektroda negatif (anoda) adalah bagian elektroda pada baterai yang mengalami reaksi oksidasi. Reaksi oksidasi adalah reaksi pelepasan elektron, sehingga pada elektroda negatif akan terjadi penumpukan elektron (Harahap, 2016). Anoda biasanya berupa lembaran (Cu foil). Material yang dapat dipakai sebagai anoda harus memiliki kemampuan menyimpan ion dan melepas muatan yang baik, memiliki siklus pemakaian yang lama, mudah untuk diproses, aman dalam pemakaian dan harganya murah (Sari, 2015).

Material anoda yang baik harus memiliki sifat – sifat sebagai berikut (Liu, 2016):

1. Memiliki luas permukaan yang tinggi dan celah yang besar untuk saluran ion lithium.
2. Perubahan volume yang kecil selama penyerapan dan pelepasan ion lithium, karena perubahan volume dapat mempengaruhi stabilitas siklus.

3. Ukuran pori yang besar dan jarak antar pori yang pendek dapat mempermudah ion lithium berpindah.
4. Memiliki *internal resistance* yang rendah, sehingga dapat mempercepat proses pengisian dan pengosongan.
5. Memiliki interkalasi potensial yang rendah terhadap Li
6. Murah dan ramah lingkungan.

Material anoda dapat dibedakan menjadi beberapa kategori yaitu karbon, logam transisi, *alloy/dealloy*, logam sulfida, logam fosfit dan logam nitrit. Material karbon yang dapat digunakan sebagai anoda diantaranya yaitu, grafit, karbon *nanotube*, *amorphous carbon*, dan *graphene*. Si, Sn, Ge, Al, and Bi merupakan *alloy* yang dapat digunakan sebagai anoda. logam oksida seperti M_xO_y ($M = Cu, Mn, Fe, Co, Ni, \dots$) juga dapat digunakan sebagai anoda.

2.1.2 Katoda

Elektroda positif atau katoda merupakan elektroda yang mengalami reaksi reduksi. Reaksi reduksi merupakan reaksi penyerapan elektron dan pelepasan ion (Harahap, 2016). Katoda yang biasa dipakai adalah aluminium (Al Foil). Katoda memiliki struktur berlapis dan struktur berongga. Contoh katoda dengan struktur berlapis adalah $LiCoO_2$, $LiNiO_2$, dan $LiNi_{1-x}Co_xO_2$. Material spinel seperti $MgAl_2O_4$ termasuk dalam struktur berongga (Linden, 2001).

Karakteristik material yang akan digunakan sebagai katoda yaitu, terbuat dari ion yang mudah melakukan reaksi reduksi dan oksidasi, memiliki konduktivitas yang tinggi, 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).

2.1.3 Separator

Anoda dan katoda harus dicegah agar tidak bersentuhan. Kontak antara anoda dan katoda dapat menimbulkan pemutusan arus pendek. Hambatan ion-ion yang berpindah dalam baterai harus kecil. Antara elektroda tersebut diletakkan bahan yang disebut separator, supaya tidak terjadi konslet dan ion dapat berpindah dengan baik. Sparator pertama kali terbuat dari kaca, kemudian seiring

berkembangnya waktu ditemukan separator yang terbuat dari lembaran plastik yang tipis (Kienhe, 2003).

2.1.4 Elektrolit

Proses elektrokimia membutuhkan media pengantar elektron dalam suatu sistem reaksi yang dinamakan elektrolit (Harahap, 2016). Baterai ion lithium menggunakan 4 tipe elektrolit yaitu, elektrolit cair, elektrolit gel, elektrolit polimer, dan elektrolit keramik. Elektrolit cair merupakan larutan dari garam lithium yang di larutkan menggunakan pelarut organik. Elektrolit polimer berbentuk cairan dan material terlarut. Tahap ionik terbentuk dengan melarutkan garam pada polimer dengan berat molekul yang tinggi.

Gel elektrolit atau yang sering disebut polimer gel elektrolit akan membentuk konduktif ionik dengan cara, garam dan pelarut dilarutkan atau dicampur polimer dengan berat molekul tinggi. Gel elektrolit baterai ion lithium yang dikembangkan biasanya berupa film dari PVDF-HFP, LiPF_6 , garam LiBF_4 , dan larutan karbonat. Keuntungan dari penggunaan polimer elektrolit adalah dia tidak mengandung zat yang mudah menguap atau mudah terbakar dan viskositasnya tinggi. Gel elektrolit dalam fase cair akan diserap dalam polimer dan dapat menyebabkan kebocoran pada baterai. Baterai juga menggunakan elektrolit cair yang diteteskan pada separator dan terserap oleh elektroda (Linden, 2001).

Elektrolit yang sering digunakan dalam baterai ion lithium adalah LiPF_6 . LiPF_6 memiliki konduktivitas ionik yang tinggi yaitu $> 10 \text{ S/cm}$, jumlah transfer ion lithiumnya tinggi ($\sim 0,35$), dan aman. Elektrolit umumnya diformulasikan dengan pelarut karbonat. Karbonat adalah senyawa yang aprotik, polar dan memiliki sifat dielektrik yang tinggi, dan dapat melarutkan garam Li pada konsentrasi tinggi.

2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon yang dihasilkan dari bahan-bahan mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Pori-pori karbon aktif sebagian masih tertutup hidrokarbon, tar, dan senyawa organik lain. Komponennya terdiri dari karbon terikat, abu, air,

nitrogen, dan sulfur. Karbon aktif bersifat hidrofobik, yaitu molekul pada karbon aktif cenderung tidak bisa berinteraksi dengan molekul air (Khuluk, 2016).

Arang aktif berbeda dengan arang biasa. Permukaan arang masih ditutupi oleh deposit hidrokarbon yang menghambat keaktifannya. Arang aktif memiliki permukaan yang telah bebas dari deposit, permukaannya luas dan pori-porinya telah terbuka, sehingga memiliki daya serap tinggi (Lempang, 2014).

Pembuatan karbon aktif dilakukan melalui tiga tahap yaitu, pemilihan bahan, karbonisasi, dan aktivasi. Pemilihan bahan baku perlu dilakukan untuk mengetahui jenis karbon yang akan dibuat. Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai macam bahan yang mengandung karbon. Bahan baku karbon aktif dapat diperoleh dari kayu lunak, kayu keras, lignin, kulit kacang, batu bara, dan lain – lain. Bahan baku yang dijadikan karbon aktif harus memenuhi beberapa kriteria, yaitu unsur anorganik yang rendah, mudah didapat, memiliki derajat volatilitas yang tidak terlalu tinggi, murah, memiliki daya tahan yang baik, dan mudah untuk diaktivasi. Bahan baku yang telah dipilih selanjutnya akan dikarbonisasi (Manocha, 2003).

Karbonisasi adalah proses penghilangan bahan yang mudah menguap dari karbon yang dilakukan dengan memanaskannya sampai suhu tertentu dengan jumlah oksigen yang terbatas. Material yang tertinggal adalah material arang dengan pori-pori yang halus. Pada saat karbonisasi terjadi beberapa tahap. Tahap pertama yaitu penghilangan air. Tahap kedua yaitu penguapan selulosa. Tahap selanjutnya yaitu penguapan lignin. Tahap terakhir yaitu pemurnian karbon. Air, selulosa dan lignin menguap pada suhu 400 °C, sedangkan pemurnian karbon rata-rata terjadi pada suhu 500-800 °C (Marsh, 2006).

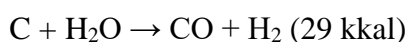
Aktivasi adalah bagian dari pembuatan karbon aktif yang bertujuan untuk membuka atau menciptakan pori yang dapat dilalui oleh adsorbat, memperbesar distribusi dan ukuran pori serta memperbesar luas permukaan karbon aktif dengan *heat treatment*. Karbon aktif memiliki pori-pori, yang berdasarkan ukurannya 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.

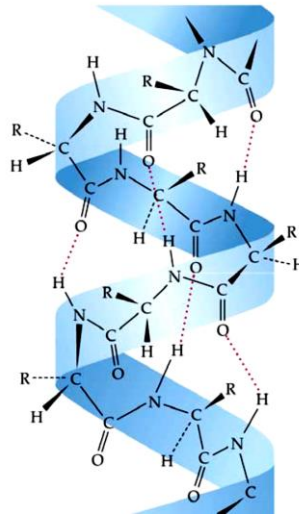
b. Aktivasi Kimia

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.

