

**PENGARUH KONSENTRASI KOH TERHADAP KARAKTERISTIK  
KARBON BULU AYAM/PVdF SEBAGAI ELEKTRODA PERANGKAT  
PENYIMPAN ENERGI**

**SKIRPSI**

Oleh:  
**WAHYU DWI LESTARI**  
NIM. 15640078



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2020**

**PENGARUH KONSENTRASI KOH TERHADAP KARAKTERISTIK  
KARBON BULU AYAM/PVdF SEBAGAI ELEKTRODA PERANGKAT  
PENYIMPAN ENERGI**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada:**

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

**Oleh:**

**WAHYU DWI LESTARI  
NIM. 15640078**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2020**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENGARUH KONSENTRASI KOH TERHADAP KARAKTERISTIK  
KARBON BULU AYAM/PVdF SEBAGAI ELEKTRODA PERANGKAT  
PENYIMPAN ENERGI**

SKRIPSI

Oleh:  
Wahyu Dwi Lestari  
NIM. 15640078

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji  
Pada tanggal: 21 April 2020

Menyetujui

Pembimbing I



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

Pembimbing II



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

Mengetahui,  
Ketua Jurusan



Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

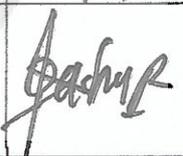
## HALAMAN PENGESAHAN

### PENGARUH KONSENTRASI KOH TERHADAP KARAKTERISTIK KARBON BULU AYAM/PVdF SEBAGAI ELEKTRODA PERANGKAT PENYIMPAN ENERGI

SKRIPSI

Oleh:  
Wahyu Dwi Lestari  
NIM. 15640078

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Pada tanggal 11 Mei 2020

Penguji Utama :	<u>Farid Samsu Hananto, S. Si., MT.</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Ketua Penguji :	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Sekretaris Penguji:	<u>Erna Hastuti, M. Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Anggota Penguji :	<u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504199003 1 003

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Wahyu Dwi Lestari

NIM : 15640078

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Pengaruh Konsentrasi KOH Terhadap Karakteristik Karbon  
Bulu Ayam/PVdF Sebagai Elektroda Perangkat Penyimpan  
Energi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar- benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber kutipan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 7 April 2020

Yang Membuat Pernyataan,



Wahyu Dwi Lestari

NIM. 15640078

## MOTTO

**“ Sesungguhnya Bersama Kesulitan itu Ada Kemudahan”**  
(Qs. Al-Insyirah 94:6)



## HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT  
Sholawat serta salam kami tujukan kepada Nabi Muhammad SAW  
Karya tulis ini saya persembahkan kepada orang tua saya

### **“Khafidz Sholeh dan Musaidah”**

Terima kasih atas doa, restu, dan dukungannya  
Kakak, Adik, keluarga, dan segenap keluarga UIN Malang



## KATA PENGANTAR

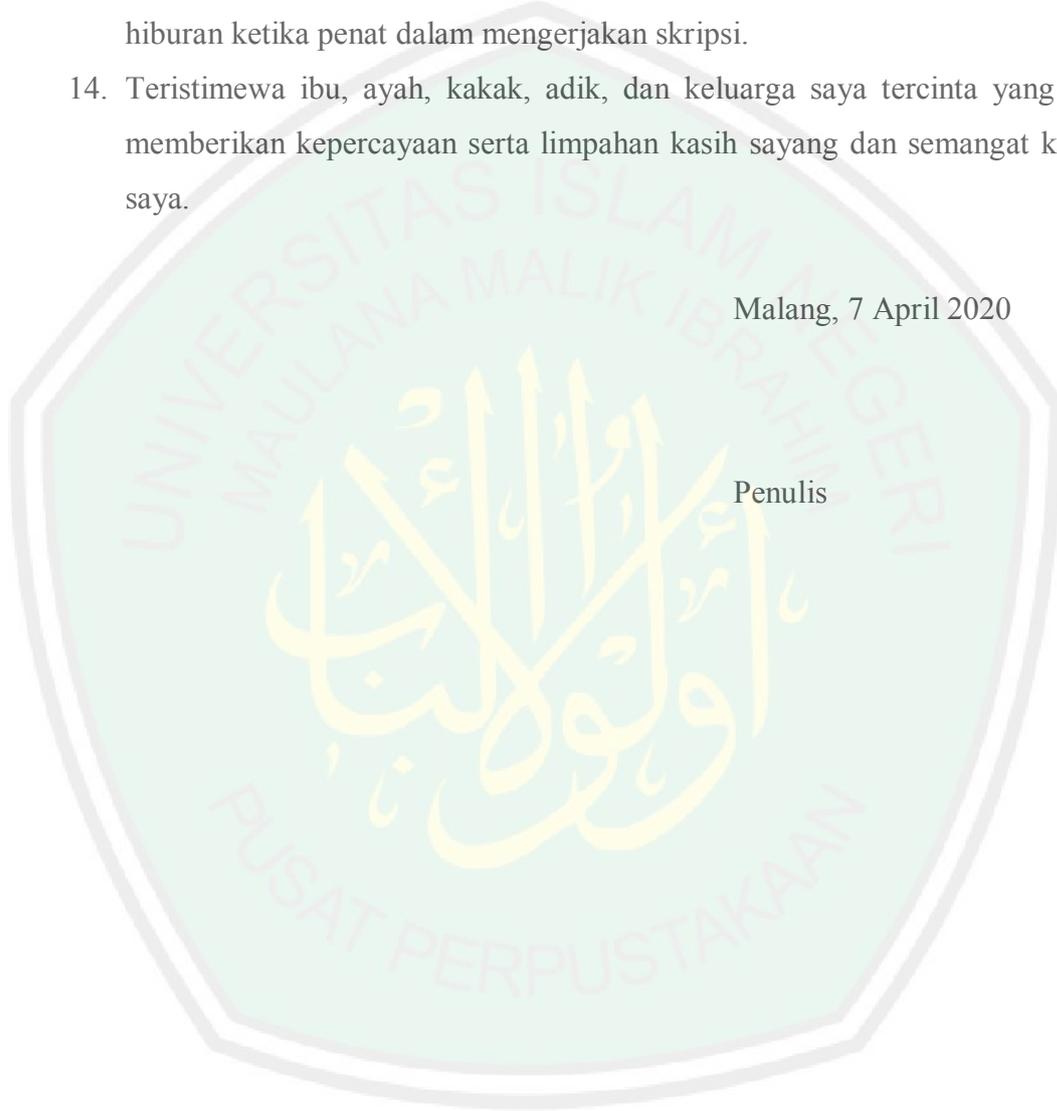
Segala Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat serta nikmatnya berupa kesehatan, kekuatan, akal, pikiran, serta ilmu, sehingga kami dapat menyelesaikan Seminar Proposal dan penyusunan Proposal ini dengan baik. Laporan yang saya disusun mungkin masih banyak kekurangan bahkan kesalahan yang terdapat pada proposal ini, mulai dari segi kandungan, isi, maupun penulisannya. Kami juga menerima kritik dan saran yang sifatnya membangun serta mendidik dalam penyusunan laporan ini sehingga dapat menjadi sebuah proposal yang baik dan dapat digunakan sebagai mana mestinya serta dapat digunakan pada masa yang akan datang. Selanjutnya kami ucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Erna Hastuti, M.Si selaku pembimbing 1 Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Ahmad Abtokhi, M.Pd selaku pembimbing 2 Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
6. Farid Samsu Hananto, M.Si selaku penguji 1 Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
7. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku penguji 2 Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
8. Teman-teman fisika 2015 yang saya banggakan dan telah membantu dalam pembuatan skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
9. Teman-teman fisika material yang selalu memberikan bantuan dan memberi semangat dalam mengerjakan skripsi.
10. Keluarga Besar Ma'had Sunan Ampel Al-'Aly yang memberikan pembelajaran penting dalam segala aspek kehidupan.

11. Ummah Ismatud Diniyah selaku pengasuh BTQ yang senantiasa membantu saya dalam menghafal Al-Qur'an dan memberikan motivasi agar tetap menjaga Al-Qur'an dalam keadaan apapun.
12. Teman-teman Bait Tahfidzul Qur'an (BTQ) yang sabar mendengarkan keluhan kesah dalam pengerjaan skripsi.
13. Teman-teman *mobile legend* yang selalu menemani saya dan memberikan hiburan ketika penat dalam mengerjakan skripsi.
14. Teristimewa ibu, ayah, kakak, adik, dan keluarga saya tercinta yang telah memberikan kepercayaan serta limpahan kasih sayang dan semangat kepada saya.

