

**LAPORAN PENELITIAN  
TAHUN ANGGARAN 2018**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KERATIN DENGAN AKTIVASI KOH  
UNTUK ELEKTRODA SUPERKAPASITOR**

Nomor DIPA	:	DIPA BLU- DIPA 025.04.2.423812/2018
Tanggal	:	25 Desember 2017
Satker	:	(4238120) 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	:	F Penelitian Dasar Pengembangan Prodi

Oleh:  
Erna Hatuti, M.Si  
(NIP. 19811119 200801 2 009)



**KEMENTERIAN AGAMA  
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
(LP2M)  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2018**

## **HALAMAN PERSETUJUAN**

Laporan penelitian dengan judul Sintesis Dan Karakterisasi Keratin Dengan  
Aktivasi Koh Untuk Elektroda Superkapasitor

Oleh:

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

Telah diperiksa dan disetujui reviewer dan komiten penilai pada Tanggal 22  
Nopember 2018

Malang, 22 Nopember 2018

Reviewer 1,

Reviewer 2,

Romaidi, M.Si.,D.Sc  
NIP. 19810201 200901 1 019

Dr. Hj. Bayyinatul M, M.Si  
NIP.19811119 2008 01 2009

Komite Penilai

Ahmad Abtokhi, M.Pd  
NIP. 19761003 200312 1 004

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Penelitian ini disahkan oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Pada tanggal 22 Nopember 2018

### Peneliti

Ketua : Nama : Erna Hastuti  
NIP : 19811119 200801 2 009

Tanda Tangan .....

Ketua LP2M  
UIN Mulana Malik Ibrahim Malang

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

## **PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN**

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Erna Hastuti  
NIP : 19811119 200801 2 009  
Pangkat/Gol.Ruang : Lektor/III d  
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, 22 Nopember 2018

Ketua Peneliti

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

## **ABSTRAK**

Superkapasitor merupakan salah satu alternatif penyimpan energi, yang dapat menyimpan dan mendistribusikan energi lebih baik dibandingkan baterai. Salah satu komponen yang berpengaruh pada superkapasitor adalah elektroda. Peningkatan kapasitansi superkapasitor dilakukan dengan memperbesar luas permukaan pori-pori elektroda, memperkecil ukuran butir, dengan melakukan aktivasi kimia dan fisika. Pada penelitian ini dibuat superkapasitor dengan elektroda keratin yang diaktivasi dengan variasi KOH 1, 3 dan 5 M dan dipirolisis pada temperatur 700 °C. Pengaruh proses aktivasi keratin, diuji menggunakan difraksi sinar X (XRD), spektrofotometer Infra merah (FTIR) dan BET. Hasil uji difraksi menunjukkan sampel yang diaktivasi mengalami peningkatan derajat kristalinitas dan penurunan fasa karbor karena adanya fasa KCl. Gugus fungsi yang dihasilkan, menunjukkan ada beberapa ikatan yang hilang karena sampel menguap pada temperatur 700 °C. Luas permukaan sampel menurun setelah diaktivasi sampai

Kata kunci : superkapasitor, keratin, aktivasi, KOH

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur dipanjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmad dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat melakukan penelitian dasar penguatan program studi yang berjudul Sintesis Dan Karakterisasi Keratin Dengan Aktivasi KOH Untuk Elektroda Superkapasitor.

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 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

Cover	
Halaman Persetujuan .....	i
Halaman Pengesahan .....	ii
Pernyataan Orisinalitas Penelitian .....	iii
Abstrak .....	iv
Pengantar .....	v
Daftar Isi .....	vi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Permasalahan.....	3
A. Identifikasi Permasalahan	
B. Batasan Permasalahan	
C. Rumusan Permasalahan	
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Signifikasi Penelitian .....	4
1.2. Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1. Superkapasitor.....	7
2.2. Keratin sebagai Elektroda Superkapasitor .....	13
2.3. Proses Pembuatan Karbon Aktif .....	15
2.4. Spektrofotometer FTIR .....	18
2.5. XRD .....	20
<b>BAB III Metodologi Penelitian</b>	
3.1 Bahan dan Alat.....	21

3.2. Persiapan alat dan Bahan .....	21
3.4. Diagram Alir .....	23
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>24</b>
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>34</b>
5.1 Kesimpulan .....	34
5.2 Saran.....	34
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>35</b>





# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Aktivitas manusia di era modern didukung dengan berbagai kemudahan melalui perkembangan teknologi yang begitu pesat. Akibatnya kebutuhan energi semakin meningkat. Elektrokimia menjadi salah satu sumber energi alternatif yang perlu dipertimbangkan dalam menangani krisis energi dunia, dan salah satu sistem penyimpanan energi elektrokimia adalah superkapasitor elektrokimia.

Superkapasitor telah digunakan secara luas pada bidang elektronik dan transportasi, seperti sistem telekomunikasi digital, komputer dan *pulse laser system*, *hybrid electrical vehicles*, dan sebagainya. Superkapasitor adalah penyimpanan energi yang memiliki power density tinggi, siklus charge discharge dan kemampuan penyimpanan yang reversibel. Supercapacitor dibangun dari elektroda, pemisah antara elektroda dan elektrolit (Kumar & Bhardwaj, 2013).

Kinerja superkapasitor ditentukan oleh sifat fisik elektroda dan bahan elektrolit. Prinsip penyimpanan energi dalam supercapacitor adalah akumulasi muatan elektrostatik pada permukaan elektroda dan elektrolit (electrical double layer capacitance, EDLC), atau transfer muatan, melalui reaksi redoks reversibel (Faraday), untuk bahan redoks (misalnya polimer konduktif, nanopartikel oksida logam) pada permukaan elektroda (pseudo-capacitance) (Chen & Dai, 2013).

Bahan komposit elektroda banyak diteliti dan dikembangkan. Elektroda komposit berbentuk oksida logam, polimer konduktif, karbon aktif atau nanotube karbon (Yin, 2010). Karbon memiliki nilai kapasitansi terendah, namun memberikan konduktivitas tertinggi (sejumlah resistansi transfer muatan, resistansi ion dan resistansi bulk). Karbon paling tidak stabil secara elektrokimia, diikuti oleh polimer dan oksida logam, yang paling stabil (Chimola, 2009). Bahan elektroda supercapacitor diharuskan memiliki sifat kimia dan sifat fisik, yaitu konduktivitas tinggi, luas permukaan tinggi ( $\sim 1$  sampai  $> 2000 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ ), ketahanan terhadap korosi, stabil pada suhu tinggi, struktur pori dan biaya rendah (Pandolfo

& Hollenkamp, 2006) kapasitansi tinggi dan stabil pada siklus tinggi (Chimola, 2009).

Penelitian tentang superkapasitor berbasis karbon sudah banyak dilakukan, seperti *carbon nanotubes* (CNTs) (Frackowiak, et al, 2002), *activated carbon* (Pandolfo, 2006), *carbon onions* (Pech, D, et all, 2010), *carbon fiber* (Frackowiak and Beguin, 2001) dan *graphene* (Wang, et all, 2009). Beberapa cara telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas superkapasitor, diantaranya penambahan poly ionic liquid pada elektroda graphene (Kim, et al, 2010), penambahan PEO polimer elektrolit pada elektroda karbon aktif (Yin, 2010), penumbuhan nanopartikel platinum pada elektroda karbon (Barmawi, 2011) dan penambahan polimer hidrogel elektrolit dan elektroda nanopori (Rosi, dkk, 2012). Pemanfaatan keratin yang sudah dilakukan adalah untuk menyimpan hidrogen, yang dilakukan oleh Senoz dan P. Wool (2011) dan Farida and Hastuti (2013). Komposit Mg-keratin diaplikasikan sebagai penyimpan Hidrogen (*Hidrogen storage*). Komposit dibentuk pelet dengan variasi tekanan 80 kg/cm<sup>2</sup>, 100 kg/cm<sup>2</sup> dan 120 kg/cm<sup>2</sup> (Hastuti, Kartika dan Azizah, 2014) dan dialiri hidrogen pada temperatur 200 °C dan 300 °C (Azizah and Hastuti, 2014). Perubahan densitas sampel setelah dialiri hidrogen disebabkan karena keratin yang menguap. Hasil difraksi sinar X menunjukkan terbentuk fasa MgH<sub>2</sub>, Mg(OH)<sub>2</sub> dan MgO. Hidrogen di dalam sampel berikatan dengan Mg membentuk MgH<sub>2</sub> dan menggantikan posisi -R- pada keratin.

Superkapasitor dengan elektroda keratin-PVA-H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dengan separator membran nafion dibuat untuk mengetahui gugus fungsi dan sifat listriknya. Hasil uji FTIR menunjukkan penambahan gugus fungsi O-H dan C-X pada sampel yang diberi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Superkapasitor yang dibuat dari PVA-keratin memiliki kapasitansi 3x10<sup>-8</sup> F dan terjadi polarisasi *space charge* yang disebabkan adanya cacat atau muatan bebas pada bahan. Penambahan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> meningkatkan nilai kapasitansi menjadi 6x10<sup>-8</sup> F dan resistivitas menurun (Hastuti dan Samsu, 2014).

Separator adalah membran semipermeabel yang memungkinkan pergerakan ion elektrolit antara dua elektroda. Yoo dkk (2011) menggunakan membran elektrolit yang terbuat dari PVA-H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> sebagai pemisah dan graphene

sebagai elektroda. Kapasitansi tertinggi adalah  $394 \mu\text{Fcm}^{-1}$ . Gedam dkk (2013) menggabungkan PVA dengan asam atau garam seperti asam fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), asam hypophosphorus ( $\text{H}_3\text{PO}_2$ ), heteropolyacid (HPA), dipotassium fosfat ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ) dan sulfosuksinat (SSA) untuk meningkatkan konduktivitas PVA.

Penambahan larutan  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{KI/I}_2$ , and  $\text{H}_3\text{PO}_4/\text{KI/I}_2$  pada PVA yang digunakan sebagai separator membran elektrolit. Didapatkan kapasitansi meningkat sampai 269 pF pada membran  $\text{KI/I}_2$ - PVA (Hastuti and Rizkia, 2016). Superkapasitor dibuat dengan elektroda keratin-PVA, keratin-PVA- $\text{H}_3\text{PO}_4$  dan keratin-PVA- $\text{KI/I}_2$  dengan separator membran kitosan-karbon aktif-PVA. Penambahan larutan elektrolit dapat meningkatkan konduktivitas, permitivitas, dan impedansi superkapasitor. Peningkatan sifat listrik pada superkapasitor dengan penambahan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  disebabkan karena adanya ion  $3\text{H}^+$  dan  $\text{PO}_4^{3-}$  yang memberikan sumbangan muatan bebas. Sedangkan peningkatan sampel dengan penambahan  $\text{KI/I}_2$  disebabkan karena sumbangan muatan bebas dari ion  $\text{KI}^+$  dan  $\text{I}_2^-$ , serta migrasi ion tersebut.