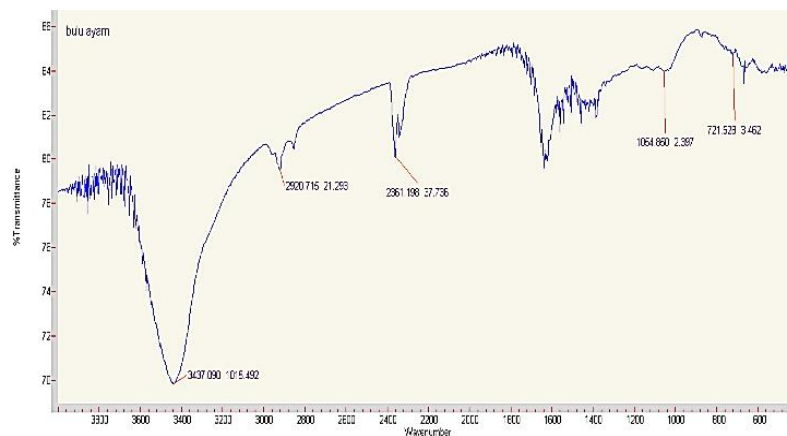
2.3 Keratin

Keratin adalah produk pengerasan jaringan epidermal dari tubuh yang mengandung protein fibrous yang kaya akan sulfur. Keratin dapat kita peroleh dari wol, sisik ikan, tanduk binatang bulu unggas dan jaringan pengeras lainnya. Kandungan keratin dalam tepung bulu ayam berkisar antara 85-90 % dari kandungan proteinnya. Protein keratin mengandung 14 % sistin disulfida sebagai

jembatan antar molekul. Kandungan sistin pada keratin berkisar antara 11-12 % (Farida dan Erna, 2013).



Gambar 2.1 Struktur α Heliks Keratin (Senoz)



Gambar 2.2 FTIR Karbon Bulu Unggas (Farida dan Erna, 2013)

Bulu unggas di karbonisasi dengan metode pirolisis. Karbonisasi dilakukan dengan 2 tahap. Pertama bulu unggas di karbonisasi pada suhu 215 °C dan ditahan selama 15 jam. Kenaikan suhu 3 °C/menit dengan keadaan tanpa kontak dengan oksigen. Tahap kedua dipanaskan pada suhu 450 °C dan ditahan selama 1 jam dengan kenaikan suhu 3 °C/menit. Uji FTIR dari sampel yang telah dikarbonisasi menunjukkan bahwa pada sampel terbentuk senyawa keratin. Puncak

absorpsi terbentuk pada pergeseran raman 3437 /cm (N-H), 2920 /cm (C-H), 2361 /cm (C=N), 1054 /cm (C-O), dan 721 /cm (CH₂) (Farida dan Erna, 2013).

Serapan N-H muncul pada puncak 3437/cm. dan terbentuk serapan CH₂ pada puncak 721/cm. Ikatan N-H yang terbentuk menunjukkan adanya ikatan amida A. Ikatan CH₂ yang terbentuk menandakan adanya ikatan amida I (Ramakrishnan, 2018). Hasil FTIR sampel juga menunjukkan adanya vibrasi C-H pada puncak 2920/cm. Hal tersebut menunjukkan terbentuknya ikatan amida A (Liebeck, 2017). Ikatan amida yang terbentuk menunjukkan bahwa struktur yang terbentuk adalah struktur keratin. Keratin terdiri dari pita α -Heliks, β -Sheet, β -turn dan bentuk gulungan lain pada daerah amida (Kakkar, 2014).

2.4 Komponen Tambahan Anoda Baterai

Komposisi bahan aktif yang memiliki fraksi volume besar pada baterai, akan memperbesar kekuatan baterai. Oleh karena itu, setiap komponen selain dari material aktif, seperti binder, elektroda (Cu-foil) dan aditif konduktif harus dikurangi sebanyak mungkin (Sari, 2015).

2.4.1 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. Lembaran Cu-Foil digunakan sebagai substrat anoda karena memiliki sifat yang lebih baik seperti (Sari, 2015):

1. Konduktivitas listriknya tinggi dan memiliki resistivitas yang kecil
2. Kekuatan mekanik yang dimiliki cukup bagus sehingga dapat menghindari hubungan pendek yang disebabkan oleh pertumbuhan dendrit
3. Cu memiliki daya lekat yang kuat terhadap material anoda.

2.4.2 Carbon Black Super P

Super p sering digunakan sebagai bahan tambahan pada elektroda baterai ion Li/Na, karena dapat meningkatkan konduktivitas elektroda. Karbon super p adalah karbon yang diproduksi dari hasil oksidasi bahan petrokimia. Super p memiliki luas permukaan yang besar dan memiliki konduktivitas listrik yang tinggi. Super p memiliki derajat kristalinitas dan grafitisasi yang rendah. Hasil XRD

menunjukkan super p muncul pada 2θ 25,3° dan 42,8° dengan bidang kisi (002) dan (100) (Peng, 2017).

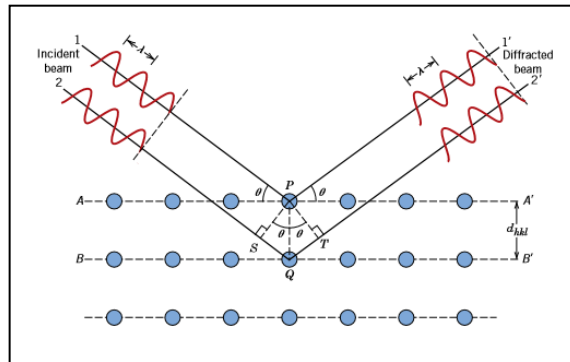
2.4.3 PVDF (*poly vinylidene fluoride*)

Binder adalah bahan campuran yang digunakan untuk mempertahankan bentuk elektroda. Binder memiliki titik leleh yang tinggi. Struktur komposit dari material aktif dan binder harus stabil di dalam elektrolit, bahkan di suhu tinggi. Kapasitas baterai akan mengecil, jika area binder yang mengembang dalam elektrolit melebihi batas ambang. Hal tersebut menyebabkan hilangnya kontak listrik antara material aktif dan anoda. Kelemahan dari penggunaan binder yaitu memungkinkan material aktif tertutup binder. Binder harus dibuat tipis sehingga ion lithium dapat berdifusi dengan baik. PVDF merupakan salah satu bahan yang sering digunakan sebagai binder (Sari, 2015).

PVDF tidak tereduksi pada potensial rendah (5 Mv vs Li/Li⁺) atau teroksidasi pada potensial tinggi (5 V vs Li/ Li⁺). Karakteristik penting dari PVDF adalah kristalinitasnya. XRD menunjukkan bahwa sekitar 50% PVDF memiliki struktur amorf. PVDF larut dalam pelarut DMAC. DMAC adalah pelarut yang memiliki kelarutan terhadap bahan organik dan anorganik yang tinggi, titik didih tinggi, titik beku yang rendah dan stabilitas yang baik. DMAC tidak reaktif dalam reaksi kimia (Sari, 2015).

2.5 XRD

Sinar-X adalah bentuk radiasi elektromagnetik yang memiliki energi tinggi dan panjang gelombang pendek (panjang gelombang pada urutan jarak atom untuk padatan). Ketika seberkas sinar-x dikenakan pada bahan padat, sebagian sinar disebar ke semua arah oleh elektron pada setiap atom atau ion yang dilewati sinar. Hasil dari penangkapan sinar berupa puncak – puncak difraktogram. Setiap puncak mewakili unsur atau senyawa tertentu (Callister, 2014).



Gambar 2.3 Difraksi Sinar X (Callister, 2014)

Prinsip kerja XRD ditunjukkan pada gambar 2.4. Dua bidang sejajar atom A-A dan B-B yang memiliki indeks Miller h , k , dan l yang sama dan dipisahkan oleh jarak antar (d_{hkl}). Asumsikan bahwa 2 gelombang sinar x paralel, monokromatik, dan koheren mengenai kedua bidang pada sudut θ . Sinar yang datang diberi label 1 dan 2. Gelombang dipantulkan oleh atom P dan Q pada sudut θ . Maka nilai difraksi bernilai seperti berikut (Callister, 2014):

$$n\lambda = \overline{SQ} + \overline{QT} \quad (2.1)$$

$$n\lambda = d_{hkl} \sin \theta + d_{hkl} \sin \theta \quad (2.2)$$

maka,

$$n\lambda = 2d_{hkl} \sin \theta \quad (2.3)$$

Persamaan 2.3 dikenal sebagai hukum Bragg. n adalah urutan refleksi, bisa berupa bilangan bulat (1, 2, 3, ...) yang konsisten dengan $\sin \theta$. Persamaan tersebut memberikan gambaran sederhana tentang panjang gelombang x-ray dan jarak interatomik pada sudut balok yang terdifraksi. Interferensi akan menjadi tidak konstruktif, jika hukum Bragg tidak terpenuhi, maka akan dihasilkan sinar difraksi dengan intensitas sangat rendah (Callister, 2014).