Malang, 7 April 2020

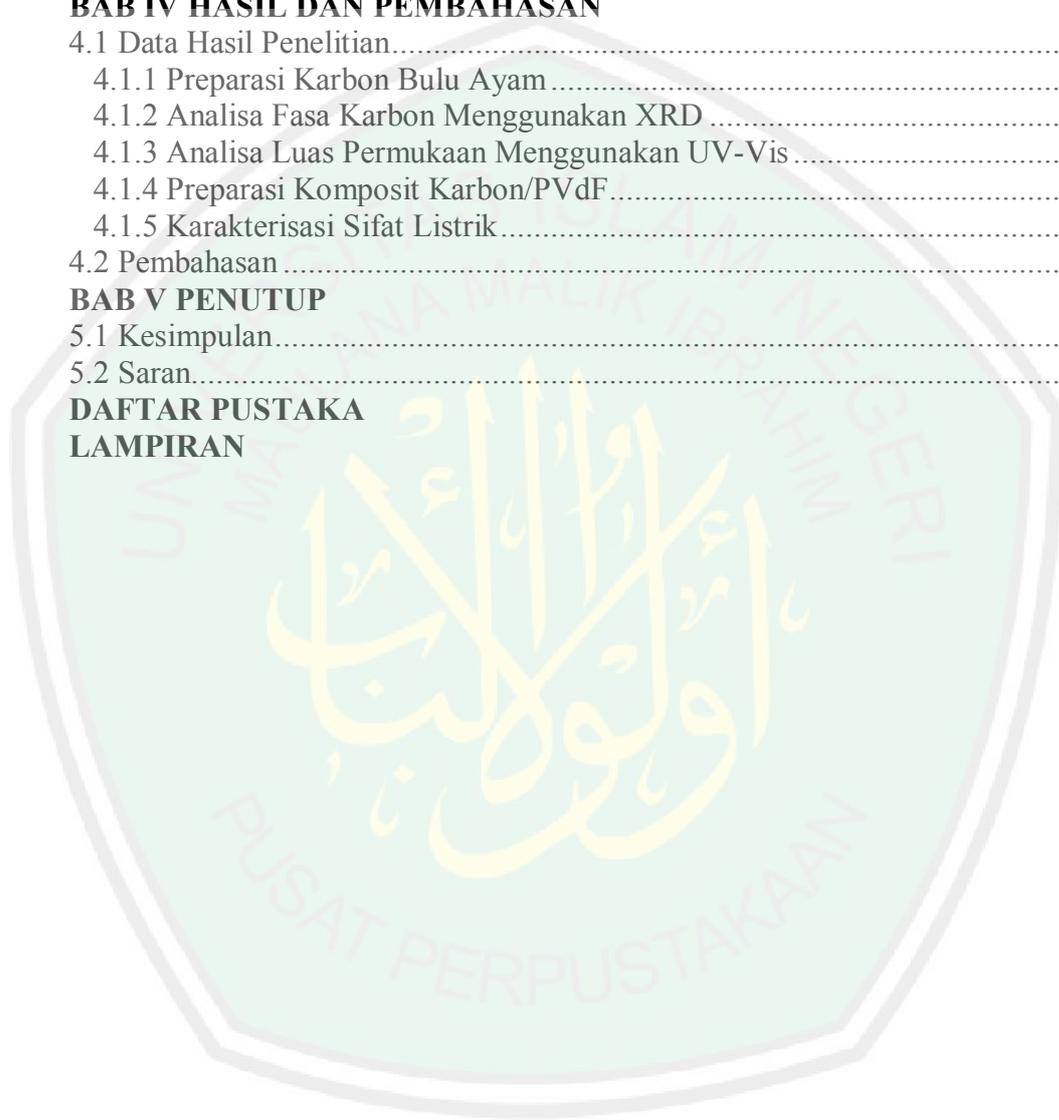
Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	ii
<b>HALAMAN PENGAJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	v
<b>MOTTO</b> .....	vi
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>ABSTRAK</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Manfaat Penelitian .....	6
1.5 Batasan Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Dielektrik .....	7
2.2 Perangkat Penyimpan Energi .....	8
2.3 Karbon Aktif .....	10
2.3.1 Struktur Karbon Aktif .....	10
2.3.2 Pembuatan Karbon Aktif .....	13
2.4 Keratin .....	17
2.5 KOH .....	18
2.6 XRD .....	19
2.7 Analisis Menggunakan UV-Vis .....	21
2.8 Analisis Impedansi .....	25
2.9 Penelitian Terdahulu .....	28
2.10 Kajian Integrasi Islam .....	29
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	32
3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian .....	32
3.2.1 Peralatan Penelitian .....	32
3.2.2 Bahan Penelitian .....	33
3.3 Prosedur Penelitian .....	33
3.3.1 Karbonasi dan Aktivasi Karbon Bulu Ayam Menggunakan KOH dengan Variasi Konsentrasi .....	34
3.3.2 Karakterisasi Material .....	35
3.3.3 Pembuatan Komposit Karbon/PVdF .....	35
3.3.4 Karakterisasi Dengan Menggunakan RCL Meter .....	36
3.3.4 Analisis Luas Permukaan Dengan Metode Adsorpsi <i>Methylene         Blue</i> .....	36

3.4 Diagram Alur Penelitian.....	39
3.4.1 Diagram Alur Pembuatan Karbon .....	39
3.4.2 Diagram Alur Aktivasi Karbon.....	40
3.4.3 Diagram Alur Pembuatan Komposit Karbon/PVdF .....	41
3.5 Pengambilan Data .....	42
3.5.1 Penentuan Luas Permukaan Menggunakan UV-Vis.....	42
3.5.2 Karakteristik Menggunakan XRD .....	42
3.5.3 Pengujian Sifat Listrik Menggunakan RCL Meter .....	43
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Data Hasil Penelitian.....	45
4.1.1 Preparasi Karbon Bulu Ayam .....	45
4.1.2 Analisa Fasa Karbon Menggunakan XRD .....	46
4.1.3 Analisa Luas Permukaan Menggunakan UV-Vis .....	50
4.1.4 Preparasi Komposit Karbon/PVdF.....	51
4.1.5 Karakterisasi Sifat Listrik .....	52
4.2 Pembahasan .....	56
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan.....	62
5.2 Saran.....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jenis Polarisasi Berdasarkan Nilai Permittivitas Material .....	8
Gambar 2.2	Spesifikasi Energi dan Daya Kapasitor, Superkapasitor, Baterai dan Sel Bahan Bakar.....	9
Gambar 2.3	Struktur Fisika Karbon Aktif .....	12
Gambar 2.4	Struktur Kimia Karbon Aktif.....	13
Gambar 2.5	Kadar Residu pada Sampel Dipanaskan pada Suhu 400°C(a), 420°C(b) dan 450°C(c) .....	15
Gambar 2.6	Mekanisme Pembentukan Karbon Aktif Melalui Aktivasi Kimia dan Aktivasi Fisika.....	16
Gambar 2.7	Struktur Kimia Keratin .....	17
Gambar 2.8	Skema Keratin $\alpha$ -helix .....	18
Gambar 2.9	Difraksi Sinar X.....	20
Gambar 2.10	Plot Impedansi Kompleks Proses Faradaik pada Frekuensi Rendah Mempresentasikan Impedansi Warburg.....	26
Gambar 3.1	Diagram Alur Karbonisasi Bulu Ayam .....	39
Gambar 3.2	Diagram Alur Aktivasi Karbon .....	40
Gambar 3.3	Diagram Alur Pembuatan Komposit Karbon/PVdF.....	41
Gambar 4.1	Pirolisis Bulu Ayam, (a) Diagram Perlakuan Suhu dan (b) Hasil Pirolisis .....	46
Gambar 4.2	(a) Difraktogram Sampel Karbon Aktif Hasil Penelitian dan (b) Referensi .....	47
Gambar 4.3	Struktur Kristal Karbon Aktif .....	49
Gambar 4.4	Plot Konduktivitas terhadap Frekuensi.....	53
Gambar 4.5	Nyquist Plot Komposit Karbon/PVdF .....	54
Gambar 4.6	Plot Kapasitansi Area terhadap Konsentrasi KOH pada Berbagai Frekuensi .....	55
Gambar 4.7	Plot Permittivitas Seluruh Sampel terhadap Frekuensi (a) Riil, (b) Imajiner.....	56
Gambar 4.8	Interaksi Karbon dengan KOH.....	57
Gambar 4.9	Polarisasi <i>Space-Charge</i> .....	59

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Data Pengujian UV-Vis.....	42
Tabel 3.2	Ukuran Kristal Karbon Aktif.....	43
Tabel 3.3	Data Hasil Uji RCL Meter.....	43
Tabel 3.4	Data Hasil Perhitungan Uji RCL Meter .....	44
Tabel 4.1	Nilai FWHM dan Posisi Puncak Karbon .....	48
Tabel 4.2	Hasil Perhitungan Struktur Kristal Sampel Karbon Aktif dengan Variasi Konsentrasi KOH.....	49
Tabel 4.3	Hasil Luas Permukaan Karbon dengan Variasi Konsentrasi KOH.....	51



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Perhitungan Bahan
- Lampiran 2 Data dan Perhitungan Hasil XRD
- Lampiran 3 Hasil Uji UV-Vis
- Lampiran 4 Perhitungan Luas Permukaan Menggunakan Metode Adsorpsi *Methylene Blue*
- Lampiran 5 Data dan Perhitungan Hasil Uji RCL Meter
- Lampiran 6 Gambar Penelitian



## ABSTRAK

Lestari, Wahyu Dwi. **Pengaruh Konsentrasi KOH Terhadap Karakteristik Karbon Bulu Ayam/PVdF Sebagai Elektroda Perangkat Penyimpan Energi.** Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pembimbing: (I) Erna Hastuti, M.Si. (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd.