Pada superkapasitor, persyaratan elektroda yang baik yaitu memiliki luas permukaan yang besar dan butir yang kecil. Luas permukaan yang besar diperlukan untuk tempat penyimpanan muatan yang berupa ion-ion elektrolit. Menurut Rosi, dkk (2012), luas permukaan nanopori karbon dapat dikontrol berdasarkan parameter fisika dan kimia seperti temperatur pembakaran, jenis dan jumlah activator. Pada penelitian ini digunakan material elektroda dari keratin yang diaktivasi menggunakan variasi konsentrasi KOH 1 M, 3 M dan 5 M dengan temperatur pyrolisis  $700^\circ\text{C}$ . Proses aktivasi dilakukan untuk meningkatkan luas permukaan pori-pori dari keratin dan mengurangi ukuran butir, sehingga diharapkan dapat meningkatkan nilai kapasitansi superkapasitor.

## **1.2. Permasalahan**

### **1. Identifikasi Permasalahan**

Salah satu syarat elektroda yang digunakan dalam superkapasitor adalah luas permukaan yang tinggi. 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
3. Proses aktivasi fisika, dilakukan pada temperatur 700 °C

## **3. Rumusan Permasalahan**

Pada penelitian ini dirumuskan suatu permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh proses aktivasi secara fisika dan kimia terhadap luas permukaan pori dan derajat kristalinitas
2. Bagaimana analisis gugus fungsi dari keratin teraktivasi

### **1.3. Tujuan**

Tujuan umum dari penelitian ini adalah mencari informasi baru tentang pemanfaatan keratin dari limbah bulu angsa untuk penyipan elektrokimia. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengkaji proses aktivasi pada keratin untuk meningkatkan luas permukaan pori dan memperkecil ukuran kristal.
- b. Mendapatkan karakteristik keratin teraktivasi sebagai elektroda pada superkapasitor.

### **1.4. Signifikansi**

Superkapasitor merupakan terobosan terbaru dibidang piranti penyimpan energi yang memiliki rapat daya yang besar, kapasitas penyimpanan muatan yang sangat besar, proses pengisian-pengosongan muatan yang cepat dan tahan lama jika dibandingkan dengan kapasitor biasa (Rosi, dkk., 2012).

Kemampuan rapat energi yang besar pada superkapasitor 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. Selain itu, superkapasitor ramah lingkungan karena tidak korosif dan tidak beracun.

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 superkapasitor 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 menggunakan KOH diharapkan dapat meningkatkan luas permukaan pori sehingga kapasitansi meningkat.

### **1.5. 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 dan sistematika penulisan.

#### **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

Menjelaskan tentang teori penunjang yang berhubungan dengan superkapasitor dan jenisnya, keratin sebagai elektroda, proses aktivasi karbon, XRD dan FTIR.

#### **BAB III METODE PENELITIAN**

Membahas tentang metode penelitian yang digunakan dalam penelitian. Diantaranya adalah prosedur perancangan, aktivasi, pembuatan superkapasitor, 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, BET dan FT-IR.

#### **BAB V PENUTUP**

Berisi tentang kesimpulan dan saran-saran dari penulis.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

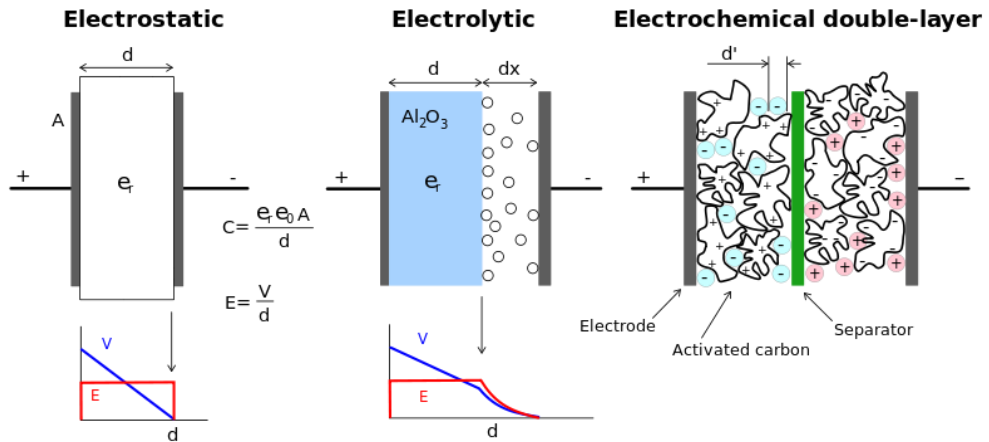
#### **2.1 Superkapasitor**

Perkembangan electrical/electrochemical double layer capacitors sebagai fenomena tingkat tinggi yang berperan secara signifikan sebagai penyimpan daya, teknologi penerbangan luar angkasa, daya elektronik dan berbagai bidang lain telah diakui. Kebutuhan dunia komputer saat ini tidak dapat dipenuhi oleh kapasitor konvensional seperti electrostatic dan electrolytic capacitors yang terbatas pada aplikasi tertentu. Electric double layer capacitor (EDLC) menggunakan karbon sebagai elektroda dan menyimpan muatan di medan listrik pada interface. Ini menggunakan elektrolit cair dan tidak cair. EDLC memberikan power densitas tinggi, tetapi energi density rendah. Sehingga generasi electrochemical double layer atau supercapacitor berikutnya adalah menggunakan transisi metal oksida sebagai material elektroda bersama dengan karbon telah diinovasi dengan harapan dapat memberikan power dan energy density yang diinginkan.

Kapasitor adalah bagian dari rangkaian listrik dasar yang menyimpan energi listrik dalam orde mikrofara dan membantu dalam filtering. Kapasitor memiliki dua fungsi utama yaitu charge and discharge electricity dan menahan aliran DC. Electrolytic capacitor adalah generasi berikutnya yang seperti baterai dalam struktur cellnya tetapi bahan anoda dan katodanya tetap sama.

Generasi ketiga adalah electrical double layer capacitor, dimana muatan listrik disimpan pada interface metal/electrolyte. Interface ini dapat menyimpan muatan listrik sampai  $\sim 10^6$  Farad. Komponen utama dari lektroda adalah karbon aktif. EDLC merupakan pelengkap baterai yang memiliki high power density tinggi dan energy density rendah. EDLC juga memiliki cycle life yang lebih lama dari baterai dan energy density yang lebih tinggi dibandingkan dengan kapasitor konvensional. Kapasitor ini menggunakan karbon sebagai elektroda untuk anoda dan katoda, dengan penambahan elektrolit . Gambar 2.1 menunjukkan tiga tipe kapasitor.





Gambar 2.1 Struktur Kapasitor, Kapasitor Elektrolit, dan Superkapasitor  
(R. Kotz, M. Carlen, 2000)

Generasi keempat adalah pseudocapacitor. EDLC memiliki kelemahan yaitu energy density rendah. Penelitian berikutnya adalah menggabungkan transition metal oxide dengan karbon dalam bahan elektroda. Proses electrosorption atau redox meningkatkan nilai kapasitansi spesifik sampai 10-100 kali, tergantung pada sifat oksida. Kinerja superkapasitor secara bersamaan menggabungkan dua jenis energi penyimpanan, yaitu muatan non-faradic seperti pada kapasitor EDLC dan muatan faradaic yang serupa dengan proses dalam baterai.

### 2.1.1 Electrolytic Capacitors

Kapasitor ini menggunakan Ta, Al dan ceramic electrolytic capacitors. Electrolytic capacitor menggunakan elektrolit sebagai konduktor antara dielektrik dan elektrodanya. Kapasitor elektrolit aluminium termasuk foil anoda dan foil katoda, diproses dengan perbesaran permukaan dan atau formation treatment. Biasanya film dielektrik dibuat dengan anodizing high purity Al foil untuk aplikasi tegangan tinggi dalam larutan boric acid. Ketebalan film dielektrik juga mempengaruhi tegangan kerja dari aluminium electrolytic capacitor.

Ada dua jenis kapasitor tantalum yang tersedia di pasaran, yaitu kapasitor elektrolitik basah yang menggunakan asam sulfat sebagai elektrolit, dan kapasitor elektrolitik padat yang menggunakan MnO<sub>2</sub> sebagai elektrolit padat. Meskipun kapasitansi kapasitor Ta dan Al sama, tetapi kapasitor Ta lebih baik dibanding Al

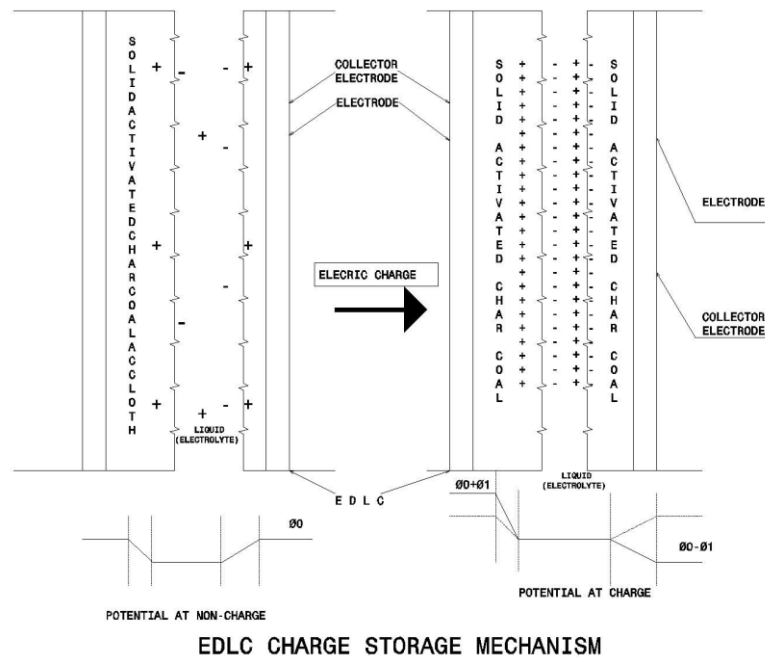
dalam karakteristik temperatur dan frekuensi. Banyak peneliti yang mencoba meningkatkan performace dari electrolytic capacitor dengan memodifikasi elektroda atau elektrolit (ada banyak contoh).