Hasil XRD dapat digunakan untuk menghitung tinggi lapisan karbon aktif menggunakan persamaan 2.4 dan lebar lapisan dihitung menggunakan persamaan 2.5. Besarnya nilai K_a dan K_c bergantung pada bidang pantul (Junior, 2017).

$$L_c = \frac{k_c \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2.4)$$

$$L_a = \frac{k_a \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2.5)$$

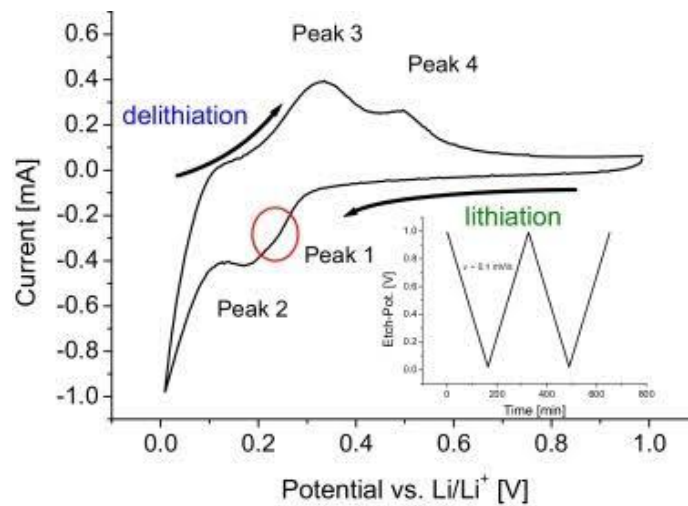
2.6 SEM

SEM (*Scanning Elektron Microscope*) digunakan untuk mendeteksi permukaan, mendeteksi stuktur kimia dan pertumbuhan butir. Prinsip kerja SEM (*Scanning Elektron Microscope*) adalah sebagai berikut, pertama elektron ditembakkan dari penembak dengan energi tertentu. Energi dapat diatur dengan mengatur arus listrik ke filamen sehingga terjadi pelepasan elektron. Tahap kedua yaitu pemfokusan sinar laser menggunakan perangkat demagnetisasi yang terdiri dari lensa – lensa elektromagnetik. Tahap ketiga yaitu, pembentukan gambar (Argast, 2004).

Pembentukan gambar menggunakan prinsip *scanning* elektron yang diarahkan ke objek. Hasil interaksi berkas elektron dengan sampel menghasilkan *Secondary Electron (SE)* dan elektron *Backscattered (BSc)*. Berkas diterima oleh detektor SE/BSc, kemudian diubah menjadi sinyal. Data sinyal diperkuat oleh video amplifier, kemudian disinkronkan oleh *scanning circuit*, maka terbentuklah gambar pada Tabung Sinar Katoda (CRT) (Argast, 2004).

2.7 Voltametri Siklik

Voltametri siklik merupakan teknik pengukuran arus selama penyapuan potensial. Pengukuran dilakukan dari potensial rendah ke potensial tinggi dan kembali lagi ke potensial awal. Arus katodik dan anodik dapat terukur dari penyapuan tersebut. 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. Pengukuran menggunakan voltametri siklik menghasilkan data berupa voltamogram. 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 dan potensial (Agustin, 2017).

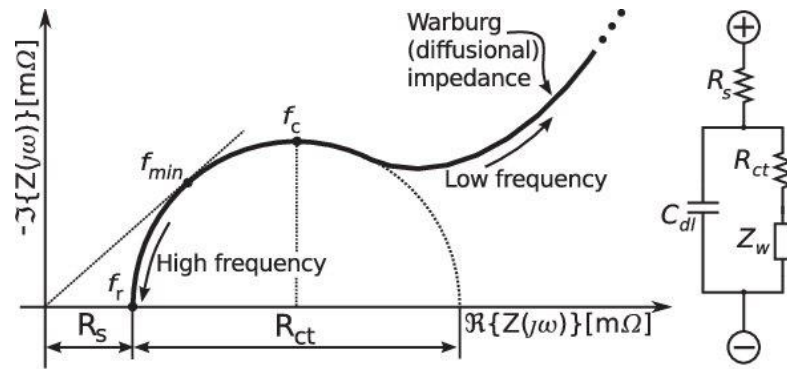


Gambar 2.4 Voltamogram Siklik Reaksi Oksidasi dan Reduksi (Hansen, 2016)

Gambar 2.5 menjelaskan bahwa, terdapat puncak dengan arah ke atas yang menunjukkan proses oksidasi yang disebut sebagai puncak anodik dan puncak dengan arah ke bawah menunjukkan proses reduksi sebagai puncak katodik. Proses oksidasi terjadi pada saat pengisian ion lithium bergerak dari katoda ke anoda. Proses reduksi terjadi pada saat pengosongan, ion lithium bergerak dari anoda menuju katoda. Proses Bergeraknya lithium dari anoda ke katoda atau sebaliknya dinamakan sebagai proses interkalasi dan deinterkalasi ion lithium (Nuroniayah, 2018).

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 dalam Agustin, 2017).



Gambar 2.5 Plot Nyquist (Tairov, 2012)

Nyquist plot pada gambar 2.6 menunjukkan besarnya nilai hambatan pada sampel. R_e (Resistansi Elektronik) yang merupakan nilai terendah dari setengah lingkaran. R_{ct} (Resistansi *Charge Transfer*) merupakan diameter atau selisih antara nilai tertinggi dan terendah dari setengah lingkaran. Nilai tertinggi dari setengah lingkaran yaitu $R_{ct} + R_e$. R_{ct} yang telah diketahui dari plot digunakan untuk menghitung konduktivitas baterai dengan rumus (Subhan, 2011) :

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (2.6)$$

$$R_{ct} = \rho \frac{l}{A} \quad (2.7)$$

$$\sigma = \frac{l}{R_{ct}A} \quad (2.8)$$

dimana :

σ = konduktivitas (S/cm).

A = luas anoda (cm²)

l = tebal anoda (mm).

R_{ct} = hambatan (ohm)

Nyquist plot linier menunjukkan nilai dari difusi ion. Difusi ion dapat dihitung dengan persamaan 2.9. R merupakan konstanta gas (8,314 J/mol K). T adalah suhu mutlak (300 °K). F adalah konstanta Faraday (96500 C/mol). A adalah luas penampang sampel (cm²). C merupakan konsentrasi ion lithium (4370 mol/m³). n merupakan jumlah elektron yang ditransfer setiap interkalasi ($n=1$) untuk grafit. σ_{ω} adalah konstanta Warburg ($\Omega m^2 s^{-1/2}$). Nilai konstanta warburg dapat diketahui melalui grafik hubungan antara R_s (resistansi real) dengan $\omega^{-1/2}$ (Subhan, 2017).

$$D_{Li^+} = \frac{R^2 T^2}{2A^2 n^4 F^4 C^2 \sigma_w^2} \quad (2.9)$$

Nilai impedansi Warburg dapat dihitung dengan persamaan 2.10, namun karena difusi dihitung pada daerah linear saja maka nilai R_e dan R_{ct} dianggap nol, sehingga persamaan 2.10 diubah ke persamaan 2.11. Persamaan tersebut menunjukkan bahwa σ_ω (impedansi Warburg) merupakan hubungan antara resistansi real dan $\omega^{-1/2}$ (frekuensi) (Subhan, 2017).

$$Z_{re} = R_e + R_{ct} + \sigma_\omega \omega^{-1/2} \quad (2.10)$$

$$Z_{re} = \sigma_\omega \omega^{-1/2} \quad (2.11)$$

2.9 Charge-Discharge (CD)

Uji pengisian dan pengosongan dilakukan untuk mengetahui efisiensi baterai. Nilai pengisian dalam ampere adalah sejumlah muatan yang diberikan pada baterai persatuan waktu. Pengosongan dalam ampere adalah sejumlah muatan yang digunakan kerangka luar (beban), yang diambil dari baterai. Nilai pengisian dan pengosongan ditentukan dengan membagi kapasitas baterai (Ah) dengan jam yang dibutuhkan untuk pengisian dan pengosongan baterai. Jika pengosongan baterai sangat cepat (arus pengosongan tinggi), maka sejumlah energi yang digunakan untuk baterai menjadi berkurang sehingga kapasitas baterai menjadi lebih rendah. Hal ini dikarenakan kebutuhan suatu material/komponen untuk reaksi yang terjadi tidak mempunyai waktu yang cukup untuk bergerak keposisi seharusnya. Hanya sejumlah reaktan yang diubah ke bentuk lain, sehingga energi yang tersedia menjadi berkurang. Jadi arus pengosongan yang digunakan harus sekecil mungkin, sehingga energi yang digunakan kecil dan kapasitas baterai menjadi lebih besar (Agustin, 2017).