---

**Kata kunci:** Karbon Bulu Ayam, Aktivasi KOH, XRD, UV-Vis, RCL Meter

Teknologi berbasis *device portable* mengharuskan tersedianya perangkat penyimpanan energi yang memadai. Salah satu bagian dari perangkat penyimpan energi adalah elektroda. Karbon bulu ayam merupakan salah satu material yang dapat digunakan sebagai elektroda perangkat penyimpan energi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisis karbon bulu ayam dengan variasi konsentrasi KOH serta sifat listrik komposit karbon bulu ayam/PVdF. Bulu ayam dipirolisis 2 kali yakni pada suhu 215 °C selama 15 jam dan pada suhu 450 °C selama 1 jam. Karbon bulu ayam diaktivasi menggunakan KOH dengan variasi konsentrasi 1, 3, dan 5M dan dipanaskan pada suhu 850 °C dengan dialiri gas N<sub>2</sub>. Hasil karakterisasi mikrostruktur menggunakan XRD menunjukkan bahwa karbon membentuk struktur *graphene* dan ukuran kristalitnya meningkat setelah diaktivasi. Hasil analisis luas permukaan menunjukkan karbon bulu ayam dengan aktivasi KOH 5M memiliki nilai terbesar yaitu 21,54 m<sup>2</sup>/g. Karbon bulu ayam dibuat lembaran dengan PVdF sebagai perekat dan dilapisi perak cair kemudian dikarakterisasi menggunakan RCL meter. Hasil pengujian sifat listrik menunjukkan konduktivitas seluruh sampel berkisar antara 0,0028 (S/m) sampai 0,0925 (S/m), dengan karbon aktivasi KOH 5M memiliki nilai konduktivitas dan kapasitansi area terbaik (9,87 x 10<sup>-4</sup> F/m<sup>2</sup>). Plot nyquist menunjukkan hambatan transfer muatan berkurang dengan penambahan konsentrasi KOH.

## ABSTRACT

Lestari, Wahyu Dwi. **Effect of KOH Concentration on Characteristics of Chicken Feathers Carbon/PVdF as Electrode for Energy Storage Devices**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pembimbing: (I) Erna Hastuti, M.Si. (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd.

---

**Kata kunci:** *Chicken Feather Carbon, KOH Activation, XRD, UV-Vis, RCL Meter*

Portable device-based technology requires the availability of adequate energy storage devices. One part of the energy storage device is the electrode. Chicken feather carbon is one material that can be used as an electrode for energy storage devices. This study aims to determine the physical properties of carbon chicken feathers with variations in the concentration of KOH and the electrical properties of carbon composite chicken feathers/PVdF. Chicken feathers were pyrolyzed 2 times at 215 °C for 15 hours and at 450 °C for 1 hour. Chicken feather carbon is activated using KOH with variations in concentrations of 1, 3 and 5M then heated at 850 °C with N<sub>2</sub> gas. The results of microstructural characterization using XRD showed that carbon formed graphene structure and the size of the crystallites increased after activation. The result of surface area analysis shows that chicken feather carbon with 5M KOH activation has the largest value of 21,54 m<sup>2</sup>/g. Chicken feather carbon made sheets with PVdF as an adhesive and coated with liquid silver and then characterized using RCL meters. Electrical properties test results showed that the conductivity of all samples ranged from 0,0028 (S/m) to 0,0925 (S/m), with 5M KOH activation carbon having the best area conductivity and capacitance values (9,87 x 10<sup>-4</sup> F/m<sup>2</sup>). The nyquist plot shows the load transfer resistance decreases with the addition of KOH concentration.

## ملخص

لستاري ، وحيو دوي. تأثير تركيز KOH على خصائص ريش الدجاج كربون كقطب كهربائي لأجهزة تخزين الطاقة. أطروحة ، قسم الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، الجامعة الإسلامية الحكومية في مولانا مالك إبراهيم ، مالانج ، مستشار: (الأول) إرنا هستوتي، الماجستير ، (الثاني) أحمد أبطخي، الماجستير.

كلمات البحث: ريش الدجاج كربون، تنشيط KOH، XRD ، UV-Vis، RCL Meter

وتتطلب التكنولوجيا المحمولة القائمة على الأجهزة توافر أجهزة كافية لتخزين الطاقة. جزء واحد من جهاز تخزين الطاقة هو القطب. كربون ريشة الدجاج هو أحد المواد التي يمكن استخدامها كقطب كهربائي لأجهزة تخزين الطاقة. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد الخصائص الفيزيائية لريش الدجاج الكربوني مع اختلافات في تركيز KOH. والخصائص الكهربائية لريش الدجاج المركب الكربوني PVdF/. تم حرق ريش الدجاج مرتين في 215 درجة مئوية لمدة 15 ساعة وعند 450 درجة مئوية لمدة ساعة واحدة. يتم تنشيط الكربون ريشة الدجاج باستخدام KOH مع اختلافات في تراكيزات 1,3,5M تركيزات ثم تسخينها في درجة مئوية 850 مع غاز  $N_2$ . أظهرت وأظهرت نتائج التوصيف الهيكلي المجهرية باستخدام KOH أن بنية الجرافين الكربونية التي تشكلت وحجم البلورات زادت بعد التنشيط. نتيجة تحليل المساحة السطحية يظهر أن الكربون ريشة الدجاج مع KOH 5M التنشيط له أكبر قيمة  $21,54 \text{ m}^2/\text{g}$ . الدجاج ريشة الكربون ورقة مصنوعة مع PVdF كلاصقة والمغلقة مع الفضة السائلة ومن ثم تتميز باستخدام RCL meter. أظهرت نتائج إختبار الخواص الكهربائية أن موصلية جميع العينات تراوحت من 0,0028 إلى  $0,0925 \text{ (S/m)}$ ، مع وجود KOH 5M تنشيط الكربون مع أفضل الموصلية المنطقة وقيم الكوابة  $(9,87 \times 10^{-4} \text{ F/m}^2)$ . تظهر مؤامرة nyquist انخفاض مقاومة نقل الحمل مع إضافة تركيز KOH.

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia terhadap energi listrik dalam kehidupan sehari-hari semakin bertambah seiring perkembangan teknologi. Teknologi berbasis *device portable* merupakan hasil teknologi yang banyak digunakan saat ini. Penggunaan *device portable* mengharuskan tersedianya penyimpanan energi yang memadai. Salah satu bagian dari perangkat penyimpan energi adalah elektroda yang terdiri dari katoda dan anoda.

Material yang sering digunakan sebagai elektroda selain logam adalah karbon. Karbon merupakan senyawa yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan anoda baterai karena kinerjanya bagus, ramah lingkungan dan murah (Liu, 2016). Penggunaan karbon sebagai elektroda superkapasitor memiliki beberapa keuntungan, yaitu memiliki konduktivitas listrik tinggi, stabilitas termal yang baik, tahan terhadap korosi, memiliki luas permukaan yang relatif tinggi, murah, dan mudah dibuat komposit dengan material lain (Zhang, 2009). Selain itu karbon juga dapat dihasilkan dari limbah biomassa sehingga dapat membantu mengurangi limbah di alam.

Biomassa adalah material biologis yang berasal dari suatu kehidupan, atau organisme yang masih hidup yang berstruktur karbon dan campuran kimiawi bahan organik yang mengandung hidrogen, nitrogen, oksigen, dan sejumlah kecil dari atom - atom dan elemen lainnya. Bahan biomassa merupakan bahan alternatif pengganti energi yang berasal dari limbah biologis seperti tumbuhan, hewan, dan manusia. Biomassa dapat dimanfaatkan sebagai biofuel, biogas, bioetanol, dan

biodiesel (Yokoyama, 2008). Pemanfaatan biomasa dapat mengurangi limbah dan memperbaiki lingkungan.

Qs. Shaad 38:27 menjelaskan bahwa Allah menciptakan segala sesuatu di bumi tanpa ada yang sia-sia :

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَطْلًا ذَلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ ٢٧

*“Dan kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada diantara keduanya dengan sia-sia. Itu anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang kafir itu karena mereka akan masuk neraka”*(Qs. As Shaad (38):27).

Kata (بَطْلًا) dalam ayat ini memberikan penjelasan bahwa Allah menciptakan langit, bumi, dan segala sesuatu yang ada diantara keduanya tidak sia-sia. Al-jazairi (2009) menyatakan Allah membantah sangkaan kaum musyrikin, yaitu penciptaan alam semesta tidak ada hikmahnya. Hikmah penciptaan alam semesta ini adalah supaya manusia beribadah kepada Allah dengan cara mengingat-Nya dan bersyukur pada-Nya sebagai realisasi dari iman dan taqwa. Inilah sangkaan orang-orang kafir Mekah, kemudian Allah mengancam mereka karena kekafiran dan sangkaan mereka yang batil. Allah memasukkan mereka pada lembah jahanam yang jurangnya sangat dalam dan bau.

Data Direktorat Jendral Peternakan tahun 2006 menunjukkan bahwa produksi bulu ayam dari ayam jenis boiler berjumlah 72.775 ton pada tahun 2005 (Puastuti, 2007). Limbah bulu ayam ini termasuk salah satu limbah yang tidak dapat terurai secara alami dan perlu pengelolaan yang baik agar tidak menyebabkan pencemaran lingkungan dan gangguan penyakit bagi masyarakat sekitar. Limbah bulu ayam memiliki kandungan keratin sebesar 80-90% (Sari, 2015). Keratin kaya akan residu sistin yang dapat memberikan jembatan disulfida

diantara rantai polipeptida yang berdekatan (Lehninger, 1995). Keratin diharapkan dapat mengikat ion-ion bebas dan menjadikan perangkat penyimpan energi memiliki nilai kapasitansi yang lebih baik. Selain dari bulu ayam, keratin juga dapat diperoleh dari tanduk kerbau, kulit kambing, kulit kerbau, tanduk kerbau, wol, kuku binatang, bulu unggas, sisik, dan jaringan penguat lainnya. Binatang ternak dapat kita manfaatkan untuk diambil zat keratinnya. Q.S An Nahl, 16:5 yang menjelaskan bahwa, Allah SWT menciptakan berbagai hewan ternak untuk diambil manfaatnya:

وَاللَّائِمُ خَلَقَهَا لَكُمْ فِيهَا دِفْءٌ وَمَنْفَعٌ وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ ۝

*“Dan Dia telah menciptakan binatang ternak untuk kamu; padanya ada (bulu) yang menghangatkan dan berbagai-bagai manfaat, dan sebahagiannya kamu makan”*(QS. An Nahl (16): 5).