Kapasitor keramik adalah kapasitor yang terbuat dari lapisan logam dan keramik, dengan material keramik sebagai dielektrik. Multilayer ceramic capacitor (MLCs) biasanya terdiri dari ~ 100 lapisan elektroda dan keramik dielektrik yang diapit di antara dua penutup lapisan keramik. MLCs dibuat dengan screen printing dari lapisan elektroda pada lapisan dielektrik dan co-sintering dari laminasi. Secara konvensional, Ag-Pd digunakan sebagai bahan elektroda dan BaTiO<sub>3</sub> digunakan sebagai keramik dielektrik. MLC diproduksi dalam kisaran kapasitansi 10  $\mu$ F (biasanya kisaran kapasitor elektrolit Ta dan Al) dan sangat berguna dalam aplikasi frekuensi tinggi. Pada 2007, kapasitor cakram keramik digunakan secara luas dalam peralatan elektronik, menyediakan kapasitas tinggi dan ukuran kecil dengan harga murah dibandingkan dengan tipe lainnya. Material keramik lain yang digunakan adalah CaZrO<sub>3</sub>, MgTiO<sub>3</sub>, SrTiO<sub>3</sub> dll. Salah satu parameter pemrosesan material yang paling penting adalah tingkat kehomogenan pada pencampuran aditif dalam slurry. Distribusi binder dalam green ceramic sheet, tingkat kekasaran permukaan, fine size nickel powder, formation of green sheet, electrode deposition dll sangat menentukan dalam proses.

### 2.1.2 Double Layer Capacitors

Electric/electrochemical double layer capacitor (EDLC) adalah perangkat penyimpan listrik yang unik, yang dapat menyimpan lebih banyak energi daripada kapasitor konvensional dan menghasilkan lebih power density lebih besar dibandingkan baterai.

EDLC bekerja pada prinsip double layer capacitance pada interface elektroda/electrolyte dimana muatan listrik terakumulasi pada permukaan elektroda dan ion muatan berlawanan tersusun sisi elektrolit. Gambar. 2.2 menunjukkan mekanisme penyimpanan muatan dalam sel EDLC. Ada dua tipe double layer capacitors yang diklasifikasikan dari mekanisme penyimpanan muatan, yaitu electrical double capacitor dan electrochemical double layer capacitor atau super/pseudo-capacitor.



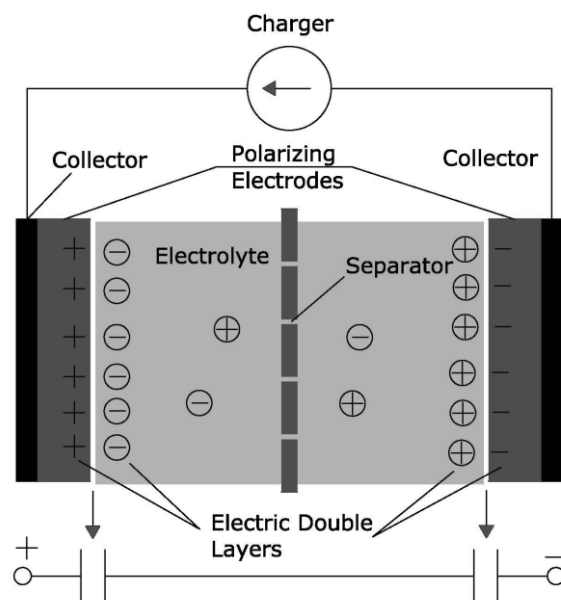
Gambar 2.2 Mekanisme penyimpanan muatan

EDLC menyimpan energi di double-layer pada interface elektroda dan elektrolit, sedangkan superkapasitor terjadi reaksi Faradaic antara elektroda dan elektrolit. Elektroda yang digunakan utamanya adalah karbon, sedangkan yang lain adalah oksida logam transisi atau campuran karbon dan oksida logam/polimer.

#### 1. Electric double layer capacitor

EDLCs adalah tipe physical baterai. EDLC memiliki pasangan polarisasi elektroda dengan collector elektroda, separator dan larutan elektrolit. Kapasitor di-charge dan energi listrik yang tersimpan dalam kapasitor di-discharge dengan beban. Karbon yang digunakan sebagai elektroda dalam EDLC ditulis oleh E. Frackowiak dan F. Béguin; mereka telah membahas tentang berbagai bentuk karbon seperti karbon aerogel, karbon aktif dan nanotube karbon yang digunakan sebagai elektroda dalam EDLC. Secara teori, kapasitansi spesifik dari karbon aktif berkaitan dengan specific surface area. Akan tetapi beberapa karbon aktif dengan luas permukaan lebih kecil memberikan kapasitansi spesifik yang lebih besar

(beberapa contoh). Proses aktivasi karbon juga berpengaruh pada kapasitansi. Karbon yang diaktivasi dengan KOH memiliki kandungan oksigen lebih tinggi daripada NaOH. Faktor lain yang mempengaruhi adalah struktur karbon, ukuran pori, ukuran partikel, konduktivitas listrik dan luas permukaan. Berbagai jenis karbon sudah dibuat dan digunakan sebagai elektroda. Nilai kapasitansi yang dihasilkan bergantung pada proses syntesis karbon dan tipe elektrolit yang digunakan untuk mencocokkan dengan material elektoda.



Gambar 2.3. Model konfigurasi EDLC cell

## 2. Electrochemical double layer capacitor

Electrochemical double layer capacitor juga didesain sebagai superkapasitor atau ultrakapasitor atau pseudokapasitor. Ketika metal oksida/ metal oksida dan komposit karbon/polimer konduktif dan komposit karbon digunakan sebagai elektroda, mekanisme penyimpanan muatan termasuk double layer capacitance and pseudo capacitance yang menghasilkan kapasitansi lebih besar, dan ELDCs disebut supercapacitors (SCs). Kelemahan utama karbon sebagai EDLC adalah specific stored energi yang rendah.

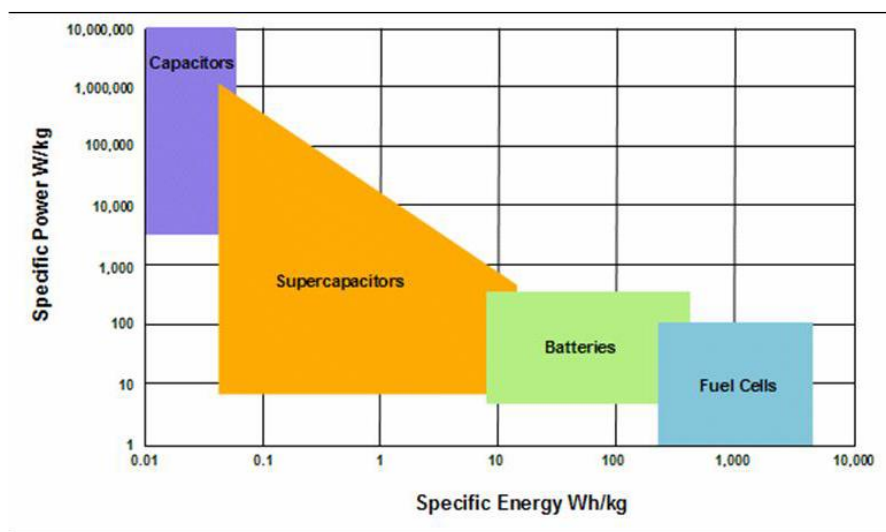
Superkapasitor merupakan suatu kapasitor dengan nilai kapasitansi yang jauh lebih besar dari pada kapasitor biasa. Hal ini yang membedakan superkapasitor dengan kapasitor biasa adalah pada strukturnya, pada superkapasitor elektroda yang dipakai berbasis pada material karbon, tidak seperti kapasitor biasa yang menggunakan metal. Selain itu, tidak seperti kapasitor konvensional, kedua elektroda tidak dipisahkan oleh dielektrik, efek kapasitansi superkapasitor muncul akibat dua layer substrat karbon yang terpisah pada jarak sangat kecil di skala nanometer. Luas permukaan elektroda dapat diperbesar karena range dari jarak antar layer superkapasitor berada pada skala nanometer, sehingga didapat suatu kapasitansi yang besar untuk divais yang sama dengan kapasitor konvensional.

Superkapasitor salah satu divais penyimpan energi yang memanfaatkan nanopori karbon sebagai material penyusun elektroda untuk menghasilkan luas permukaan yang besar. Luas permukaan yang besar diperlukan untuk tempat penyimpanan muatan yang berupa ion-ion elektrolit. Superkapasitor memiliki beberapa keunggulan antara lain rapat daya yang tinggi, proses pengisian muatan yang cepat dan usia pemakaian (*life cycle*) yang lama.

Mekanisme penyimpanan energi pada superkapasitor didasarkan pada prinsip elektrostatik dari pembawa muatan dimana pemberian medan listrik akan mengakibatkan polarisasi muatan. Pada proses pengisian muatan, ion-ion akan tersimpan pada antar muka elektroda/elektrolit. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme penyimpanan energi ini sangat ditentukan oleh luas permukaan elektroda. Oleh karena itu, luas permukaan menjadi faktor penting yang menentukan kapasitas penyimpanan muatan. Semakin besar luas permukaan maka kapasitansi akan semakin besar pula. Penelitian menunjukkan bahwa luas permukaan nanopori karbon dapat dikontrol berdasarkan parameter fisika dan kimia seperti temperatur pembakaran, jenis dan jumlah aktivator (Rosi, dkk, 2012).

Superkapasitor memiliki keunggulan dibanding dengan baterai, keunggulan tersebut diantaranya adalah *life-cycle* yang lebih panjang, impedansi yang rendah, waktu *charge* dan *discharge* yang cepat, dan memiliki nilai *charge* dan *discharge* yang tinggi. Namun, superkapasitor juga memiliki kekurangan, superkapasitor

memiliki tegangan yang rendah dibanding baterai, *self-discharge* yang tinggi dan memerlukan kontrol elektronik yang lebih rumit. Gambar 2.5 menunjukkan perbedaan energi dan daya yang dihasilkan pada kapasitor, superkapasitor, baterai dan *fuel cells*. Superkapasitor memiliki kombinasi daya yang tinggi dan energi yang besar dan berada diantara kapasitor dan baterai. Superkapasitor sangat berguna karena memiliki ketahanan yang lebih baik dibandingkan penyimpanan energi yang lain.