Pengujian CD juga dilakukan untuk mengetahui nilai efisiensi *coulombic* dari baterai itu sendiri. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan (2.4) sebagai berikut (X. Han dalam Agustin, 2017):

$$eff = \frac{C_{discharge}}{C_{charge}} \times 100\% \quad (2.12)$$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bahan dan Alat

Bahan – bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah serbuk keratin, KOH, HCl, PVDF, Aquades, AB (Acetylene Black), Acetone, Casing baterai (can dan cap), DMAC (N-N Dimethyl Acetamid), Elektrolit (LiPF₆), Katoda (Lithium metal), Separator (PE/Polyethyllene), Serbuk PVDF (Polyvinylidene Fluoride), Spacer Mave spring

Sedangkan peralatan yang digunakan meliputi Beaker glass, Gelas ukur, *Magnetik stirrer*, furnace, Ayakan, Cu-foil, Doctor Blade, Dry box, XRD (X-Ray Diffraction), FTIR (Fourier Transformation Infra Red), CV (Cyclic Voltammtery), CD (charge discharge), EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy)

3.2 Persiapan alat dan bahan

3.2.1 Pembuatan Aktivasi Keratin

- a) Limbah bulu unggas dipirolisis pada dua tahap, yaitu pemanasan pada suhu 215 °C selama 15 jam. Tahap kedua pada temperatur 450 °C selama 1 jam. Diayak 140 mesh, kemudian dicuci menggunakan Toluene dan aquades.
- b) Serbuk keratin dicampur dengan KOH dengan konsentrasi 5M. Campuran tersebut dibiarkan selama 24 jam untuk menjamin keberlangsungan proses difusi ke bagian dalam pori arang.
- c) Serbuk keratin kemudian ditetesi 1 M HCL sampai pH netral, kemudian dicuci menggunakan aquades.
- d) Serbuk yang sudah disaring kemudian dipirolisis dengan menggunakan furnace vakum pada variasi temperatur 750, 850 dan 950 °C selama 3 jam.

3.2.2 Karakterisasi Material

- a) Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk identifikasi struktur kristal keratin yang belum dan telah diaktivasi.
- b) Pengujian SEM (Scanning Electron Microscopy) untuk mengetahui morfologi permukaan

3.3 Pembuatan anoda

- a) Material aktif (Keratin yang telah diaktivasi) (80 %), PVDF (10 %), AB (10 %) dan DMAC (2 ml) ditimbang sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan.
- b) *Hot plate* dipanaskan dengan temperatur 70 °C dan putaran sebesar 150 rpm.
- c) Larutan DMAC dicampurkan dengan serbuk PVDF di dalam beaker glass sampai larutan jernih.
- d) Serbuk material aktif dan AB dicampur lalu digerus menjadi satu sebelum dimasukkan ke dalam larutan kemudian diaduk selama ± 1 jam di atas hot plate sampai terbentuk slurry yang diinginkan.
- e) Cu-foil diletakkan di atas doctor blade dan divakumkan. Kemudian Cu-foil dibersihkan dengan aseton.
- f) Ketebalan doctor blade diukur dengan pisau doctor blade sebesar 200 μm .
- g) Slurry dituangkan di atas Cu-foil sedikit demi sedikit dan doctor blade dijalankan dengan kecepatan $\pm 6-7$ rpm sampai Cu-foil terlapisi oleh slurry secara sempurna.
- h) Lembaran anoda dikeringkan menggunakan dry box dengan temperatur sebesar 80 °C sampai mengering (± 1 jam).

3.4 Assembly Baterai

- a) Disiapkan alat dan bahan yang digunakan
- b) Bahan disusun urutan mulai dari alas (can), anoda dan separator.
- c) Elektrolit diteteskan sampai seluruh permukaan separator terkena oleh cairan elektrolit.
- d) Katoda yang digunakan berupa Lithium metal ditempelkan dalam spacer dan wave spring diletakkan di atas katoda, kemudian ditutup dengan penutup (cap).
- e) Baterai yang telah disusun, dilakukan proses crimping casing secara sempurna agar tertutup rapat.

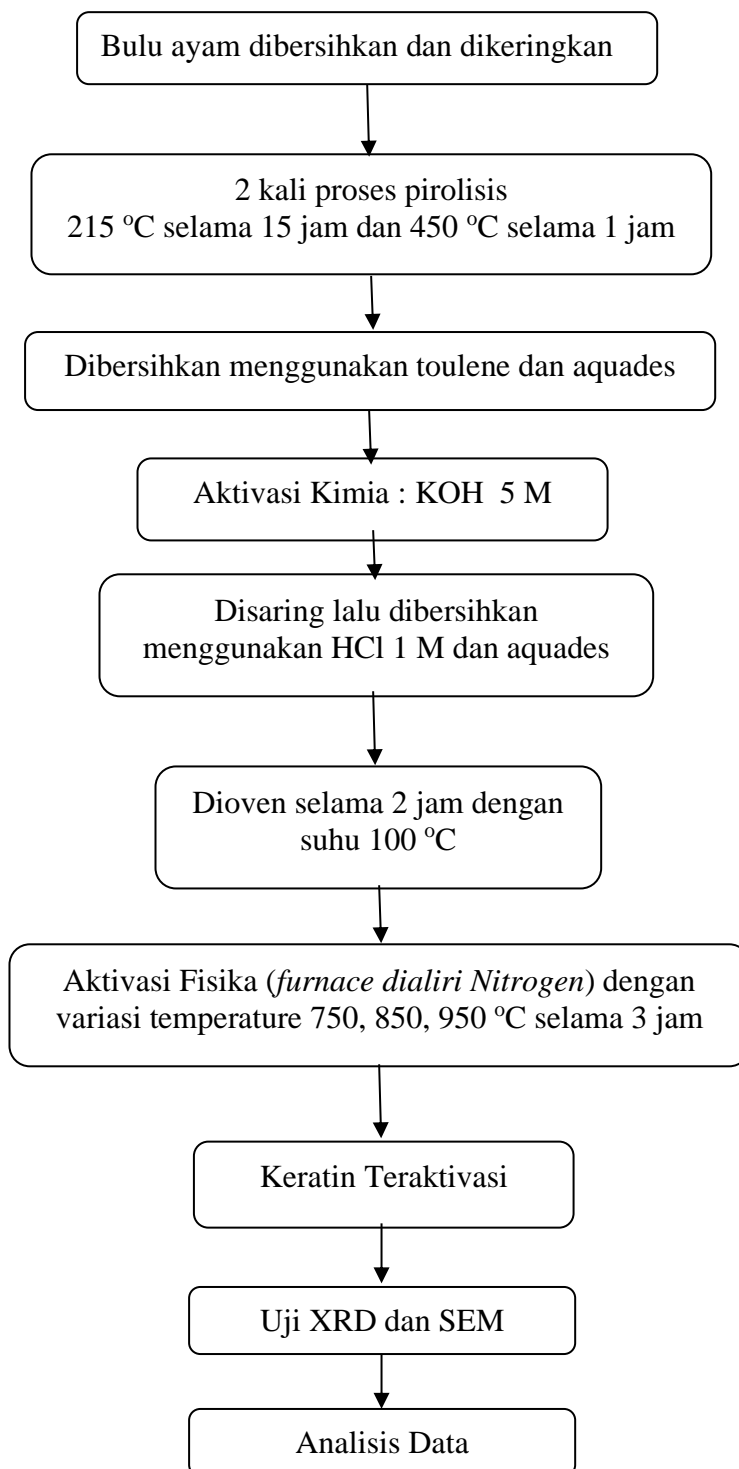
3.5 Karakterisasi Baterai

- a) *Cyclic voltammetry*. Voltamogram siklik diperoleh dengan mengukur arus pada elektroda kerja selama scan potensial. Arus dapat dianggap sebagai

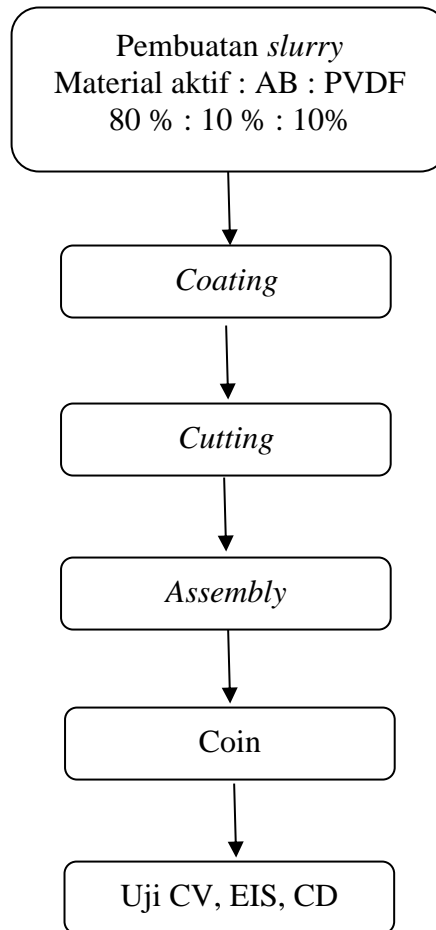
respon sinyal terhadap potensial eksitasi. Voltamogram yang dihasilkan yaitu kurva hubungan antara arus (I) terhadap potensial (V).