Ayat di atas menjelaskan tentang manfaat-manfaat binatang ternak. Allah menjelaskan melalui kalimat (لَكُمْ فِيهَا دِفْءٌ وَمَنْفَعٌ) menjelaskan bahwa pada binatang ternak terdapat bulu yang dapat menghangatkan dan memiliki manfaat-manfaat yang lain. Kandungan keratin dalam bulu ayam yang dapat digunakan sebagai karbon merupakan salah satu contoh dari manfaat lain pada binatang ternak. Faqih (2005) menyatakan bahwa binatang ternak dapat dimanfaatkan dalam banyak hal oleh manusia, daging dan susunya dapat dijadikan makanan dan minuman, kulit dan bulunya dapat dijadikan sepatu dan pakaian, dan kotorannya dapat dijadikan pupuk.

Karbon bulu ayam dapat digunakan sebagai elektroda pada perangkat penyimpan energi. Senoz (2011) menyatakan bahwa karbon bulu ayam dapat digunakan sebagai *hydrogen storage*. Karbon diaktivasi menggunakan metode

pirolisis, yakni pemanasan dengan dialiri gas  $N_2$  yang dilakukan dengan dua tahap. Tahap pertama pemanasan pada suhu  $215\text{ }^\circ\text{C}$  selama 15 jam dan tahap kedua pemanasan dengan variasi suhu  $350, 400, 420, 450,$  dan  $500\text{ }^\circ\text{C}$  selama 0,5-2 jam. Kapasitas penyimpanan  $H_2$  terbesar adalah 1.5 wt% dengan perkiraan energi penyerapan sebesar 5-6 kJ/mol. Gugus fungsi yang dihasilkan yaitu, N-H, C-H,  $-CH_2-S$ ,  $C \equiv N$ , C-O, dan  $CH_2$ . Hasil ini sesuai dengan struktur keratin, yaitu terdiri dari gugus N-H, CH-R, C-O,  $CH_2-S$ , dan  $CH_2$ . Struktur keratin memiliki atom karbon (C) yang mengikat empat atom lainnya, salah satunya yaitu atom  $R=$ , dimana atom R ini akan digantikan oleh atom hidrogen (Haurowitz, 1984).

Karbon yang digunakan sebagai elektroda perangkat penyimpan energi adalah karbon aktif yang memiliki luas permukaan relatif tinggi sehingga dapat menyimpan muatan lebih efektif (Zhang, 2009). Untuk meningkatkan luas permukaan karbon, diperlukan proses aktivasi. Aktivasi dapat membuka pori-pori yang tertutup, sehingga memperbesar daya serap dan menghilangkan pengotor pada karbon. Proses aktivasi karbon dilakukan dengan dua metode yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia (Rahayu dan Adhitiyawarman, 2014). Aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas pada suhu tinggi (Hartanto dan Ratnawati, 2010). Aktivasi kimia merupakan aktivasi dengan pemakaian bahan kimia yang dinamakan aktivator. Dalam hal ini aktivator yang digunakan adalah KOH, karena KOH merupakan basa kuat yang dapat bereaksi dengan karbon sehingga dapat menghilangkan zat pengotor dalam karbon dan dapat membuat karbon menjadi lebih berpori.

Agustin (2017) mengungkapkan bahwa keratin bisa digunakan sebagai bahan anoda baterai ion lithium. Karbon bulu unggas diaktivasi secara kimia

menggunakan variasi KOH 1M, 3M, dan 5M. Kapasitas tertinggi yang diperoleh yaitu 445,87 (mAh/g) pada keratin dengan aktivasi 5M, kapasitas keratin yang diperoleh melebihi kapasitas grafit (372 mAh/g) dan titanat (160 mAh/g) (Grinzner, 1993). Wang (2013) melaporkan penelitian mengenai karbon bulu ayam yang diaktivasi secara kimia, menunjukkan bahwa komposisi CFC/KOH dengan perbandingan 4:1 memiliki hasil terbaik dengan luas permukaan  $1839 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ , kapasitansi spesifik  $302 \text{ F g}^{-1}$ .

Hambatan dalam (*internal resistance*) pada anoda dapat mempengaruhi kecepatan proses *charging* dan *discharging* (Liu, 2016). Hambatan dalam terjadi karena ketidakteraturan kristal dalam bahan dan tidak adanya elektron bebas. Struktur kristal yang amorf menyebabkan atom susah berpidah atau mengisi ruang yang kosong karena *band gap* yang terlalu jauh. Senyawa *amorf* dapat menjadi struktur semikristal jika dipanaskan pada suhu tertentu. Polimer dengan struktur semikristal hambatan dalamnya akan berkurang dan dapat digunakan sebagai polimer konduktif (Calister, 2014). Peningkatan suhu aktivasi fisika karbon juga dapat meningkatkan ukuran pori karbon sehingga kapasitas ion yang diserap oleh karbon semakin banyak (Manocha, 2003). Penelitian ini merupakan penelitian mengenai elektroda berbahan dasar karbon bulu ayam yang dilakukan dengan variasi konsentrasi KOH. Penggunaan variasi konsentrasi KOH ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan sifat fisis karbon bulu ayam dan sifat listrik komposit Karbon bulu ayam/PVdF.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi KOH terhadap sifat fisis karbon bulu ayam?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi KOH terhadap sifat listrik (kapasitansi dan konduktivitas) komposit karbon bulu ayam-PVdF?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi KOH terhadap sifat fisis karbon bulu ayam.
2. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi KOH terhadap sifat listrik (kapasitansi dan konduktivitas) komposit karbon bulu ayam-PVdF.

## 1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan pengetahuan tentang karbon bulu ayam sebagai elektroda perangkat penyimpan energi.
2. Memanfaatkan limbah bulu ayam menjadi bahan yang bernilai ekonomi tinggi.

## 1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini menggunakan bulu ayam asli yang dipirolisis 2 kali yakni pada suhu  $215^{\circ}\text{C}$  selama 15 jam dan pada suhu  $450^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam, kemudian dilakukan aktivasi kimia menggunakan KOH dengan konsentrasi 1M, 3M dan 5 M lalu dilakukan aktivasi fisika dengan suhu  $850^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam.

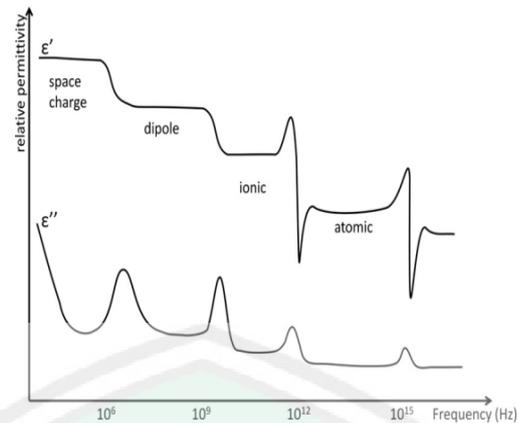
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Dielektrik

Dielektrik merupakan bahan yang tidak memiliki elektron bebas atau semua partikel bermuatan terikat kuat pada molekul penyusunnya. Sedangkan dielektrisitas adalah tingkatan suatu bahan dielektrik apabila terpolarisasi oleh medan listrik. Dielektrisitas suatu bahan dapat meningkat apabila jarak antar atomnya semakin kecil dan volume kristal menjadi lebih kecil sehingga ikatan yang terbentuk semakin kuat dan elektron tidak mudah lepas dari inti. Permittivitas relatif suatu bahan dielektrik (K) merupakan kemampuan suatu material untuk menyimpan muatan (Vlanck, 2004) :

$$K = \frac{C}{C_0} = \frac{\epsilon A/d}{\epsilon_0 A/d} = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (2.1)$$

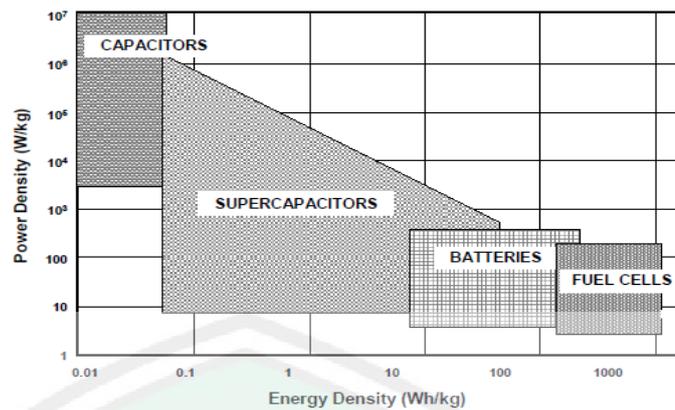
Bahan dielektrik dapat menyimpan energi listrik. Medan listrik memiliki pengaruh pada proses penyimpanan energi listrik tersebut, jika bahan dielektrik dikenai medan listrik, maka akan terjadi polarisasi antara muatan negatif dan muatan positif dalam bahan dielektrik. Muatan negatif dalam bahan dielektrik akan ditarik berlawanan arah dengan arah medan listrik, sedangkan muatan positif akan ditarik searah dengan arah medan listrik. Karena kedua muatan saling menetralkan, maka yang berpengaruh adalah muatan yang berada di tepi bahan dielektrik (Hastuti, 2004). Mekanisme polarisasi yang dapat terjadi meliputi polarisasi elektronik, polarisasi ionik, orientasi dan muatan ruang (*space charge*) (Newham, 2005). Jenis Polarisasi yang terjadi berdasarkan nilai permittivitas sebagai fungsi frekuensi dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Jenis Polarisasi Berdasarkan Nilai Permittivitas Material (Dorey, 2012).