Gambar 2.4 Grafik perbandingan Energi dan daya pada kapasitor, superkapasitor, baterai dan *fuel cells* (R. Kotz, M. Carlen, 2000)

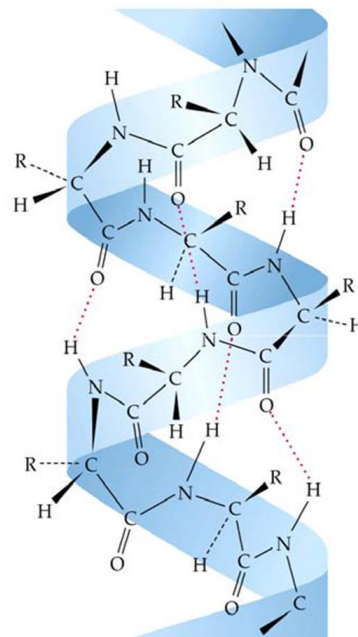
## 2.2 Keratin Sebagai Elektroda Superkapasitor

Keratin adalah bahan mikropori dan memiliki luas permukaan spesifik 10-430  $\text{m}^2\text{g}^{-1}$  (Senoz & Wool, 2011). Keratin terdiri dari ikatan disulfida sistin, ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik molekul keratin (Williams, et al., 1991). Keratin mengandung atom karbon (C) yang berikatan dengan empat atom lainnya dan cluster R-struktur heliks (Farida and Hastuti, 2013).

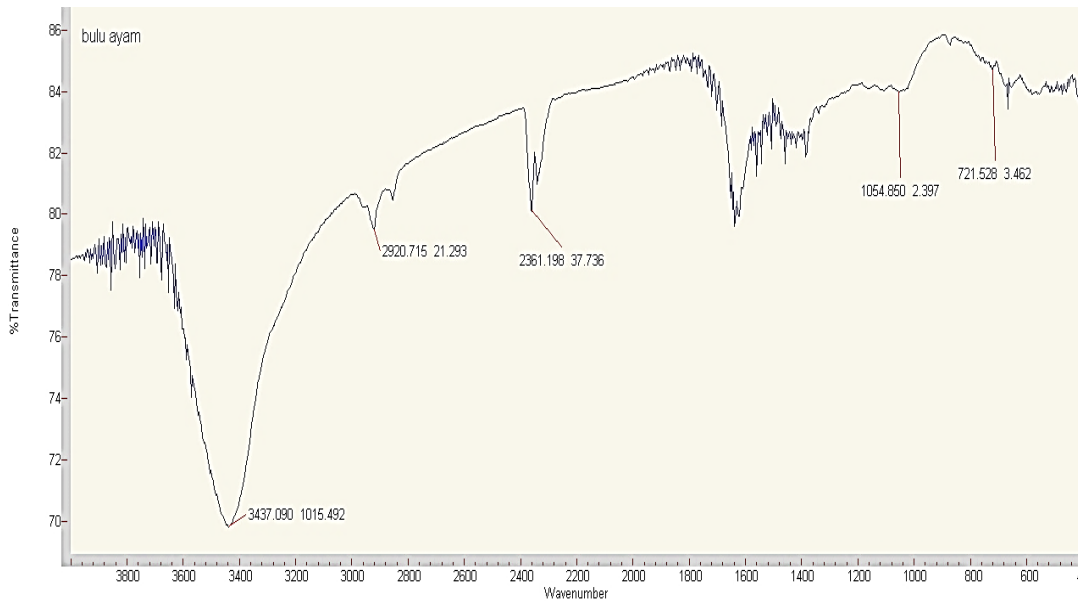
Tiap molekul protein dalam keratin mempunyai bentuk spiral, yang disebut spiral- $\alpha$ -kanan. Kanan menunjukkan arah putaran dalam spiral itu. Tiap putaran spiral mengandung 3,6 residu asam amino. Jarak dari satu kumparan ke kumparan berikutnya adalah 5,4 Å. Bentuk spiral ini tidak berubah terutama berkat ikatan

hidrogen antara satu gugus amida-karbonil dan suatu NH yang jaraknya 3,6 satuan asam amino. Bentuk spiral ini menghasilkan produk yang kuat, lunak, dan bersifat serat (Girindra, 1986).

Dalam penelitian ini, bahan keratin diambil dari bulu unggas yang telah dipyrolysis dalam ruang hampa udara. Keratin adalah bahan mikroporous khas dengan luas permukaan rendah dan distribusi ukuran pori yang sempit. Dari hasil penelitian sebelumnya, didapatkan nilai kapasitansi kecil. Kapasitansi tertinggi dimiliki sampel keratin dengan penambahan  $H_3PO_4$  dengan nilai  $4,7 \times 10^{-8}$  F (Hananta dan Hastuti, 2016). Proses aktivasi menggunakan KOH diharapkan dapat meningkatkan luas permukaan pori-pori. Hal ini dapat meningkatkan ukuran permukaan elektroda/elektrolit, meningkatkan luas permukaan elektroda atau mengurangi pemisahan antara ion dan elektroda, sehingga kapasitansi yang tersimpan meningkat.



Gambar 2.5 Skema Bagan Struktur Keratin (Senoz and P. Wool, 2011)



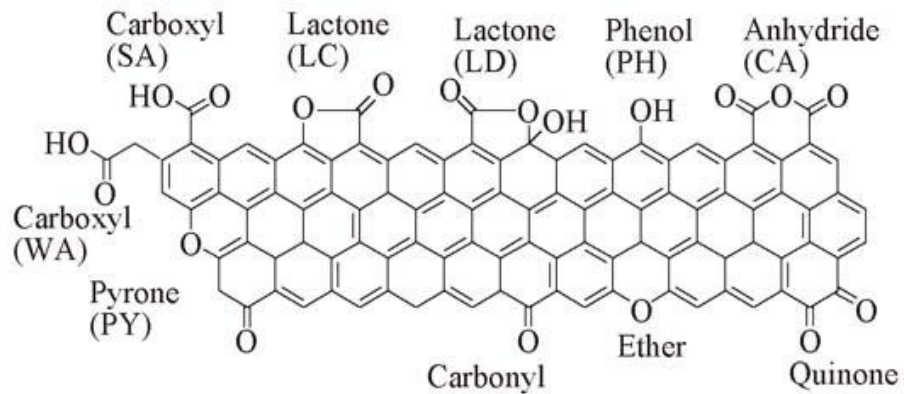
Gambar 2.6 Spektrum FTIR zat keratin (Farida and Hastuti, 2013)

Analisis inframerah dari zat keratin dilakukan pada bilangan gelombang 400-4000  $\text{cm}^{-1}$ . Dari gambar spektrum tersebut dapat dilihat adanya puncak-puncak. Puncak-puncak tersebut berada pada bilangan gelombang 3437  $\text{cm}^{-1}$ , 2920  $\text{cm}^{-1}$ , 2361  $\text{cm}^{-1}$ , 1054  $\text{cm}^{-1}$ , 721  $\text{cm}^{-1}$ . Pada bilangan gelombang 3437  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya serapan N-H. Serapan C-H alifatik terdapat pada bilangan gelombang 2920  $\text{cm}^{-1}$ , namun ini merupakan interpretasi yang sulit karena pada daerah tersebut juga dimungkinkan adanya serapan  $-\text{CH}_2-\text{S}$  sekitar 2950-2920  $\text{cm}^{-1}$ . Serapan pada 2361  $\text{cm}^{-1}$  merupakan vibrasi dari  $\text{C} \equiv \text{N}$ . Dari spektrum tersebut juga terdapat vibrasi dari C-O pada bilangan gelombang 1054  $\text{cm}^{-1}$  dan  $\text{CH}_2$  pada daerah 721  $\text{cm}^{-1}$ .

### 2.3 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Kemampuan karbon dalam proses adsorpsi ditentukan oleh struktur kimianya yaitu atom C, H, dan O yang terikat secara kimia membentuk gugus fungsional seperti gambar 2.7. Gugus fungsional ini membuat permukaan karbon aktif reaktif secara kimiawi dan memperbarui sifat adsorpsinya (Tias, 2012).





Gambar 2.7 Gugus fungsi karbon aktif (Li, et al, 2012)

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.

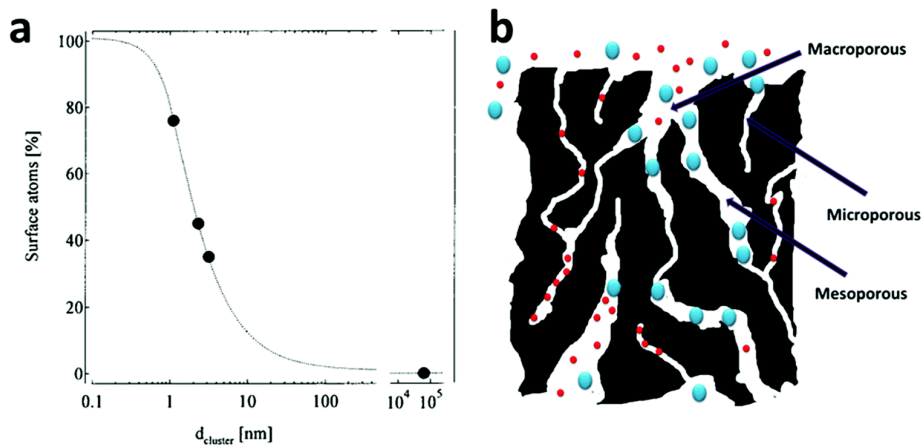
2. Karbonisasi

Karbonisasi adalah peristiwa pirolisis, dimana terjadi proses dekomposisi komponen atau pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon. Temperatur di atas 170 °C akan menghasilkan CO, CO<sub>2</sub> 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 (CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, H, 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 2.8 dapat dilihat pori-pori yang terbentuk pada karbon aktif yang telah teraktivasi.