- b) *Charge discharge*. Pengujian dikerjakan untuk mengetahui kapasitas dan efisiensi coulumbic dari baterai ion lithium. Pengujian *charge-discharge* bertujuan untuk mengetahui berapa lama pemakaian dari baterai (life cycle).
- c) *Electrochemical impedance spectroscopy*. Pengukuran konduktivitas dilakukan dengan menggunakan alat *Electrochemical Impedance Spectroscopy*. Hasil pengujian EIS didapatkan kurva Z_{real} , Z_{imaginer}

Proses pembuatan keratin diaktivasi menggunakan KOH

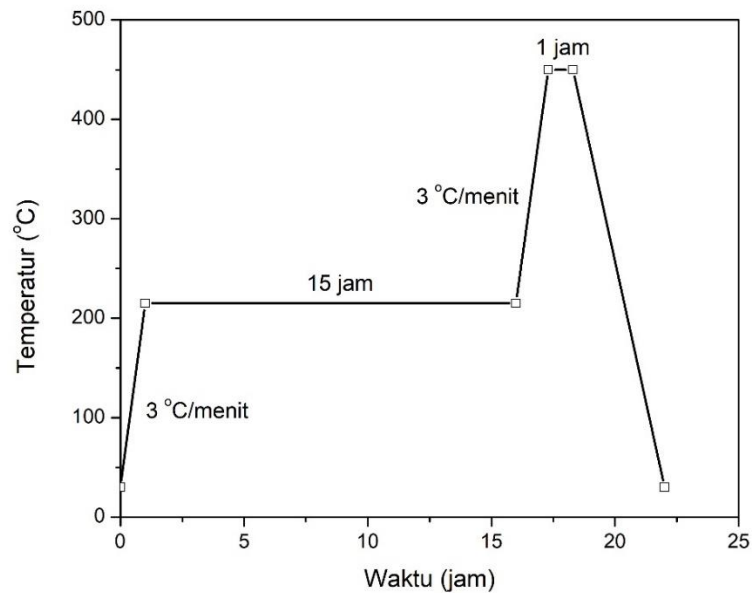


Proses Pembuatan Baterai



BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pembuatan baterai dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap. Keratin dibuat dari bulu ayam 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. Kecepatan kenaikan suhu yaitu 3 °C/menit. Pemanasan dilakukan dalam keadaan hampa udara. Kurva kenaikan suhu ditampilkan pada gambar 4.1 a dan sampel yang sudah dipirolisis terlihat seperti pada gambar 4.1 b. *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 and Hastuti, 2013).



(a)



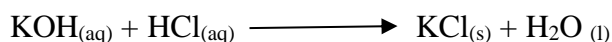
(b)

Gambar 4.1 Pirolisis Bulu Ayam, a) Diagram Perlakuan Pemanasan; dan b) Hasil Pirolisis

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 and Hastuti, 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.

Pembuatan keratin teraktivasi menggunakan dua proses yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika. Aktivasi kimia dilakukan menggunakan KOH dengan konsentrasi 5 M. Berat sampel awal 50 gram kemudian dilarutkan ke dalam 100 ml KOH yang sudah diencerkan menggunakan aquades. Perhitungan variasi konsentrasi terdapat pada lampiran. Sampel diaduk sampai homogen menggunakan spatula selama ±15 menit. Kemudian didiamkan selama 24 jam agar terjadi proses difusi KOH ke dalam sampel keratin. Setelah itu disaring menggunakan kertas

saring. Proses pencucian menggunakan HCl 1 M dengan cara diteteskan sedikit demi sedikit pada larutan sampai pH 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* yang dialiri nitrogen, dengan variasi temperatur 750, 850 dan 950 °C dengan kenaikan suhu 5 °C/ menit selama 3 jam. Penggunaan *vacum furnace* bertujuan untuk menghindari reaksi antara karbon dengan O₂ yang membentuk CO₂ dan diharapkan terjadi interaksi antara nitrogen dan sampel. Sampel dengan variasi aktivasi fisika, diberi kode notasi, untuk memudahkan penyebutan, yang ditunjukkan pada table 4.1

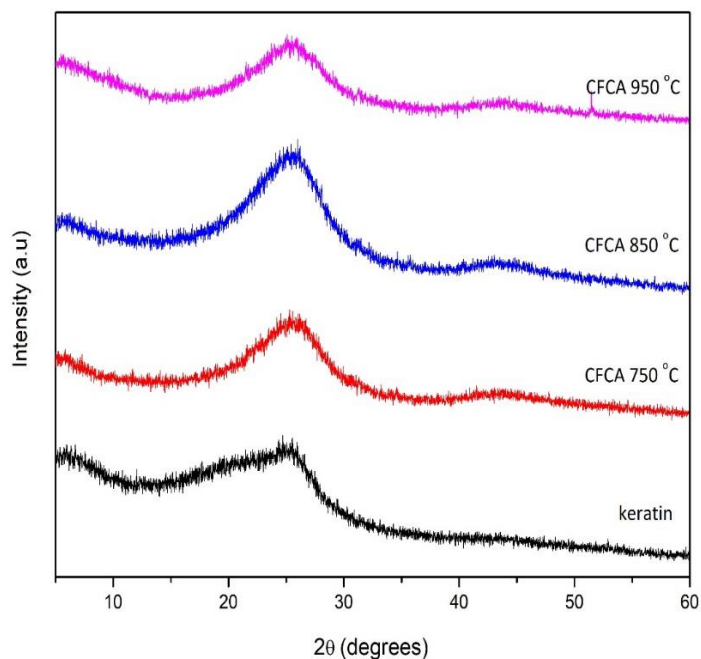
Tabel 4.1 Kode penyebutan sampel

Perlakuan	Kode sampel
Tanpa aktivasi	CFC
Aktivasi 750 °C	CFCA 750
Aktivasi 850 °C	CFCA 850
Aktivasi 950 °C	CFCA 950

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, Philips X-Pert) menggunakan radiasi CuK_α (λ = 1.54060 Å) di Laboratorium Teknik Material ITS Surabaya.

Sudut pengukuran yang digunakan rentang antara 5-60°. Difaktogram serbuk keratin variasi temperatur aktivasi ditunjukkan pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Spektrum Difraksi Sinar X serbuk keratin aktivasi temperatur

Pola difraksi menunjukkan adanya fasa karbon (C) pada setiap perlakuan. Temperatur aktivasi menyebabkan puncak difraksi semakin tinggi sampai sampel 850°. Pola XRD sampel keratin mengalami perubahan setelah diaktivasi. Karbon tanpa aktivasi memiliki satu puncak difraksi, sedangkan karbon yang teraktivasi memiliki 2 puncak difraksi. Puncak karbon teraktivasi lebih tajam dibandingkan dengan karbon tanpa perlakuan. Hal tersebut menandakan bahwa karbon teraktivasi memiliki struktur kristal yang lebih baik. Hal tersebut menandakan bahwa pada suhu 850 °C terjadi penyusunan kristal yang lebih baik.

Pola XRD pada sampel membentuk senyawa karbon amorf yang memiliki struktur heksagonal dengan kisi $a=b \neq c$. Puncak tertinggi terbentuk pada bidang (002) dan (011). Senyawa karbon yang terbentuk memiliki struktur graphene. *Graphene* memiliki posisi bidang (002) pada sudut 2θ antara 20-30°, sedangkan karbon pada gambar 4.2 memiliki posisi antara 24-26°.

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa puncak difraksi karbon mengalami pergeseran. Puncak bergeser ke arah kanan atau semakin membesar. Pergeseran puncak terjadi karena adanya cacat pada sampel. Cacat kristal dapat terjadi karena

vacancy akibat penguapan selama proses pemanasan (Hariyanto, 2012). Pergeseran puncak terbesar yaitu pada karbon aktivasi suhu 950 °C.