## 2.2 Perangkat Penyimpan Energi

Perangkat penyimpan energi yang dikenal luas saat ini adalah kapasitor, superkapasitor, baterai dan sel bahan bakar (Sharma dan Bhatti 2010). Perbedaan utama diantara perangkat penyimpan energi ini adalah dari segi kemampuan masing-masing dalam menyimpan energi tiap berat bahan aktif dan berapa laju energi tersebut dapat disimpan tiap berat bahan aktif atau lebih dikenal dengan istilah rapat energi dan daya. Dalam diagram daya versus energi untuk kapasitor, baterai dan sel bahan bakar, kapasitor memiliki rapat energi paling rendah dengan rapat daya paling tinggi, sedangkan sel bahan bakar memiliki rapat energi paling tinggi dengan rapat daya paling rendah. Sementara superkapasitor dan baterai memiliki rapat energi dan daya berada pada kisaran antara kapasitor dan sel bahan bakar.



Gambar 2.2 Spesifikasi Energi dan Daya Kapasitor, Superkapasitor, Baterai dan Sel Bahan Bakar. (Pandolfo, 2006).

Elektroda merupakan salah satu komponen dalam perangkat penyimpanan energi. Martin *et al*, (1993) menyatakan bahwa elektroda adalah kutub-kutub listrik pada rangkaian sel elektrokimia. Elektroda terbagi menjadi dua bagian yaitu katoda dan juga anoda. Katoda adalah elektroda tempat terjadinya reaksi reduksi, dimana didalamnya terjadi penangkapan elektron oleh suatu spesi. Sedangkan untuk anoda merupakan elektroda tempat terjadinya reaksi oksidasi sehingga akan terjadi pelepasan elektron selama reaksi berlangsung (Fitriani, 2012: 13).

Material yang digunakan sebagai elektroda seharusnya memiliki sifat kimia maupun sifat fisik sebagai berikut (Pandolfo, 2006):

- a) Nilai konduktivitas tinggi
- b) Luas permukaan tinggi
- c) Tahan korosi
- d) Stabil pada temperatur tinggi
- e) Struktur pori yang dapat dikontrol
- f) Low cost

Menurut fungsinya, elektroda digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu (Fitriani, 2012):

a. Elektroda kerja

Elektroda kerja merupakan tempat terjadinya reaksi elektrokimia yang diamati. Elektroda kerja harus menghasilkan transfer elektron yang cepat dengan spesi elektroaktif. Elektroda ini umumnya terbat dari logam, bahan semi konduktor atau karbon.

b. Elektroda pembanding

Elektroda pembanding adalah elektroda yang potensialnya cukup konstan dan dipakai sebagai elektroda standar terhadap potensial elektroda lainnya. Fungsi elektroda ini adalah untuk menstabilkan beda potensial pada elektroda dalam sel elektrokimia. Elektroda pembanding harus memiliki syarat stabil terhadap waktu dan temperatur, dapat digunakan berulang kali, tidak terpolarisasi dan pembuatannya mudah.

c. Elektroda pendukung

Elektroda pendukung merupakan elektroda yang berperan sebagai tempat masuknya elektron sehingga arus dapat dilewatkan melalui sel tetapi tidak mempengaruhi reaksi pada elektroda kerja. Elektroda pendukung harus bersifat inert.

## 2.3 Karbon Aktif

### 2.3.1 Struktur Karbon Aktif

Karbon aktif berasal dari hampir semua bahan organik yang mengandung karbon, seperti kayu, serbuk gergaji, kacang tanah, bulu unggas, batu, lignit, batu bara, kokas minyak bumi dan lain-lain. Penggunaan bahan dasar yang sesuai

disebabkan oleh faktor ketersediaan dan biaya, selain bergantung pada jenis penggunaan (Rodriguez, 2002). Biomassa dapat menjadi pilihan terbaik sebagai bahan baku karbon aktif karena ketersediaan yang melimpah dan dapat membantu menjaga lingkungan.

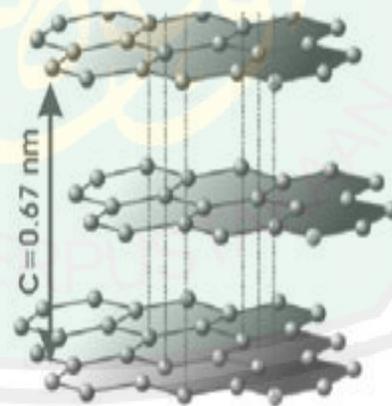
Biomassa dalam bentuk karbon aktif dapat digunakan sebagai bahan elektroda pada perangkat penyimpan energi. Beberapa biomassa yang digunakan sebagai bahan elektroda antara lain bulu ayam, tempurung kelapa, kulit semangka, bambu, tulang ikan, biji bunga matahari dan lain-lain. Limbah bulu ayam termasuk salah satu limbah yang banyak digunakan sebagai karbon aktif karena memiliki kandungan keratin besar sehingga dapat mengikat ion-ion bebas dan menjadikan perangkat penyimpan energi memiliki nilai kapasitansi yang lebih baik (Sari, 2015).

Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Sebagian dari pori-porinya 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).

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

Karbon aktif umumnya berbentuk granular (butiran) atau serbuk. Karbon aktif berbentuk serbuk halus memiliki distribusi ukuran partikel 5-10  $\mu\text{m}$ , sedangkan karbon aktif berbentuk granular memiliki ukuran 0,8-1,2 mm. Porositas karbon aktif terbentuk saat proses karbonisasi. Berdasarkan ukuran pori, karbon aktif dibedakan menjadi 3, yaitu mikropori ( $< 2 \text{ nm}$ ), mesopori (2nm-50nm), dan makropori ( $>50 \text{ nm}$ ) (Marsh, 2006). Selain itu terdapat pula ukuran supermikroposi (0,7 nm-2 nm) dan ultramikropori ( $<0,7 \text{ nm}$ ).

Struktur dasar karbon aktif berupa struktur kristalin yang sangat kecil (mikrokristalin). Karbon aktif memiliki bentuk *amorf* yang tersusun atas lapisan bidang datar dimana atom-atom karbon tersusun dan terikat secara kovalen dalam tatanan atom-atom heksagonal. Hal tersebut telah dibuktikan dengan penelitian menggunakan sinar-X yang menunjukkan adanya bentuk-bentuk kristalin yang sangat kecil dengan struktur grafit.

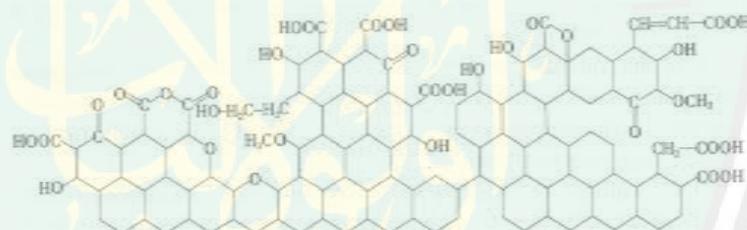


Gambar 2.3 Struktur Fisika Karbon Aktif (Sontheimer, 1985).

Daerah kristalin memiliki ketebalan 0,7-1,1 nm, jauh lebih kecil dari grafit. Hal ini menunjukkan adanya 3 atau 4 lapisan atom karbon dengan kurang lebih terisi 20-30 heksagon di tiap lapisannya. Rongga antara kristal-kristal karbon diisi

oleh karbon-karbon amorf yang berikatan secara tiga dimensi dengan atom-atom lainnya terutama oksigen. Susunan karbon yang tidak teratur ini diselingi oleh retakan-retakan dan celah yang disebut pori dan kebanyakan berbentuk silindris.

Selain mengandung karbon, karbon aktif juga mengandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen yang secara kimiawi terikat dalam berbagai gugus fungsi seperti karbonil, karboksil, fenol, *lakton*, *quinon*, dan gugus-gugus eter. Gugus fungsional dibentuk selama proses aktivasi oleh interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen. Gugus fungsional ini membuat permukaan karbon aktif reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorbsinya. Ilustrasi struktur kimia karbon aktif dengan gugus fungsionalnya dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Struktur Kimia Karbon Aktif (Sudibandriyo, 2003).

### 2.3.2 Pembuatan Karbon Aktif

Pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahap yaitu (Manocha, 2003):

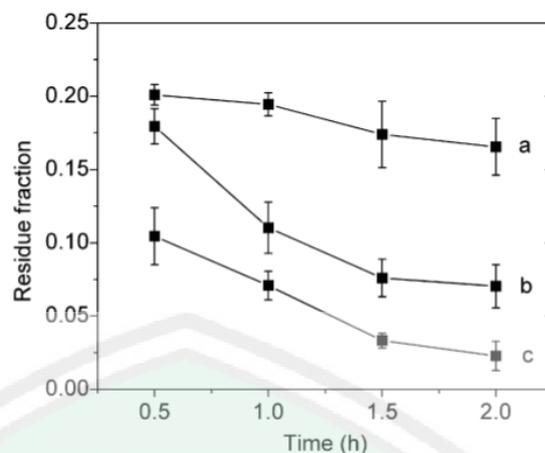
#### 1. Pemilihan bahan

Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai macam bahan yang mengandung karbon. Pemilihan bahan dasar untuk dijadikan karbon aktif harus memenuhi beberapa kriteria, yaitu unsur anorganik yang rendah, ketersediaan bahan (tidak mahal dan mudah didapat), memiliki daya tahan yang baik, dan mudah untuk diaktivasi.

## 2. Karbonisasi (pirolisis)

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. Karbonisasi terjadi dalam beberapa tahap meliputi tahap penghilangan air, tahap penguapan selulosa, penguapan lignin dan yang terakhir pemurnian karbon. Air, selulosa dan lignin menguap pada suhu 400 °C, sedangkan pemurnian karbon rata-rata terjadi pada suhu 500-800 °C (Marsh, 2006).