Gambar 2.8 Jenis pori-pori dalam karbon aktif (Li, et al, 2015)

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 CO<sub>2</sub>. 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 CO<sub>2</sub> 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

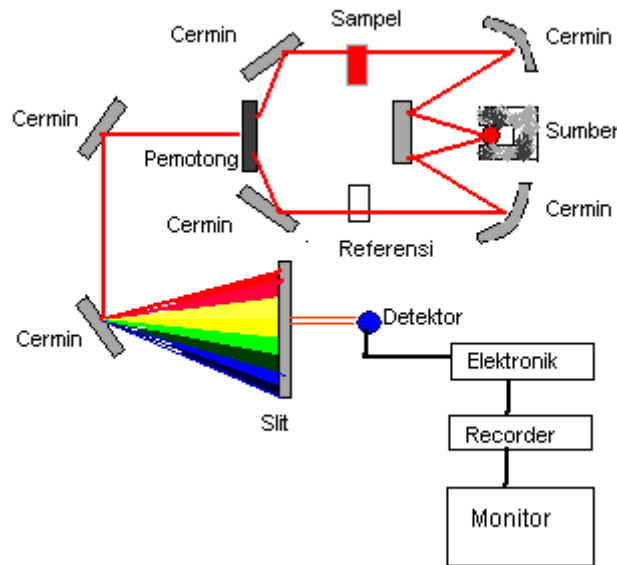
Aktivasi kimiawi digunakan untuk bahan baku mengandung liknoselusa. Pada aktivasi ini, karbon dicampur dengan larutan kimia yang berfungsi sebagai *activating agent*. Larutan kimia yang dipakai biasanya adalah garam dari logam alkali dan alkali tanah serta zat asam seperti KOH, NaOH, ZnCl<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. *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 Spektrofotometer FTIR

Spektrofotometri infra-merah adalah sangat penting dalam kimia modern, terutama dalam bidang kimia organik. Spektrofotometer ini digunakan untuk mengetahui gugus fungsi suatu molekul. Grafik hasil FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi yang khas yang terdapat pada bilangan gelombang tertentu. Gugus fungsi tersebut diantaranya C-H, C≡N, C=O, dan sebagainya.

Pancaran infra merah pada umumnya mengacu pada bagian spektrum elektromagnetik yang terletak di antara daerah tampak dan daerah gelombang mikro. Sebagian besar kegunaannya terbatas di daerah antara 4000 cm<sup>-1</sup> dan 666

$\text{cm}^{-1}$  (2,5-15,0  $\mu\text{m}$ ). Akhir-akhir ini muncul perhatian pada daerah infra merah dekat, 14.290-4000  $\text{cm}^{-1}$  (0,7-2,5  $\mu\text{m}$ ) dan daerah infra merah jauh, 700-200  $\text{cm}^{-1}$  (14,3-50  $\mu\text{m}$ ) (Silverstain, 1967).



Gambar 2.9 Skema IR (Kroschwitz, 1990)

Salah satu hasil kemajuan instrumentasi IR adalah pemrosesan data seperti *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Teknik ini memberikan informasi dalam hal kimia, seperti struktur dan konformasional pada polimer dan polipaduan, perubahan induksi tekanan dan reaksi kimia. Dalam teknik ini padatan diuji dengan cara merefleksikan sinar infra merah yang melalui tempat kristal sehingga terjadi kontak dengan permukaan cuplikan. Degradasi atau induksi oleh oksidasi, panas, maupun cahaya, dapat diikuti dengan cepat melalui infra merah. Sensitivitas FTIR adalah 80-200 kali lebih tinggi dari instrumentasi dispersi standar karena resolusinya lebih tinggi (Kroschwitz, 1990).

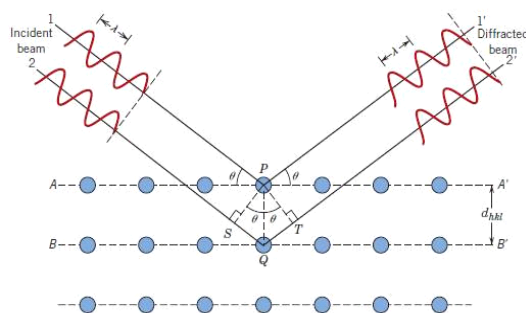
Teknik pengoperasian FTIR berbeda dengan spektrofotometer infra merah. Pada FTIR digunakan suatu interferometer Michelson sebagai pengganti monokromator yang terletak didepan monokromator. Interferometer ini akan memberikan sinyal ke detektor sesuai dengan intensitas frekuensi vibrasi molekul yang berupa interferogram (Bassler, 1986).

Interferogram juga memberikan informasi yang berdasarkan pada intensitas spektrum dari setiap frekuensi. Informasi yang keluar dari detektor diubah secara digital dalam komputer dan ditransformasikan sebagai domain, tiap-tiap satuan frekuensi dipilih dari interferogram yang lengkap (*fourier transform*). Kemudian sinyal itu diubah menjadi spektrum IR sederhana. Spektroskopi FTIR digunakan untuk: mendeteksi sinyal lemah, menganalisis sampel dengan konsentrasi rendah, analisis getaran (Silverstain, 1967).

## 2.5 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 2.10 Ilustrasi difraksi sinar-X pada XRD (Saryanto, 2013)

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Bahan dan Alat**

Bahan – bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah serbuk keratin, KOH, HCl, PVA, PVDF, Aquades, etanol, elektrolit H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, Toluena

Sedangkan peralatan yang digunakan meliputi Beaker glass, Gelas ukur, *Magnetik stirrer*, furnace, Ayakan, BET, FTIR (Forier Transformation Infra Red), XRD, RCL meter, CD (*charge discharge*)

#### **3.2 Persiapan alat dan bahan**

##### ***Pembuatan Aktivasi Keratin Menggunakan KOH***

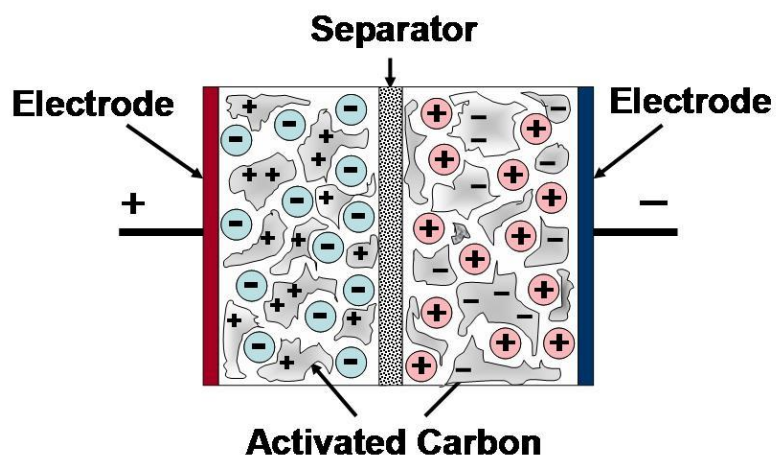
- a) Limbah bulu angsa dipirolisis pada dua tahap, yaitu pemanasan pada suhu 215 °C selama 15 jam. Tahap kedua pada temperatur 450 °C selama 1 jam. Diayak 140 mesh, kemudian dicuci menggunakan Toluene dan aquades.
- b) Serbuk keratin dicampur dengan variasi KOH dengan konsentrasi 1M, 3M, 5M. Campuran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

##### ***Pembuatan Superkapasitor***

Sebanyak 0,3 gram serbuk PVA ditambahkan aquades 3 mL dan diaduk dengan kecepatan 120 rpm selama 15 menit pada temperatur 80 °C. Setelah homogen, larutan PVA ditambah keratin dan diaduk sampai homogen. Gel yang sudah terbentuk kemudian dilapiskan pada permukaan membran PVA dengan metode *doctor blade*.

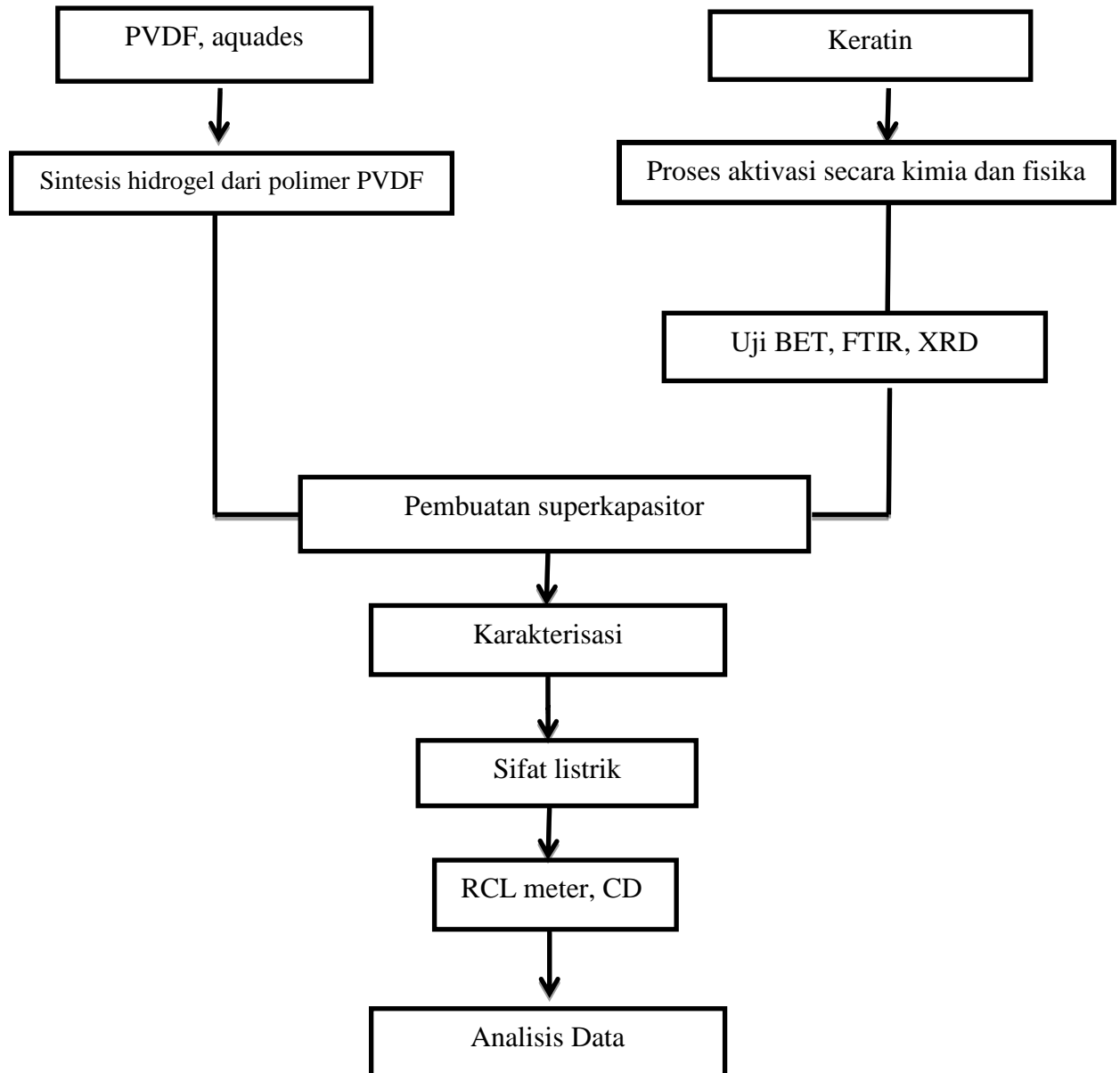
Pengujian superkapasitor digunakan collector berupa silver yang diletakan pada kedua sisi elektroda. Sampel kemudian dihubungkan dengan RCL meter

untuk mengetahui kapasitansi dan resistansi superkapasitor pada berbagai variasi frekuensi. Data yang didapatkan kemudian dimasukkan dalam persamaan untuk mengetahui permitifitas, kapasitansi, konduktifitas, energi dan waktu relaksasi. Pengujian *charge-discharge* bertujuan untuk mengetahui lama pemakaian superkapasitor. Selain data sifat listrik, luas permukaan keratin teraktivasi diuji menggunakan BET. Gugus fungsi yang terbentuk setelah proses aktivasi diuji menggunakan FTIR dan XRD.