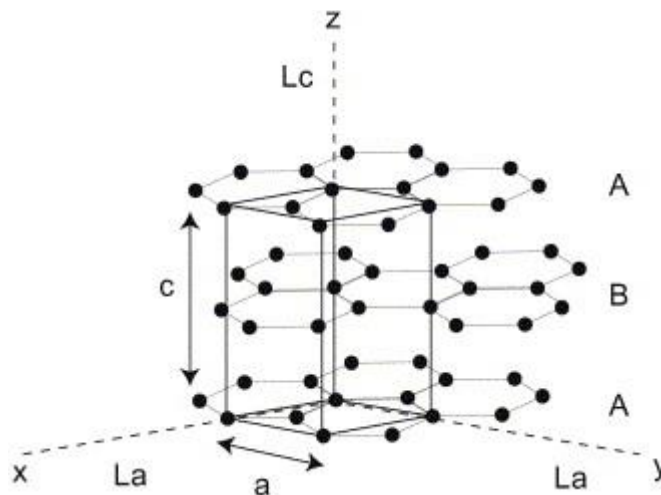
Hasil difraksi yang diperoleh juga bisa digunakan untuk menentukan ukuran kristal dan derajat kristanilitasnya. Ukuran kristal keratin aktivasi KOH dihitung dengan menggunakan persamaan Scherrer yang terdapat pada persamaan:

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

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Struktur Kristal Keratin dengan Varasi Suhu Aktivasi

Sampel	d (nm)	La (nm)	Lc (nm)
CFC	0,358	0	0,94
CFCA 750	0,348	2,66	1,18
CFCA 850	0,351	4,18	1,28
CFCA 950	0,347	3,66	1,18

Hasil dari difraksi dapat digunakan untuk mengetahui ukuran kristalit dari sampel. Kristalit karbon tersusun atas lapisan heksagonal yang berikatan secara kovalen. Susunan kisi – kisi heksagonal tampak seperti lembaran - lembaran yang saling bertumpuk dan memiliki jarak sebesar d, dengan tinggi (Lc) dan lebar (La) kristalit ditunjukkan pada gambar 4.3.

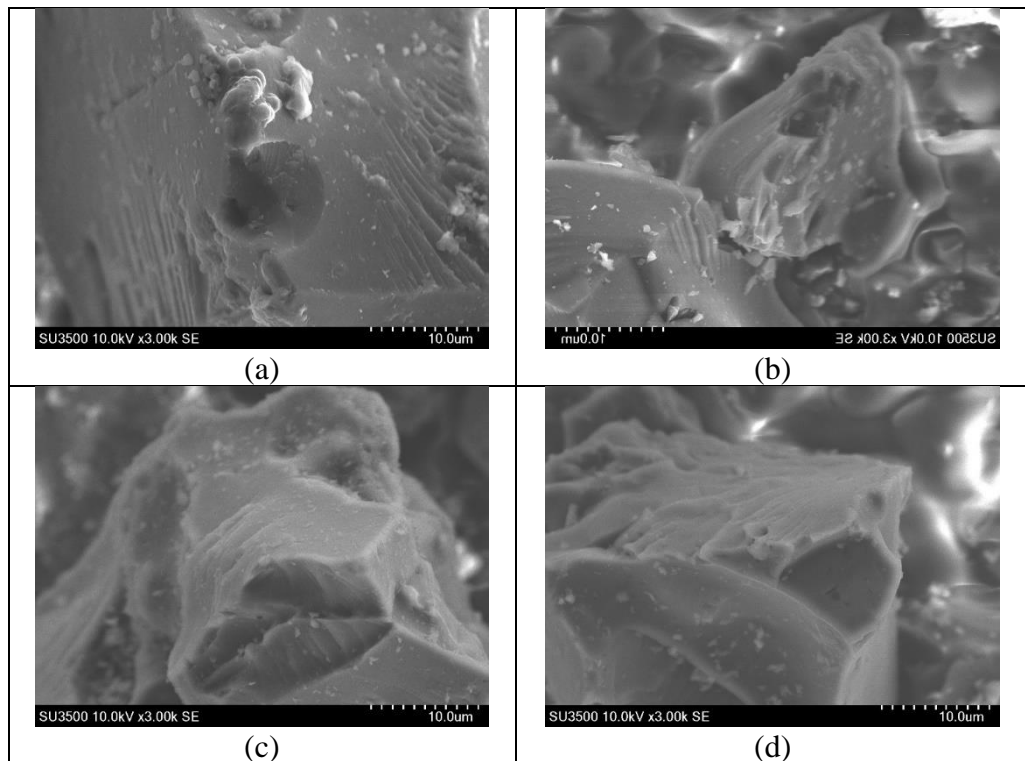


Gambar 4.3 Struktur Kristal Karbon Aktif (Zuilen, et al, 2005)

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa ukuran La dan Lc mengalami peningkatan setelah diaktivasi. Suhu mempengaruhi pertumbuhan dan penyusunan struktur kristal. Ukuran kristalit terbesar pada karbon aktivasi suhu 850 °C. Hal tersebut menandakan bahwa pada suhu 850 °C terjadi pertumbuhan kristal yang cukup besar. Nilai d mengalami penurunan setelah proses aktivasi. Ukuran d terkecil yaitu pada karbon aktivasi suhu 950 °C. Hal tersebut terjadi karena kenaikan suhu menyebabkan jumlah penguapan zat volatil pada karbon semakin besar.

Data Hasil Uji SEM

Karakterisasi morfologi pada sampel dilakukan menggunakan SEM (Hitachi SU3500). Hasil pengolahan SEM ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Hasil uji SEM: (a) tanpa aktivasi; aktivasi pada temperatur (b) 750 °C, (c) 850 °C dan (d) 950 °C

Ukuran partikel karbon yang teraktivasi lebih seragam dibandingkan dengan karbon tanpa aktivasi. Ukuran partikel rata – rata adalah 22-28 nm, dengan nilai paling besar pada sampel tanpa aktivasi. Ukuran partikel pada karbon yang

teraktivasi lebih kecil dari pada karbon tanpa aktivasi, karena adanya penguapan selama proses pemanasan, sehingga partikel akan menata diri dan menyusut.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa sampel karbon tanpa aktivasi mulai terbentuk lapisan, tetapi ukuran masih besar. Proses aktivasi kimia dan fisika, menyebabkan terjadinya pengelupasan dari grafit menjadi grafena. Ukuran partikel juga menjadi lebih kecil dan homogen.

Pembuatan Baterai

Anoda terbuat dari karbon aktif bulu ayam yang telah diaktivasi dengan variasi suhu 750, 850 dan 950 °C. Karbon aktif dibuat menjadi *slurry* dan dicetak di atas lembaran Cu substrat. *Slurry* terbuat dari 80% karbon aktif, 10% PVDF, dan 10% super P yang dilarutkan dengan DMAC.

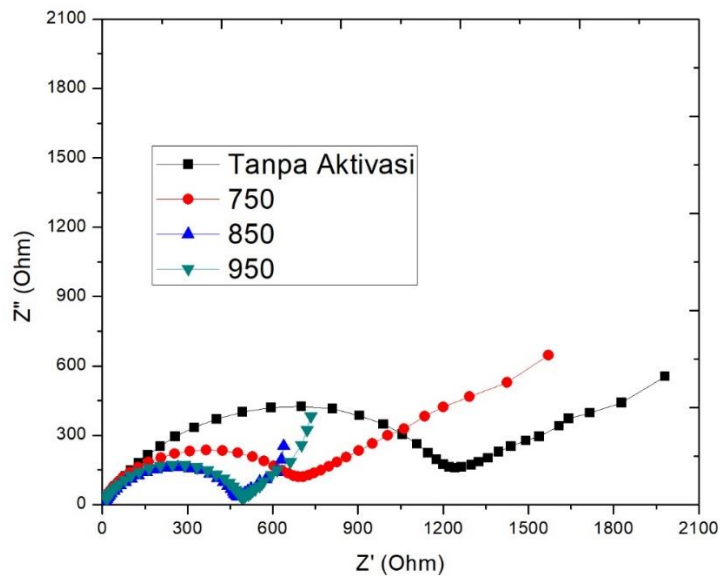
Pelarut DMAC dipanaskan pada suhu 70 °C dan di aduk dengan *magnetic stirrer* (325 rpm) selama 15 menit. PVDF ditambahkan dalam DMAC, kemudian diaduk selama ±15 menit. Setelah itu, super P ditambahkan dan diaduk hingga homogen (±15 menit). Terakhir, material aktif ditambahkan dan ditunggu ± 30 menit hingga larutan mengental.

Slurry dicetak di atas lembaran Cu substrat menggunakan *doctor blade* dengan ketebalan 200 μm . Kecepatan *doctor blade* berkisar antara 5 – 6 cm/menit. Lembaran dikeringkan dengan oven selama ± 1 jam pada suhu 70 °C. Anoda dipotong membentuk baterai koin dengan diameter 16 mm, kemudian ditimbang dan diukur ketebalannya.

Baterai setengah sel disusun didalam *glove box* untuk menghindari kontak dengan oksigen. Susunan baterai, yaitu *can*, anoda (karbon aktif), separator, elektrolit (LiPF_6), *spacer*, katoda (*Li metal*), *wave spring*, dan *cap*. Baterai disatukan dengan tekanan 500 – 800 pascal, kemudian tegangannya diukur.