Teknik karbonisasi dengan cara mengalirkan gas N<sub>2</sub> pada saat pemanasan dilakukan oleh Senoz (2011). Teknik pemanasan ini dinamakan pirolisis. Pemanasan dilakukan dengan dialiri gas N<sub>2</sub>. Sebelum sampel dipanaskan terlebih dahulu furnace dibersihkan dengan mengalirkan gas N<sub>2</sub> selama 3 jam pada temperatur ruang. Sampel di pirolisis dengan dua tahap. Tahap pertama sampel dipanaskan pada suhu 215 °C selama 15 jam. tahap kedua yaitu dilakukan pemanasan dengan variasi suhu 350, 400, 420, dan 450 °C selama 0,5-2 jam. Gambar 2.5 menunjukkan bahwa residu yang ada pada sampel menurun dengan cepat pada suhu diatas 300 °C.



Gambar 2.5 Kadar Residu pada Sampel Dipanaskan pada Suhu 400 °C (a), 420 °C (b), dan 450 °C (c) (Senoz, 2011).

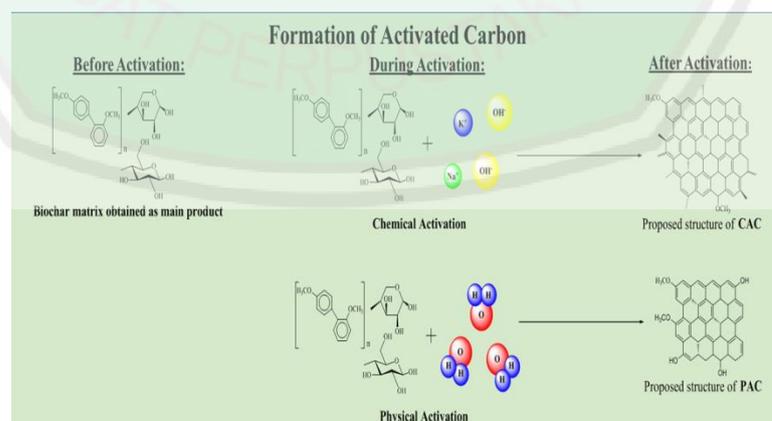
### 3. Aktivasi

Aktivasi adalah proses membuka, mengembungkan, dan memperbesar ukuran pori-pori melalui proses kimia dan fisika. Aktivasi bertujuan untuk memperbesar luas permukaan dari karbon aktif. Berikut proses aktivasi dibedakan menjadi dua yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika.

Aktivasi kimia dilakukan dengan memasukkan bahan larutan kimia yang berfungsi sebagai agen aktivasi ke dalam sampel. Larutan kimia yang dipakai biasanya berupa 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>. Agen aktivasi akan mengoksidasi karbon dan merusak bagian dalam karbon sehingga akan terbentuk pori-pori dan meningkatkan daya adsorpsi. Selain itu, agen aktivasi akan menghambat pembentukan tar dan mengurangi pembentukan asam asetat, metanol, dan lain-lain. Terbentuk pori-pori baru pada karbon karena proses pengikisan oleh agen aktivasi.

Aktivasi kimia dengan perbandingan tingkat kemolaran KOH dapat mempengaruhi struktur dari karbon keratin. Karbon keratin yang direndam pada KOH selama 24 jam dengan variasi 1M, 3M, dan 5M dapat mempengaruhi ukuran *surface area*. Nilainya secara berurutan yaitu, 20,785 m<sup>2</sup>/g 18,631 m<sup>2</sup>/g, dan 74,535 m<sup>2</sup>/g. Aktivasi kimia dengan variasi 1M, 3M, dan 5M dapat memperkecil ukuran kristal keratin yakni, 0,966 nm, 0,971 nm, dan 0,864 nm. Hasil XRD menunjukkan bahwa nilai karbon maksimum terdapat pada aktivasi 5M KOH (Agustin, 2017).

Aktivasi fisika dilakukan dengan menggunakan energi panas. Dalam proses karbonisasi, pori-pori arang yang dihasilkan dapat diblokir oleh tar yang terbentuk dalam proses termal. Oleh karena itu, aktivasi fisika atau panas setelah proses karbonisasi diperlukan untuk menghilangkan penyumbatan yang disebabkan oleh tar (Hayashi et al. 2000). Dengan panas yang diberikan maka akan semakin banyak bahan pengotor yang menguap sehingga pori-pori karbon akan semakin besar. Mekanisme pembentukan karbon aktif melalui aktivasi ditunjukkan pada gambar 2.6.

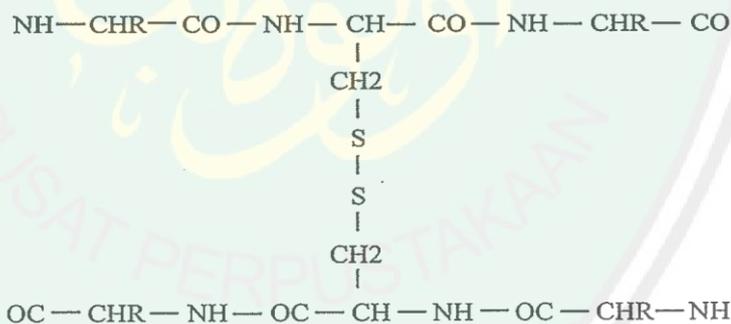


Gambar 2.6 Mekanisme Pembentukan Karbon Aktif Melalui Aktivasi Kimia dan Aktivasi Fisika (Liew, 2018).

## 2.4 Keratin

Keratin adalah produk pengerasan jaringan epidermal dari tubuh. Keratin merupakan protein fibrous yang kaya akan sulfur dan banyak terdapat pada rambut, tanduk, kuku, bulu, dan semua produk-produk epidermal. Kandungan keratin dalam tepung bulu ayam berkisar antara 85-90 % dari kandungan proteinnya. Protein keratin ini 14 % terdiri dari sistin disulfida sebagai jembatan antar molekul. Kandungan sistin pada protein ini berkisar antara 11-12 % (Haurowitz, 1984).

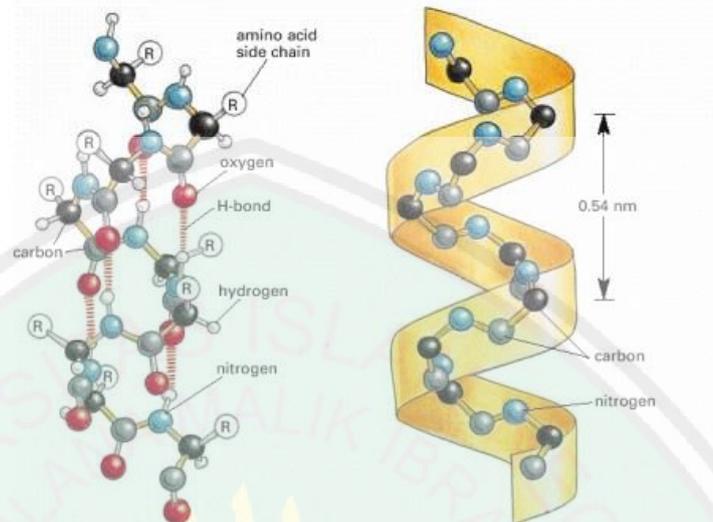
Sifat fisik dan karakteristik keratin adalah tidak larut dan tidak dapat diubah kembali, tidak larut dalam air, eter atau alkohol tetapi perlahan-lahan larut dalam air yang dipanaskan pada suhu 150° C – 200° C. Keratin tidak larut dengan pemanasan alkali. Keratin mengandung ikatan sistin disulfida, ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik melekul keratin (Haurowitz, 1984).



Gambar 2.7 Struktur Kimia Keratin (Haurowitz, 1984).

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 (Senoz, 2013).



Gambar 2.8 Struktur keratin  $\alpha$ -helix (McKittrick, 2012).

Gambar 2.8 menunjukkan struktur  $\alpha$ -helix pada keratin. Keratin memiliki dua struktur sekunder yang berbeda, yaitu  $\alpha$ -helix dan  $\beta$ -sheet (McKittrick, 2012). Struktur keratin tergantung pada lokasi rantai polipeptida. Secara umum, keratin terdiri sedikit lebih banyak  $\alpha$ -helix daripada  $\beta$ -sheet (Schmidt & Jayasundera, 2003).

## 2.5 KOH

KOH (Kalium Hidroksida) merupakan basa kuat yang banyak digunakan dalam berbagai hal, seperti proses sintesis organik (bertindak sebagai katalis atau sebagai reagen nukleofilik), demineralisasi batubara dan bahan karbon lainnya, agen pemecah dalam kimia analitik, serta dalam skala besar aplikasi seperti pembuatan pulp dan kertas, tekstil, pencernaan jaringan, biodiesel, sabun dan deterjen, penghilangan gas asam (misalnya,  $\text{SO}_2$ ), pengolahan air minum dan lain-lain (Solano, 2012).