Gambar 3.1 Ilustrasi Piranti Superkapasitor

## Rancangan Penelitian



Gambar 3.2 Rancangan Penelitian



## **BAB IV**

### **ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

. 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, 2013).

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 cm<sup>3</sup> yang dicampur dengan aquades 45 cm<sup>3</sup> (Senoz, E., 2011). Keratin direndam dalam campuran larutan selama 1 jam, lalu disaring menggunakan kertas saring dan dibiarkan di udara terbuka hingga kering (Farida, 2013).

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. 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:

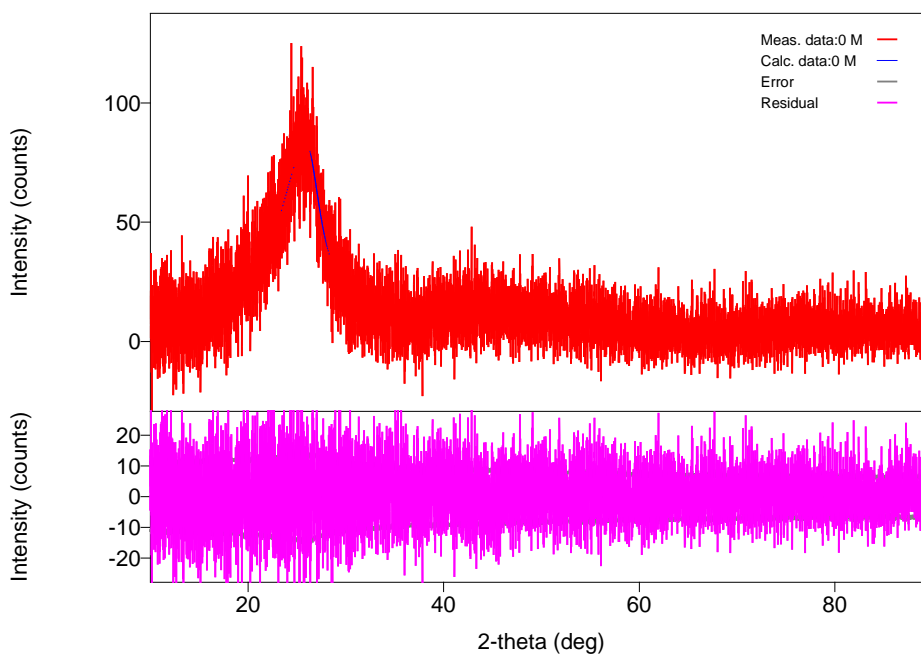


Sampel tersebut dikeringkan menggunakan oven selama 2 jam dengan suhu 100 °C untuk menghilangkan H<sub>2</sub>O dalam sampel. Langkah selanjutnya yaitu aktivasi secara fisika menggunakan *vacum furnace* pada 700 °C dengan kenaikan suhu 5 °C/ menit selama 3 jam. Penggunaan *vacum furnace* bertujuan untuk menghindari reaksi antara karbon dengan O<sub>2</sub> yang membentuk CO<sub>2</sub>.

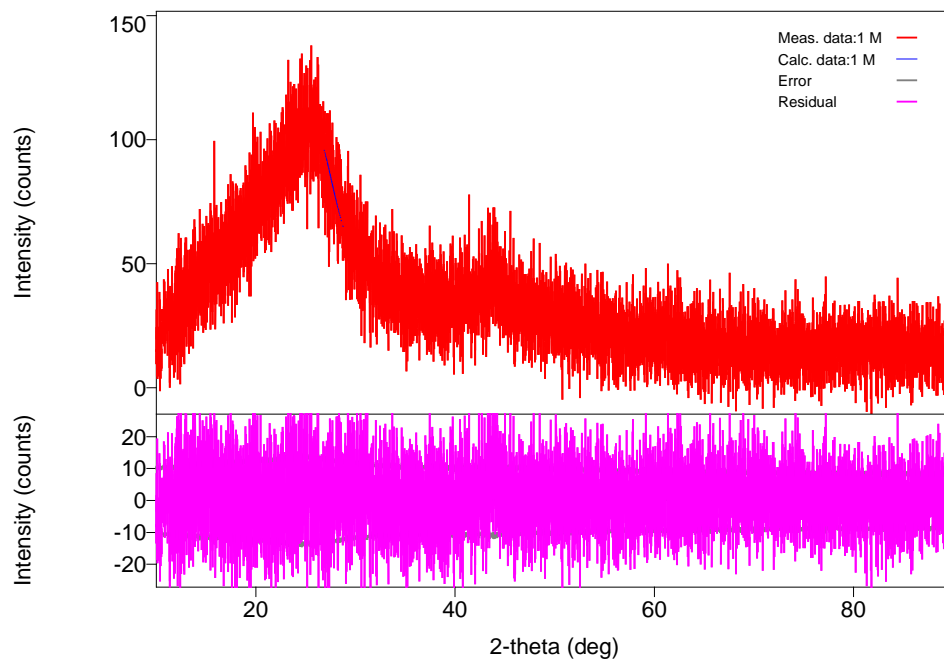
### **Karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) Keratin**

Sampel dianalisis dengan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui fasa yang terbentuk pada sampel. Karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD, Rigaku). Sinar yang digunakan bersumber dari Cu\_K-beta yang memiliki panjang gelombang 1.541862 Å.

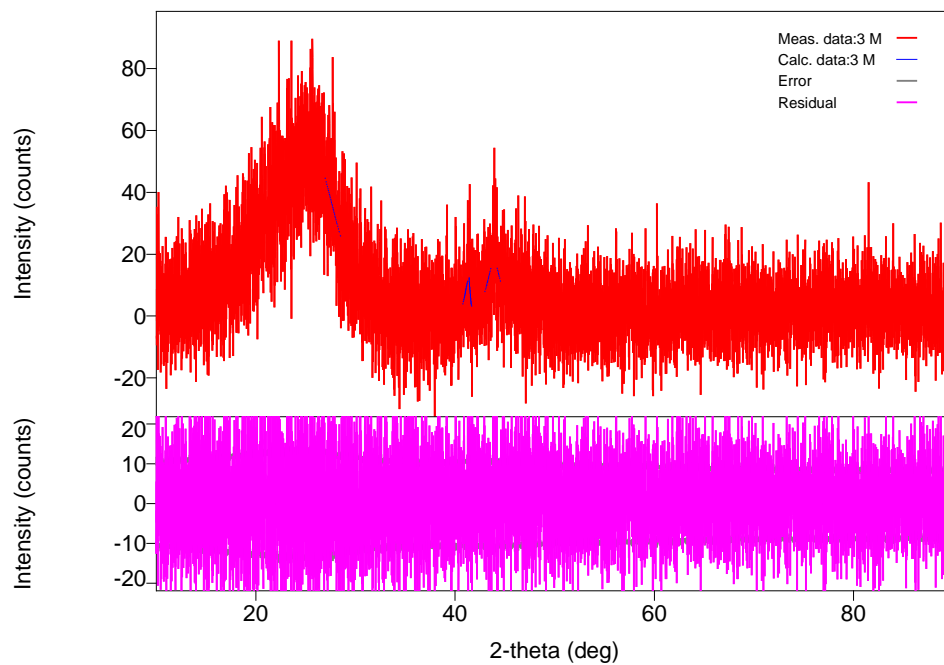
Sudut pengukuran yang digunakan rentang antara 10-90°. Difaktogram serbuk keratin variasi KOH ditunjukkan pada gambar 4.1.



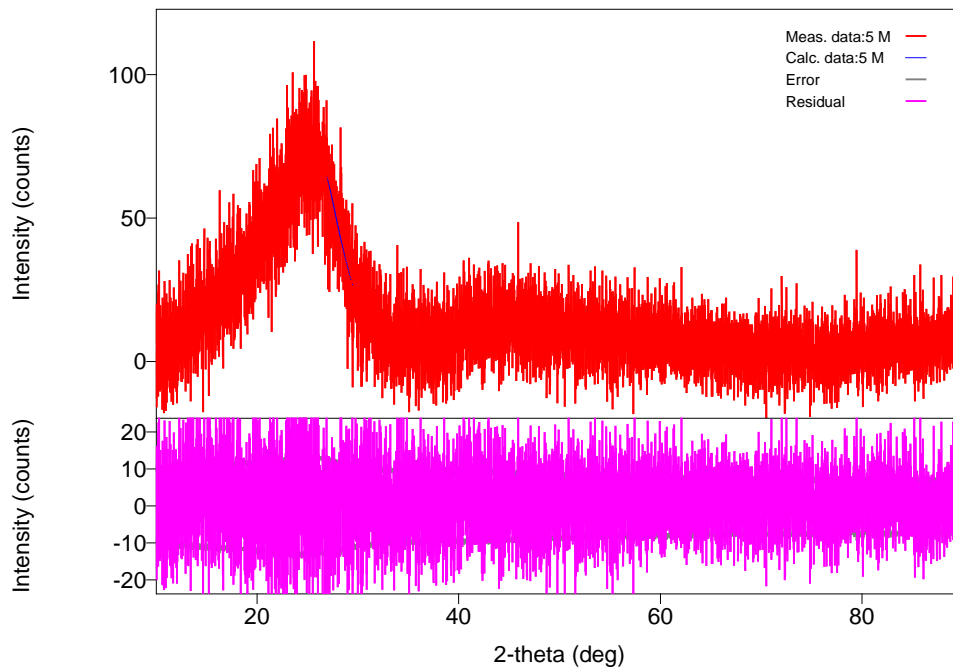
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.1. Spektrum Difraksi Sinar X serbuk keratin aktivasi KOH (a) tanpa aktivasi; (b) 1 M; (c) 3 M; (d) 5 M

Pola difraksi menunjukkan adanya fasa karbon (C) pada setiap perlakuan. Karakteristik keratin aktivasi KOH dapat dilihat dari puncak-puncak intensitas yang muncul. Dari data PDF 04-018-7559, diketahui puncak-puncak karbon terdapat pada sudut  $2\theta$  sekitar  $25^\circ$  dan  $43^\circ$ . Pada aktivasi KOH 1 M dan 3 M, muncul puncak KCl pada sudut  $43.9^\circ$  (berdasar data PDF 01-076-3366). Hal ini kemungkinan disebabkan masih adanya sisa zat aktivasi yaitu KOH yang berinteraksi dengan HCl dan membentuk KCl.