Karakterisasi EIS

Karakterisasi EIS dilakukan dengan alat *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (Hioki 3522). Data yang diperoleh dari hasil EIS berupa nyquist plot antara Z imajiner dan Z real seperti pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Nyquist Plot Keratin

Nyquist plot pada gambar 4.5 terdiri dari plot setengah lingkaran dan plot linier. Plot setengah lingkaran menunjukkan hambatan kontak permukaan sampel, semakin besar ukuran setengah lingkaran, maka hambatannya akan semakin besar. Hambatan (R_{ct}) diperoleh dari besarnya diameter setengah lingkaran yang terbentuk. Hasil perhitungan ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Resistansi Keratin dari Data EIS

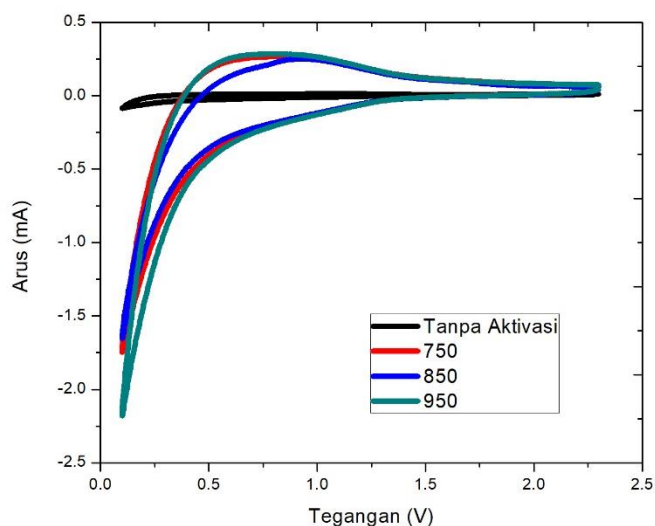
Sampel	R_t (ohm)	R_e (ohm)	R_{ct} (ohm)	Konduktivitas (S/cm)
CFC	1260	70	1190	$5,27 \times 10^{-6}$
CFCA 750	697,5	41,5	656	$9,56 \times 10^{-6}$
CFCA 850	477,5	37	440,5	$1,42 \times 10^{-5}$
CFCA 950	476	36	440	$1,43 \times 10^{-5}$

Tabel 4.3 menunjukkan nilai resistansi dari tiap sampel. R_{ct} mengalami penurunan setelah karbon diaktivasi. Nilai hambatan terkecil yaitu 440 ohm pada karbon aktivasi suhu 950 °C, dan nilai tertinggi yaitu 1190 ohm pada karbon tanpa aktivasi. Hal tersebut terjadi karena karbon mengalami peningkatan struktur kristal setelah suhu dinaikan. Nilai R_{ct} dapat digunakan untuk menghitung konduktivitas

baterai. Nilai konduktivitas meningkat setelah diaktivasi. Konduktivitas tertinggi yaitu $1,43 \times 10^{-5}$ S/cm pada aktivasi suhu $950\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hal tersebut terjadi, karena pada suhu $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ terjadi banyak penguapan sehingga partikel menyusut dan menyebabkan distorsi.

Karakterisasi *Cyclic Voltametry* (CV)

Karakterisasi CV dilakukan dengan alat WBCS3000 (*range scan* 0,1 – 2 Volt dan rasio 2 mV/s) di Laboratorium baterai PPF LIPI serpong. Karakterisasi CV dilakukan untuk mengetahui proses interkalasi dan deinterkalasi ion pada baterai melalui grafik reduksi dan oksidasi. Grafik diperoleh dari kurva hubungan antara tegangan (V) sebagai input dengan output berupa arus (I). Kurva hasil pengujian Voltametri siklik dapat dilihat pada gambar 4.6. Anoda mengalami reduksi (reaksi 1) saat proses pengisian dan mengalami oksidasi (reaksi 2) saat proses pengosongan (Agustin, 2017).



Gambar 4.6 Grafik Voltametri Siklik Keratin Variasi Suhu Aktivasi

Grafik pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu aktivasi, puncak yang terbentuk semakin tajam. Peningkatan puncak oksidasi menandakan

adanya peningkatan kecepatan proses interkalasi dan deinterkalasi. Puncak tertinggi yaitu pada karbon aktivasi suhu 950 °C dengan nilai I_{pc} 0,28 mA. hal tersebut terjadi karena karbon aktivasi suhu 950 °C memiliki konduktivitas dan difusi ion yang tinggi.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian CV Keratin

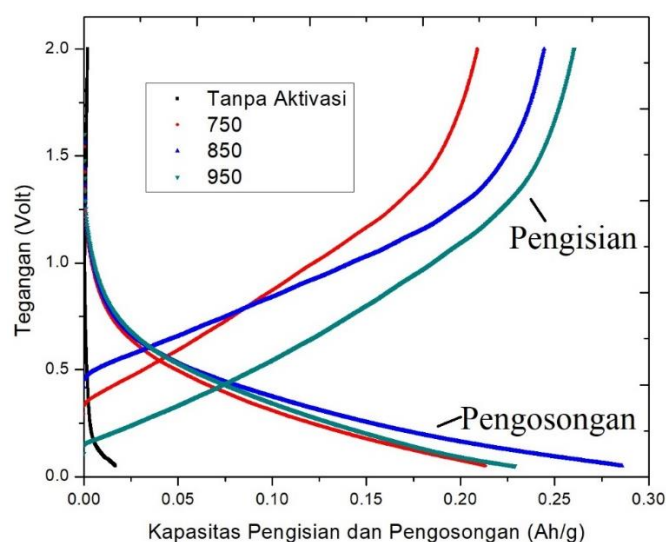
Sampel	V_{ok} (V)	$V_{ok} - V_{red}$ (V)	I_{pc} (mA)	V_{kerja} (V)
CFC	1,07	1,07	0,02	0,54
CFCA 750	0,99	0,99	0,25	0,50
CFCA 850	0,87	0,87	0,25	0,44
CFCA 950	0,79	0,79	0,28	0,40

Hasil analisis data CV ditunjukkan pada tabel 4.4. Selisih antara V_{ok} dan V_{red} (jarak) semakin kecil seiring peningkatan suhu aktivasi. Hal tersebut menunjukkan proses interkalasi atau deinterkalasi yang terjadi semakin cepat. Interkalasi atau deinterkalasi yang cepat menyebabkan baterai lebih cepat terisi, sehingga waktu pengisian baterai menjadi lebih singkat.

Nilai tegangan kerja mengalami penurunan setelah suhu aktivasi dinaikan. Nilai tegangan kerja terkecil yaitu 0,40 V pada karbon yang diaktivasi suhu 950 °C. Tegangan kerja pada anoda yang kecil akan menyebabkan elektron lebih mudah berpindah dari katoda ke anoda. Elektron pada anoda akan menarik ion lithium dari elektrolit. Semakin banyak elektron yang berpindah, maka semakin banyak ion lithium yang berinterkalasi.

Karakterisasi Pengisian dan Pengosongan (*Charge-Discharge*)

Karakterisasi CD (*charge-discharge*) dilakukan untuk mengetahui kapasitas baterai. Uji CD dilakukan menggunakan alat (CD, WBCS3000) di Laboratorium Baterai PPF LIPI Serpong. Proses uji CD dilakukan dua jenis uji yaitu uji laju arus (*C rate*) dan uji siklus.



Gambar 4.7 Pengisian dan Pengosongan Siklus Pertama pada Laju Arus C/4

Tabel 4.5 Kapasitas Pengisian dan Pengosongan Siklus Pertama pada Laju Arus C/4

Sampel	C ₊ (mAh/g)	C ₋ (mAh/g)
CFC	1,95	16,86
CFCA 750	209,07	213,40
CFCA 850	244,35	285,78
CFCA 950	260,34	228,92

Grafik yang mengalami kenaikan voltase saat kapasitansi tinggi pada gambar 4.7 menunjukkan hasil Pengisian baterai pada siklus pertama. Tegangan yang diberikan yaitu antara 0-2 volt dengan beban arus C/4. Tabel 4.5 menunjukan besarnya kapasitas pengisian pada baterai. Kapasitas pengisian meningkat ketika suhu aktivasi yang diberikan semakin perbesar. Kapasitas pengisian terbesar yaitu 260,34 mAh/g pada aktivasi suhu 950 °C dan yang terkecil yaitu 1,95 mAh/g pada sampel tanpa perlakuan. Hal tersebut terjadi, karena karbon aktivasi suhu 950 °C mampu menyerap ion lithium dengan maksimal.