Hasil difraksi yang diperoleh digunakan untuk menentukan derajat kristanilitasnya.

Derajat kristanilitas dapat dihitung menggunakan persamaan :

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

Tabel 1 menunjukkan nilai derajat kristalinitas keratin teraktivasi dan prosentase kandungan karbon dalam bahan

Tabel 1. Ukuran kristal dan Derajat Kristanilitas Keratin aktivasi KOH

No	Sampel	Jumlah fasa Karbon (%)	Derajat kristanilitas (%)
1	Tanpa aktivasi	99	10,950
2	KOH 1M	94	31,753
3	KOH 3M	96	11,573
4	KOH 5M	98	17,699

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).

Hasil analisis kuantitatif menunjukkan karbon memiliki struktur heksagonal dengan sudut  $\alpha$  90°,  $\beta$  90° dan  $\gamma$  120°. Proses aktivasi mempengaruhi struktur kristal dari karbon. Parameter kisi dari karbon, ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Parameter kisi, volum dan densitas karbon

Sampel	a(A)	b(A)	c(A)	V(A <sup>3</sup> )	Space group	Calc. density (g/cm <sup>3</sup> )
0 M	2.448(12)	2.448(12)	6.89(2)	35.8(3)	194: P63/mmc	2.174
1 M	2.436(15)	2.436(15)	6.85(3)	35.2(3)	194: P63/mmc	2.179
3 M	2.494721	2.494721	6.9654	37.5424	194: P63/mmc	2.125
5 M	2.369(8)	2.369(8)	6.70(3)	32.6(2)	194: P63/mmc	2.152

Tabel 2 menunjukkan bahwa parameter kisi karbon mengalami penurunan pada aktivasi 1 M dan 5 M, dan meningkat pada penambahan konsentrasi KOH 3 M. Parameter kisi paling besar pada penambahan KOH 3 M, karena terdapat adanya pengotor yaitu KCl dalam jumlah yang cukup banyak. Hal ini juga terlihat pada gambar 4.1 (c), dimana terbentuk puncak KCl dengan intensitas paling tinggi. KCl menyisip ke dalam struktur heksagonal karbon, sehingga parameter

kisinya meningkat. Penurunan parameter kisi, disebabkan karena adanya penguapan pada saat aktivasi fisika, dimana sampel dipanaskan sampai 700 °C.

### **Karakterisasi *Brunauer Emmet and Teller* (BET)**

Karakterisasi luas permukaan sampel menggunakan BET (Nova High Speed Gas Sorption Analyzer Version 11.30). Hasil pengujian BET ditunjukkan pada tabel 2

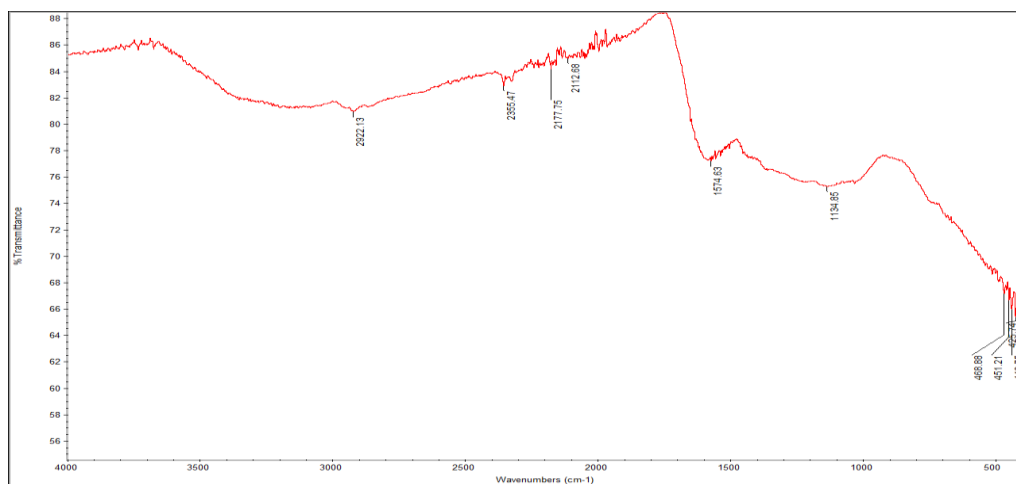
Tabel 2. Hasil pengujian BET Keratin aktivasi KOH

No	Sampel	Surface Area (m <sup>2</sup> /g)
1	Tanpa Aktivasi	171,378
2	KOH 1M	20,785
3	KOH 3M	18,631
4	KOH 5M	74,535

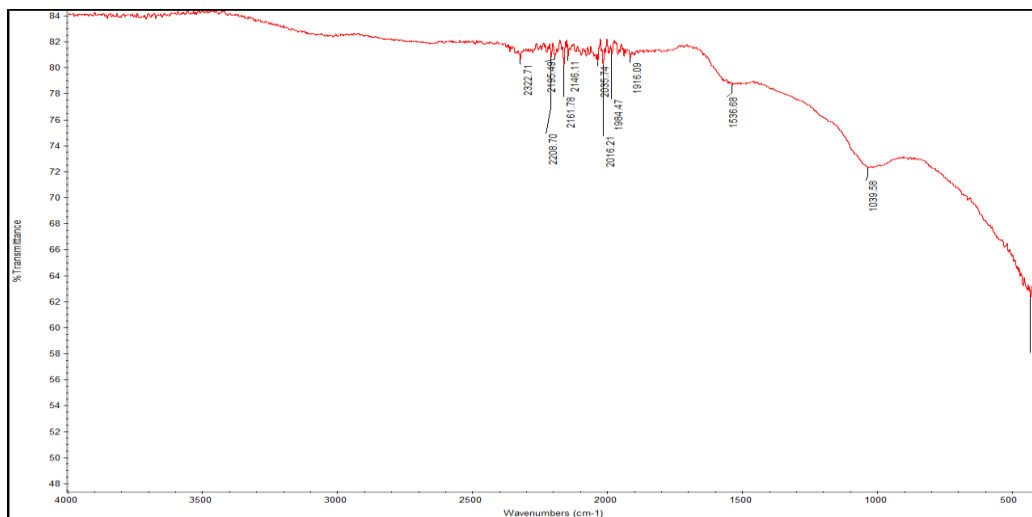
*Surface area* keratin tanpa diaktivasi sebesar 171,378 m<sup>2</sup>/g. Penambahan aktivasi kimia menggunakan KOH 1M dan 3M menyebabkan *surface area* menurun sampai 18,631 m<sup>2</sup>/g dan sedikit meningkat ketika keratin aktivasi KOH 5M. Hal ini disebabkan pada proses aktivasi fisika, pemanasan dilakukan dalam kondisi vakum. Proses aktivasi fisika seharusnya menggunakan gas nitrogen. Interaksi antara permukaan karbon dengan nitrogen dapat menyebabkan luas permukaan karbon semakin besar. Nilai *surface area* yang didapatkan masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan grafit. *Surface area* dari grafit murni sebesar 4,8 m<sup>2</sup>/g, sedangkan *surface area* dari grafit diaktivasi KOH mencapai 4,1 m<sup>2</sup>/g (Cheong dkk, 2015).

### **Pengujian Gugus Fungsi**

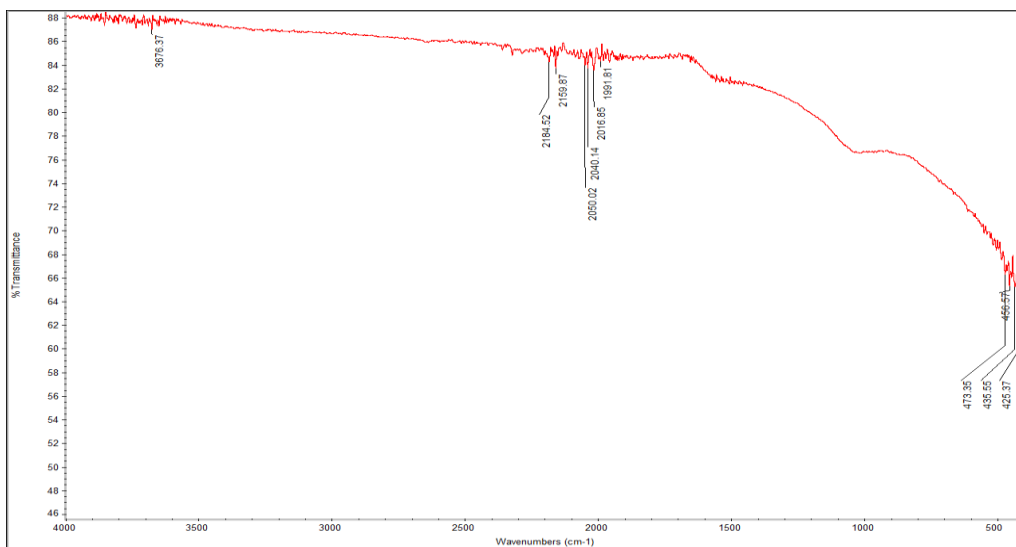
Keratin yang sudah diaktivasi kimia dan fisika, diuji menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk. Hasil spektra FTIR, ditunjukkan pada grafik 4.2



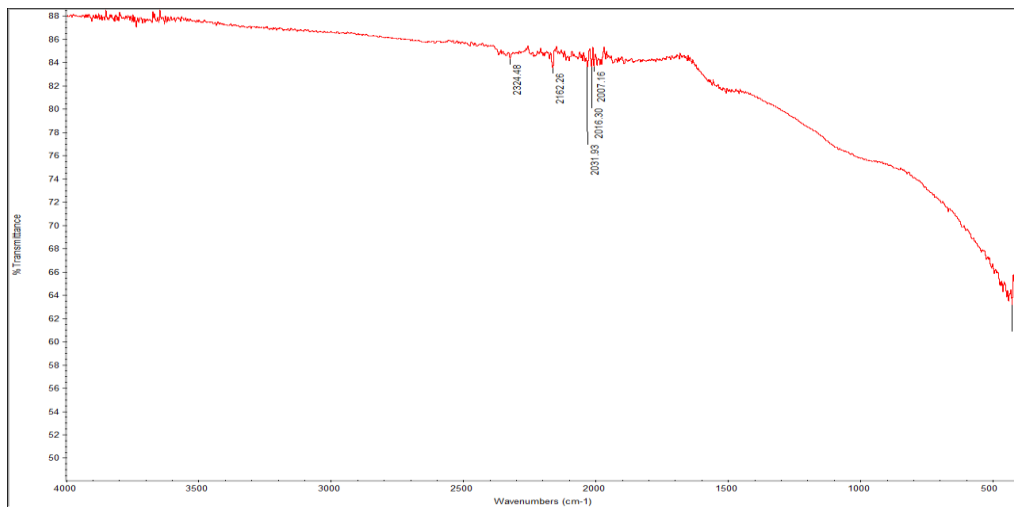
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.2 Spektrum FTIR keratin aktivasi KOH (a) tanpa aktivasi; (b) 1 M; (c) 3 M; (d) 5 M

Dari spektrum FTIR, didapatkan puncak transmitansi pada bilangan gelombang tertentu, yang ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 gugus fungsi pada beberapa bilangan gelombang

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )			
	0 M	1 M	3 M	5 M
O-H			3676.37	
-C-H stretch	2922.13			
C=N stretch	2355.47	2322.71		2324.48
C≡C stretch	2177.75 2112.68	2208.70 2195.49 2161.78 2146.11	2187.52 2159.87	2162.26
C=C=C stretch		1984.47 1916.09	1991.81	
C=O amide	1574.63			

Analisis inframerah dari zat keratin dilakukan pada bilangan gelombang 400-4000 cm<sup>-1</sup>. Dari gambar spektrum tersebut dapat dilihat adanya puncak-puncak yang



menunjukkan gugus fungsi O-H, -C-H, C=N, C≡C, C=C=C dan C=O. Proses aktivasi mempengaruhi puncak absorbansi pada sampel. Pada aktivasi 1 M KOH, terdapat gugus C=N, C≡C. Pada aktivasi 3 M, terdapat gugus O-H, C≡C dan C=C=C. Sedangkan pada aktivasi 5 M, terdapat gugus C=N, C≡C. Proses aktivasi kimia dan fisika menyebabkan beberapa senyawa menghilang. Hal ini sesuai dengan data difraksi sinar X, yang menunjukkan penurunan parameter kisi pada aktivasi KOH 1 dan 5 M.

### **Pembuatan Superkapasitor**

Superkapasitor dibuat dengan mencampur 0,3 gram serbuk PVA dan aquades 3 mL, kemudian diaduk dengan kecepatan 120 rpm selama 15 menit pada temperatur 80 °C. Setelah homogen, larutan PVA ditambah keratin dan diaduk sampai homogen. Pada gel elektrolit, dibuat dua sampel larutan PVA. Salah satu larutan ditambah NaOH sebanyak 0,05ml. Masing-masing sampel diaduk sampai homogen. Pasta yang sudah terbentuk kemudian dilapiskan pada permukaan membran nafion dengan metode *doctor blade*.

Proses pelapisan pasta keratin/PVA tidak terjadi dengan sempurna. Hal ini disebabkan PVA tidak dapat larut dalam aquades, sehingga masih berbentuk butiran. Hasil pelapisan pasta pada membran nafion, ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Hasil pelapisan pasta pada membran

Proses pelapisan yang tidak sempurna, menyebabkan pasta tidak dapat menempel pada membran, sehingga proses pengujian superkapasitor belum bisa dilakukan.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Pengujian Difraksi sinar X menunjukkan derajat kristanilitas paling besar sebesar 31,753 % dengan fasa karbon 96%, terdapat pada keratin aktivasi KOH 1M. Proses aktivasi menyebabkan luas permukaan sampel semakin kecil.
2. Hasil uji FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi O-H, -C-H stretch, C=N stretch, C=C stretch, C=C=C stretch dan C=O amide. Jumlah serapan pada bilangan gelombang tertentu, berkurang karena terjadi intekasi antara sampel dengan activating agent KOH.

#### **5.2 Saran**

Pada penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan aktivasi fisika dengan suhu lebih dari 700 °C menggunakan gas N<sub>2</sub> untuk meningkatkan luas permukaan sampel. Matriks PVA diganti dengan polimer PVDF yang memiliki konduktivitas lebih baik dan diharapkan dapat terdeposisi pada membran dengan sempurna.

## DAFTAR PUSTAKA

- An, et al. 2001. *Supercapacitors Using Single Walled Carbon Nanotube Electrodes*. Adv, Matter. Vol 13:7.
- Andrieu. 2000. *Energy Storage System Electron*. New Trend Electrochem. Technology
- Ariyanto, dkk. 2012. *Pengaruh Struktur Pori Terhadap Kapasitansi Elektroda Superkapasitor yang Dibuak dari Karbon Nanopori*. Reaktor, Vol 14:1.
- Azizah and Hastuti, E. 2014. *Characterization of Crystal Structure of Hydrogen Storage Keratin-Mg Using Rietveld Analysis*. Proceeding International Conference, The 5th Green Technology Faculty of Science and Technology. Islamic of University State Maulana Malik Ibrahim Malang
- Barmawi, dkk. 2011. *Efek Penumbuhan Nanopartikel Platinum pada Elektroda Karbon Terhadap Prestasi Superkapasitor*. Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia.
- Chen. T & Dai. L. (2013). Carbon nanomaterials for highperformance supercapacitors. *Materials Today*. Volume 16, Numbers 7/8
- Chimola, John. (2009). Pore-size ion-size correlations for carbon supercapacitors. *Thesis*. Drexel University
- Farida, A and Hastuti, E. 2013. *Characterization and Analysis of Crystal Structure Mixed Keratin-Magnesium Composite with Rietveld Method*. Proceeding International Conference, The 4th Green Technology Faculty of Science and Technology. Islamic of University State Maulana Malik Ibrahim Malang
- Frackowiak and Beguin. 2001. Carbon 39. 937
- Frackowiak, et al. 2002. Chem. Phys. Letter. 361
- Gaman and Sherrington. 1992. *Pengantar Ilmu Pangan, Nutrisi dan Mikrobiologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Gedam, S.K., et al. (2013). Development of Solid Proton Conductors Based On Doped Polyvinyl alcohol. India : Department of Physics RTM Nagpur University

- Girindra. 1986. *Biokimia I*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hastuti, E. dan Hananto, F. 2014. *Pemanfaatan Keratin dari Limbah Bulu Angsa sebagai Superkapasitor*. Laporan Penelitian. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
- Hastuti, E., Kartika, N., Azizah. 2014. *Pengaruh Tekanan Pengepresan dan Temperatur Pada Hidrogen Storage Keratin dan Mg*. Simposium Fisika Nasional (SFN XXVII). Denpasar. Bali
- Hananta, S. Dan Hastuti, E. 2016. *Pengujian Sifat Listrik Superkapasitor dari Keratin-PVA dengan Penambahan Larutan Elektrolit*. Skripsi. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
- Hastuti, E and Rizkia, M. 2016. *Electrical Properties of Polymer Electrolytes Membrane and Keratin-PVA as Electrode for Supercapacitors*. *Pertanika Journal Sains and Technology*. Reviewed Process
- Hill, Mc. 1982. *Encyclopedia of Science and Technology*. 5<sup>th</sup> Edision. Vol 5:394:12:842.
- Kim, et al. 2010. *High Performance Supercapacitors Based on Poly(ionic liquid) Modified Graphene Electrodes*. American Chemical Society.
- Kotz and Carlen. 2000. *Electrochim. Acta* 45
- Kumar V. & Bhardwaj. N. (2013). Introduction to Supercapacitors and Supercapacitor Assisted Engine Starting System. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 4, Issue 8
- Lehninger, A. L. 1995. *Dasar-Dasar Biokimia Ed. Ke-5*. Jakarta: Erlangga.
- Li, et al. 2012. *Quantitative and Qualitative Analyses of Oxygen-containing Surface Functional Groups on Activated Carbon*. *Chemical Journal of Chinese Universities*, Vol. 33
- Li, et al. 2015. Rational design of nanomaterials for Water Treatment. *Nanoscale*. 7, 17167
- Pandolfo, Hollenkamp. 2006. *Carbon Properties and their Role in Supercapacitors*. *Journal of Power Sources* 157:11-27.
- Rosi, dkk. 2012. *Superkapasitor Menggunakan Polimer Hidrogel Elektrolit dan Elektroda Nanopori Karbon*. Prosiding Seminar Nasional Material. ITB.

- Senoz and P. Wool. 2011. *Hydrogen Storage on Pyrolyzed Chicken Feather Fiber*.  
Chemical Engineering Department, University of Delaware.
- Williams, C.M., dkk. *Evaluation of a Bacterial Feather Fermentation Product, Feather Fermentation Product, Feather-Lysate, as a Feed Protein*. *Poultry Sci.* 70:85-94
- Yin. 2010. *An Experimental Study on PEO Polymer Electrolyte Based All Solid State Supercapacitor*. Open Access Dissertations. University of Miami
- Yoo, J.J., et al. (2011). Ultrathin Planar Graphene Supercapacitors. *Nano Lett.* 11, 1423-1427
- Yuan, et al. 2011. *Felexible Solid State Supercapacitors Based on Carbon Nanoparticles/MnO<sub>2</sub> Nanorods Hybrid Structure*. American Chemical Society.