4.2 Pembahasan

Analisa data XRD menunjukkan bahwa keratin yang telah teraktivasi membentuk senyawa karbon N-graphene dengan posisi puncak XRD seperti pada tabel 4.1. Pergeseran puncak pada sampel aktivasi suhu 750 °C dan 950 °C lebih

besar daripada sampel aktivasi suhu 850 °C. Hal tersebut terjadi karena penguapan pada sampel 750 dan 950 °C lebih besar dibandingkan pengikatan atom nitrogennya, sedangkan pada sampel 850 °C penguapan diimbangi dengan pengikatan atom nitrogen, sehingga cacat *vacancy* yang terjadi tidak terlalu besar. Pergeseran puncak tersebut berbanding terbalik dengan besarnya nilai *d* (jarak antar layer) pada struktur karbon, sehingga nilai *d* sampel 950 < 750 < 850 (tabel 4.2).

Karbon mengalami pertumbuhan kristal karena pengaruh suhu dan pengikatan atom nitrogen. Suhu yang besar memberi tenaga pada atom untuk terus bergerak dan menata struktur kristalnya. Sampel pada aktivasi suhu 750 °C memiliki ukuran *La* dan *Lc* lebih kecil daripada sampel aktivasi suhu 850 dan 950 °C (tabel 4.2). Hal tersebut terjadi karena energi yang diperoleh sampel pada aktivasi suhu 750 °C untuk menata kristalnya kurang besar dibandingkan aktivasi suhu 850 dan 950 °C. Sampel aktivasi suhu 950 °C memiliki ukuran kristal yang lebih kecil daripada sampel aktivasi 850 °C. Hal tersebut terjadi karena penguapan zat volatil pada suhu 950 °C lebih besar daripada suhu 850 °C.

Penguapan zat volatil pada karbon mempengaruhi ukuran partikel. Analisis data SEM menunjukkan bahwa ukuran partikel karbon semakin kecil saat suhu aktivasi yang diberikan semakin tinggi. Hal tersebut terjadi karena saat suhu aktivasi yang diberikan semakin tinggi, maka zat volatil yang menguap akan semakin besar. Peningkatan suhu juga menyebabkan penataan kristalit pada sampel meningkat. Penguapan akan menghasilkan rongga pada sampel, namun rongga tersebut diperbaiki dengan penataan kristal dalam partikel yang semakin baik. Kristalit didalam partikel semakin besar, sehingga karbon bulu ayam cenderung mengalami penyusutan pada suhu aktivasi yang tinggi. Penyusutan tersebut juga mempengaruhi luas permukaan dan pori pada karbon.

Analisa data EIS menunjukkan bahwa anoda baterai ion lithium dari sampel yang diaktivasi suhu 950 °C memiliki konduktivitas yang lebih besar dari pada sampel aktivasi suhu 750 dan 850 °C. Besarnya nilai konduktivitas dipengaruhi oleh besarnya ukuran partikel dan distorsi pada karbon. Ukuran partikel yang kecil dan seragam pada sampel aktivasi suhu 950 °C akan mempermudah gerak dan memperpendek jarak tempuh muatan pada karbon. Hal tersebut terjadi karena muatan akan keluar dari kristalit dan bergerak melewati partikel demi partikel

dalam lapisan karbon aktif menuju ke Cu sebagai penghantar muatan kemudian diteruskan ke katoda. Distorsi pada karbon akan meningkatkan jumlah hole, sehingga akan semakin banyak muatan yang berpindah. Sampel aktivasi suhu 750 °C memiliki distorsi yang lebih besar daripada sampel 950 °C, tetapi memiliki nilai konduktivitas yang lebih rendah daripada sampel 950 °C. Hal tersebut terjadi karena ukuran partikel partikel pada sampel 950 lebih kecil dan seragam dari pada sampel 750 °C.

Difusi ion lithium dipengaruhi oleh ukuran kristalit (L_a , L_c , d) dan ukuran partikel. Ion lithium akan berdifusi dan masuk melewati kristalit. Hasil analisa CV menunjukkan bahwa difusi ion pada sampel aktivasi suhu 850 °C memiliki nilai terbesar daripada sampel aktivasi suhu 750 dan 950 °C. Hal tersebut terjadi karena ukuran kristalit yang besar dan ukuran partikel yang kecil pada sampel aktivasi 850 °C akan mempermudah ion lithium berdifusi, karena jaraknya yang lebih singkat dan kristalinitnya yang lebih teratur. Menandakan bahwa struktur kristal semakin teratur, sehingga ion lithium akan mudah berdifusi. Difusi ion juga akan lebih mudah terjadi pada kristalit yang memiliki nilai d besar, karena ion lithium (0,069 nm) memiliki jalan difusi yang cukup lebar. Hal tersebut yang menyebabkan difusi ion pada sampel tanpa aktivasi memiliki nilai yang lebih besar daripada sampel aktivasi suhu 750 °C.

Proses interkalasi dan deinterkalasi ion lithium pada anoda dipengaruhi oleh difusi ion lithium. Semakin cepat ion lithium berdifusi, maka proses interkalasi dan deinterkalasi akan semakin cepat. Proses interkalasi pada sampel aktivasi 950 °C memiliki nilai yang lebih besar dari pada sampel 750, 850 dan tanpa aktivasi. Hal tersebut terjadi karena sampel aktivasi suhu 950 °C memiliki nilai difusi ion dan konduktivitas yang lebih besar dari sampel lainnya. Selain itu, sampel aktivasi 950 °C juga memiliki tegangan kerja yang lebih kecil dari sampel lainnya, sehingga muatan (elektron) akan lebih cepat berkumpul dan menarik ion lithium pada anoda. Semakin cepat proses interkalasi dan deinterkalasi pada anoda, maka baterai akan lebih cepat terisi.

Besarnya kapasitas pengosongan sampel aktivasi 850 °C pada siklus pertama memiliki nilai yang lebih besar dari pada sampel aktivasi 950 °C, karena diameter dan volume pori - pori pada sampel aktivasi 850 °C lebih besar daripada

sampel aktivasi suhu 950 °C. Kapasitas pengosongan sampel aktivasi suhu 750 °C memiliki nilai yang lebih kecil daripada sampel aktivasi suhu 850 °C, karena ukuran luas permukaan sampel aktivasi suhu 750 °C lebih kecil daripada sampel 850 °C. Kapasitas pengisian dan pengosongan pada baterai dipengaruhi oleh besarnya luas permukaan dan persebaran pori. luas permukaan yang besar akan meningkatkan kontak ion lithium dengan anoda. semakin banyak ion lithium yang berinteraksi, maka akan memperbesar kapasitas baterai. Persebaran pori mesopori (2 – 5 nm) akan meningkatkan penyerapan ion lithium, sehingga kapasitas akan meningkat. Ukuran luas permukaan yang besar dan persebaran pori mesopori akan mengoptimalkan kapasitas baterai.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu :

1. Variasi temperatur aktivasi mempengaruhi karakteristik karbon yang terbuat dari keratin. Struktur kristal yang terbentuk yaitu hexagonal dengan struktur *N-graphene*. Temperatur aktivasi menyebabkan ukuran partikel mengecil hingga 22,95 nm pada suhu 950 °C. Hal ini disebabkan karena pada suhu tinggi, sebagian material mengalami penguapan
2. Perubahan temperatur aktivasi karbon mempengaruhi kinerja anoda baterai ion lithium. Peningkatan temperatur aktivasi menyebabkan konduktivitas anoda meningkat. Nilai tertinggi yaitu $1,43 \times 10^{-5}$ S/cm pada suhu aktivasi 950 °C. Kapasitas meningkat pada karbon yang diaktivasi pada suhu tinggi. Kapasitas pengosongan tertinggi pada rapat arus $C/4$ yaitu 249.12 mAh/g (suhu aktivasi 850 °C).

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan lebih mengeksplorasi pemanfaatan keratin sebagai karbon dalam bentuk yang lain, seperti graphene, reduce graphene oxide yang memiliki konduktivitas sangat baik.

DAFTAR PUSTAKA

- A.D. Little. 1998. *Kline & Company and Company Estimates Carson 1998*. California, USA: PR Newswire.
- 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, and Hastuti. 2014. *Characterization Of Crystal Structure Of Hydrogen Storage Keratin-Mg Using Rietveld Analysis*. Proceeding International Conference 5th Green Technology, 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 and Hastuti. 2013. *Characterization And Analysis Of Crystal Structure Mixed Keratin-Magnesium Composite With Rietveld Method*. Proceeding International Conference 4th Green Technology, 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 Interface*. 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: Plenum Press.

- Gritzner, G. 1993. *Symbol and Definition In Electrochemical Engineering*. Pure & Appl Chem. 65: (009-020).
- Guanghai Wu, dkk. 2015. *N-doped graphene/graphite composite as conductiv 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 Enginering*. *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.