Reaksi antara prekursor karbon dan hidroksida dapat dikontrol dengan menggunakan banyak variabel eksperimental (misalnya, sifat prekursor dan hidroksida, suhu dan waktu reaksi, atau rasio karbon hidroksida, antara lain). Produk yang dihasilkan dari reaksi adalah campuran yang dibentuk oleh karbon yang tersisa, karbonat basa dan hidroksida yang tidak bereaksi (tergantung pada kondisi reaksi). Jika residu tersebut dicuci, disaring, dan dikeringkan, sisa bahan karbon akan menjadi karbon aktif (Solano, 2012). Reaksi yang dapat terjadi antara karbon dan KOH dapat digambarkan sebagai berikut (Holleman, 2001):



Reaksi aktivasi tersebut terjadi melalui reaksi redoks padat-cair di mana hidroksida (KOH) dikonversi menjadi produk utama berikut: hidrogen, logam alkali dan alkali karbonat, sebagai hasil dari oksidasi prekursor karbon dan beberapa reaktan karbon yang tersisa (Rodenas, 2003). Karbon yang tersisa ini adalah tujuan dari jenis reaksi di mana jumlah pori-pori prekursor karbon yang digunakan telah meningkat pesat, serta ukuran yang ada. Oleh karena itu, dengan reaksi hidroksida-karbon ini kita dapat menyiapkan karbon aktif berkelas tinggi yang memiliki kapasitas adsorpsi tinggi (Castello, 2001).

## 2.6 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 menempel pada bahan padat, sebagian sinar disebar ke semua arah oleh elektron yang terkait dengan setiap atom atau ion yang berada di dalam jalur sinar. Lalu diperiksa kondisi yang dihasilkan dari difraksi sinar-x dengan unsur pada tabel periodik (Callister, 2014).

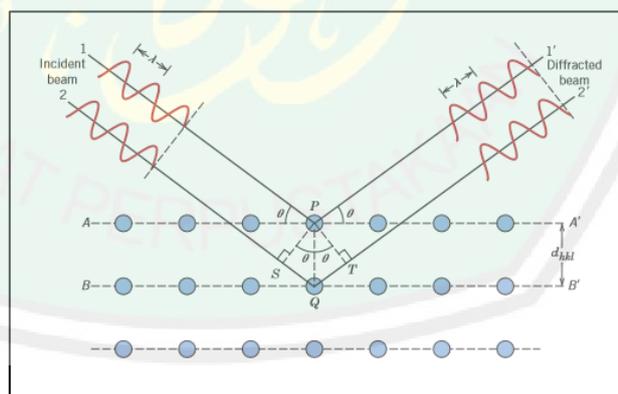
Dua bidang sejajar atom A-A dan B-B pada Gambar 2.8, yang memiliki indeks Miller  $h, k,$  dan  $l$  yang sama dan dipisahkan oleh jarak antar  $d_{hkl}$ . Sekarang asumsikan bahwa sinar x-ray paralel, monokromatik, dan koheren (dalam fase) dari gelombang-1 terjadi pada kedua bidang ini pada sudut  $\theta$ . Dua sinar dalam balok ini, diberi label 1 dan 2, tersebar oleh atom P dan Q. Interferensi konstruktif dari sinar yang tersebar 1 dan 2 terjadi juga pada sudut  $\theta$  ke pesawat jika selisih panjang jalan antara 1-P-1 dan 2-Q-2 (yaitu,  $SQ + QT$ ) sama dengan bilangan bulat keseluruhan,  $n$ , dari panjang gelombang yaitu, kondisi difraksi adalah (Callister, 2014):

$$n\lambda = \overline{SQ} + \overline{QT} \quad (2.2)$$

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

maka,

$$n\lambda = 2d_{hkl} \sin \theta \quad (2.4)$$



Gambar 2.9 Difraksi Sinar X (Callister, 2014)

Persamaan 2.4 merupakan hukum Bragg;  $n$  adalah urutan refleksi, yang mungkin merupakan bilangan bulat (1, 2, 3, ...) yang konsisten dengan  $\sin \theta$ . Dengan demikian, kita memiliki gambaran sederhana yang berkaitan dengan

panjang gelombang x-ray dan jarak interatomik pada sudut balok yang terdifraksi. Jika hukum Bragg tidak terpenuhi, maka interferensi akan menjadi tidak konstruktif sehingga menghasilkan sinar difraksi dengan intensitas sangat rendah (Callister, 2014).

Hasil XRD dapat digunakan untuk menghitung tinggi lapisan karbon aktif menggunakan persamaan 2.5 dan lebar lapisan dihitung menggunakan persamaan 2.6. Besarnya nilai  $K_a$  dan  $K_c$  bergantung pada bidang pantul (Junior, 2017).

$$L_c = \frac{k_c \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2.5)$$

$$L_a = \frac{k_a \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2.6)$$

## 2.7 Analisis Menggunakan UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis adalah pengukuran energi cahaya oleh suatu sistem kimia pada panjang gelombang tertentu. Sinar ultraungu (*ultra violet*) mempunyai panjang gelombang antara 200-400 nm, dan sinar tampak (*visible*) mempunyai panjang gelombang 400-750 nm. Pengukuran panjang gelombang dan absorbansi analit menggunakan alat spektrofotometer yang melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometer UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif. Spektrum UV-Vis sangat berguna untuk pengukuran secara kuantitatif. Konsentrasi dari analit di dalam larutan bisa ditentukan dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer (Day dan Underwood, 2002).

Molekul-molekul yang memerlukan lebih banyak energi untuk memperlihatkan elektron, akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih pendek. Molekul yang memerlukan energi yang lebih sedikit akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih panjang. Senyawa yang menyerap cahaya dalam daerah *visible* (yakni senyawa berwarna) mempunyai elektron yang lebih mudah dipelihatkan dari pada senyawa yang menyerap pada panjang gelombang UV (Skoog, 1963). Radiasi elektromagnetik, yang mana sinar ultraviolet dan sinar tampak merupakan salah satunya, dapat dianggap sebagai energi yang merambat dalam bentuk gelombang. Panjang gelombang merupakan jarak linier dari satu titik pada satu gelombang ke titik yang berdampingan pada gelombang yang berdekatan (Rohman, 2009).

Lambert Beer mempunyai syarat-syarat tertentu yaitu:

- a) Syarat konsentrasi, konsentrasi yang diukur harus encer syarat kimia, zat pengabsorbansi zat yang dianalisis tidak boleh berasosiasi dengan pelarut menghasilkan produk lain.
- b) Syarat cahaya, radiasi cahaya yang digunakan untuk mengukur adalah cahaya yang memiliki panjang gelombang agar hubungan antara absorbansi dan konsentrasi dapat linier.
- c) Syarat kejernihan, partikel kloid yang menyebabkan kekeruhan larutan
- d) Mengakibatkan terjadinya penyimpanan karena sebagian cahaya yang melewati sampel akan dihamburkan oleh partikel kloid sehingga kekuatan cahaya yang diabsorpsi berkurang dari yang seharusnya.

Pengabsorpsian sinar UV-Vis oleh suatu molekul umumnya menghasilkan eksitasi electron bonding, maka panjang gelombang absorpsi maksimum dapat

dikorelasikan dengan jenis ikatan yang ada dalam molekul yang sedang diselidiki. Spektrum UV-Vis yang merupakan korelasi absorban (sebagai ordinat dan panjang gelombang sebagai absis merupakan pita spectrum). Rentang pembacaan absorban dan transmitan. Apabila radiasi elektromagnetik dilewatkan pada suatu larutan dengan intensitas radiasi semula, maka sebagian radiasi tersebut akan diteruskan, dipantulkan dan diserap. Namun intensitas sinar yang dipantulkan dapat diabaikan karena pengerjaan dengan spektro menggunakan larutan pembanding sebagai standar (Fessenden, 1997).

Spektrofotometri UV-Vis juga dapat digunakan untuk mengetahui luas permukaan suatu zat dengan memanfaatkan proses adsorpsi *methylene blue*. Menurut Alberty dan Daniel (1987), adsorpsi merupakan fenomena yang terjadi pada permukaan. Adsorpsi secara umum didefinisikan sebagai akumulasi sejumlah molekul, ion atau atom yang terjadi pada batas antara dua fasa. Fasa yang menyerap disebut adsorben dan fasa yang terserap disebut adsorbat. Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang memiliki pori karena adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada letak-letak tertentu di dalam adsorben. Gaya tarik-menarik dari suatu padatan dibedakan menjadi dua jenis gaya, yaitu gaya fisika dan gaya kimia yang masing-masing menghasilkan adsorpsi fisika (*physisorption*) dan adsorpsi kimia (*chemisorption*) (Oscik, 1982).

Menurut Martell and Hancock (1996), adsorpsi fisika adalah proses interaksi antara adsorben dengan adsorbat yang melibatkan gaya-gaya antar molekul seperti gaya Van der Waals, sedangkan adsorpsi kimia terjadi jika interaksi adsorben dan adsorbat melibatkan pembentukan ikatan kimia. Dalam proses adsorpsi melibatkan berbagai macam gaya yakni gaya Van der Waals, gaya

elektrostatik, ikatan hidrogen serta ikatan kovalen. Dalam adsorpsi fisika, molekul-molekul teradsorpsi pada permukaan dengan ikatan yang lemah. Adsorpsi ini umumnya bersifat reversibel sehingga substansi yang telah teradsorpsi relatif mudah dilepaskan kembali dengan cara menurunkan tekanan gas atau konsentrasi zat terlarut. Energi yang menyertai fisisorpsi tergolong rendah yaitu berkisar antara 10 kJ/mol dan lebih rendah dari energi adsorpsi kimia (Adamson dan Gast, 1997). Pada adsorpsi kimia terjadi pembentukan dan pemutusan ikatan, sehingga energi adsorpsinya berada pada kisaran yang sama dengan reaksi kimia. Ikatan antara adsorben dan adsorbat cukup kuat sehingga tidak terjadi spesiasi karena zat teradsorpsi menyatu dengan adsorben membentuk lapisan tunggal dan relatif reversibel. Batas minimal suatu adsorpsi dikategorikan sebagai kemisorpsi memiliki harga energi adsorpsi sebesar 20,92 kJ/mol (Adamson dan Gast, 1997). Energi yang menyertai adsorpsi kimia relatif tinggi yaitu berkisar 42-420 kJ/mol. Hal ini diperkuat oleh studi spektroskopi bahwa terjadi transfer elektron dan terbentuk ikatan kimia antara adsorben dan adsorbat. Luas permukaan adsorben dapat dihitung dengan rumus (Gandjar, 2007):

$$S = \frac{X_m \times N \times A}{M} \quad (2.7)$$

Keterangan:

S = Luas permukaan spesifik (m<sup>2</sup>/g)

X<sub>m</sub> = Methylene blue terserap oleh 1 gram adsorben (mg/g)

A = Luas permukaan 1 molekul methylene ble (197,2 x 10<sup>-20</sup> m<sup>2</sup>)

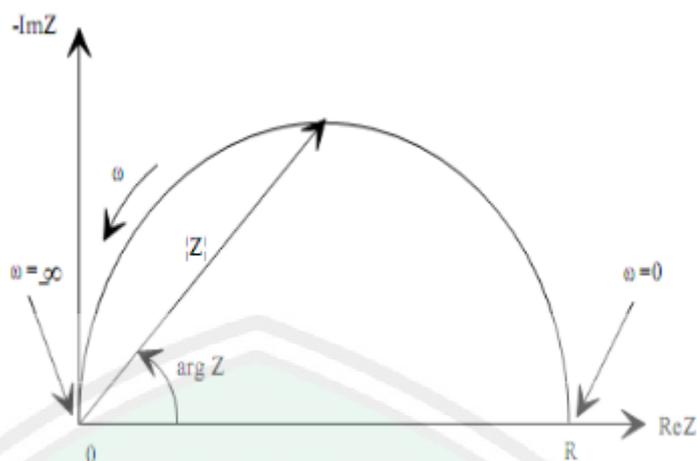
N = Bilangan Avogadro (6,02 x 10<sup>23</sup> molekul/mol)

M = Massa molekul methylene blue (320 g/mol)

## 2.8 Analisis Impedansi

*Resistance*, *capacitance*, dan *inductance* (RCL) meter dapat digunakan untuk mengukur impedansi dari komponen perangkat penyimpan energi menggunakan sinyal AC. Besarnya nilai frekuensi yang diberikan mempengaruhi nilai impedansi dan kapasitansi (Sucipto *et al.*, 2016); permitivitas (Liu *et al.*, 2017); serta konduktivitas listrik sampel dan konstanta dielektrik (Riyanto *et al.*, 2013). Pada frekuensi rendah, nilai kapasitansi tinggi karena penyearahan dipol bahan dielektrik tidak terpengaruh seperti pada frekuensi tinggi. Pada frekuensi tinggi, nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik rendah karena dipol-dipol tidak dapat mempertahankan penyerahannya pada arus bolak-balik (Rajib *et al.*, 2014).

Komponen R-C pada kontak permukaan elektroda (gambar 2.10) menunjukkan kapasitansi *double-layer* (Cdl), resistansi (Rs), resistansi elektroda, impedansi faradaic ( $Z_f$ ), serta impedansi warburg (W) garis 45°. Resistansi (Rs) biasanya berhubungan dengan kombinasi antara kontak elektroda dengan *current collector*. Sementara impedansi faradaic ( $Z_f$ ) berhubungan dengan *charge-transfer resistance* (Rf), dan impedansi warburg (W) garis 450 berhubungan dengan difusi ion pada permukaan elektroda (Zhao dkk, 2010).



Gambar 2.10 Plot Impedansi Kompleks Proses Faradaik pada Frekuensi Rendah Mempresentasikan Impedansi Warburg (Zhao dkk, 2010).

Konduktivitas proton pada lembaran ditentukan oleh metode impedansi.

Konduktivitas proton  $\sigma$  ( $\text{Scm}^{-1}$ ) lembaran dapat dihitung menggunakan persamaan (Conway, 1999):

$$\sigma = L/AR \quad (2.8)$$

di mana  $L$  (cm) adalah ketebalan,  $A$  ( $\text{cm}^2$ ) daerah luas masing-masing lembaran, dan  $R$  adalah resistansi lembaran yang berasal dari data impedansi.

Komponen impedansi dari rangkaian R-C paralel adalah sebagai berikut (Conway, 1999):

$$Z(C) = \frac{1}{j\omega C} = Z'' \quad (2.9)$$

$$Z(R) = R = Z' \quad (2.10)$$

Dengan menggabungkan Z dari persamaan (18) dan (19) diatas didapatkan :

$$\frac{1}{Z} = j\omega C + \frac{1}{R} \quad (2.11)$$

$$\frac{1}{Z} = \frac{(j\omega RC + 1)}{R} \quad (2.12)$$

Komponen riil dan imajiner akan terpisah dengan menambahkan  $(j\omega RC + 1)$ ,

$$\frac{1}{Z} = \frac{(j\omega RC + 1)(j\omega RC + 1)}{R(j\omega RC + 1)} \quad (2.13)$$

$$\frac{1}{Z} = \frac{-((\omega RC)^2 + 1)}{R(j\omega RC + 1)} \quad (2.14)$$

Didapatkan,

$$Z = \frac{-(j\omega R^2 C - R)}{(\omega RC)^2 + 1} \quad (2.15)$$

$$Z = \frac{(j\omega R^2 C)}{(\omega RC)^2 + 1} + \frac{R}{(\omega RC)^2 + 1} \quad (2.16)$$

Karena,

$$Z = Z' + jZ'' \quad (2.17)$$

Maka didapatkan nilai impedansi riil  $Z'$  dan impedansi imajiner  $Z''$ ,

$$Z' = \frac{R}{(\omega RC)^2 + 1} \quad (2.18)$$

$$Z'' = \frac{(\omega R^2 C)}{(\omega RC)^2 + 1} \quad (2.19)$$

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Karbon merupakan senyawa yang berpotensi digunakan sebagai bahan elektroda perangkat penyimpan energi, karena memiliki kinerja yang bagus, ramah lingkungan dan murah. Penggunaan karbon sebagai elektroda memiliki beberapa keuntungan, yaitu memiliki konduktivitas listrik tinggi, stabilitas termal yang baik, tahan terhadap korosi, memiliki luas permukaan yang relatif tinggi, murah, dan mudah dibuat komposit dengan material lain. Untuk memperoleh karbon dengan luas permukaan yang besar diperlukan aktivasi baik secara kimia maupun secara fisika. Salah satu aplikasi karbon aktif dalam pengembangan perangkat elektronika adalah sebagai elektroda kapasitor. Elektroda kapasitor merupakan konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan media nonlogam pada kapasitor. Proses penyerapan ion akan terjadi pada permukaan elektroda tersebut. Karbon aktif yang digunakan dalam pembentukan elektroda akan menciptakan luas permukaan yang sangat besar sehingga memungkinkan untuk penyerapan sejumlah besar ion.

Nurdiati (2015) melakukan sintesis karbon aktif menggunakan metode aktivasi kimia dengan variasi suhu aktivasi yaitu 300 °C, 400 °C, 500 °C dan 600 °C, menganalisis pengaruh suhu aktivasi karbon dan mengkarakterisasi sifat listrik serta struktur pori komposit PAni/karbon berbasis tempurung kemiri yang digunakan sebagai elektroda kapasitor. Konduktivitas listrik komposit PAni/karbon semakin besar seiring dengan meningkatnya suhu aktivasi karbon dengan nilai tertinggi  $5,7 \times 10^{-3}$  S/m. Nilai kapasitansi tertinggi pada sampel yaitu 10,52  $\mu$ F.

Karbon aktif dari biomassa juga dapat digunakan sebagai anoda baterai ion lithium, seperti yang dilakukan oleh Yu (2015). Karbon aktif disintesis dari sekam padi dengan NaOH sebagai aktivator. Sifat elektrokimia bervariasi dengan perubahan morfologi dan struktur setelah proses aktivasi. Setelah 100 siklus pada tingkat 0,2 C, kapasitas spesifik reversibel dari sekam padi yang telah diaktivasi stabil pada 448 mAhg<sup>-1</sup>. Selain itu, karbon yang diaktivasi memberikan kemampuan laju yang sangat baik dengan dibandingkan dengan bahan yang tidak diaktivasi.

Biomassa yang digunakan sebagai bahan karbon aktif tidak semua berasal dari tanaman, bulu ayam juga dapat menjadi bahan untuk elektroda superkapasitor. Karbon bulu ayam diaktivasi menggunakan KOH sebagai activator. Hasilnya KOH/CFC dengan rasio berat 4/1 memiliki *surface area* 1839 m<sup>2</sup>/g dengan ukuran mikropori 1.863 nm dan kapasitansi spesifik 302 F/g (Wang, 2013). Hal tersebut menunjukkan bahwa karbon aktif mikropori yang berasal dari bulu ayam memberikan prospek yang menguntungkan dalam aplikasi bahan elektroda.

## 2.10 Kajian Integrasi Islam

Karbon merupakan unsur yang sangat melimpah dan mudah ditemukan di alam semesta. Kandungan karbon banyak terdapat dalam limbah pertanian, perkebunan maupun peternakan. Dalam limbah peternakan, karbon bisa didapat dengan melakukan pemanasan terhadap bulu ayam, kemudian diberikan perlakuan untuk menghasilkan suatu material baru dengan manfaat yang lebih banyak. Hal ini sesuai dengan firman Allah (Q.S Yaasiin, 36:71-73) yang menyatakan bahwa binatang ternak diciptakan untuk diambil manfaatnya.

أَوْ لَمْ يَرَوْا أَنَّا خَلَقْنَا لَهُمْ مِمَّا عَمِلَتْ أَيْدِينَا أَنْعَمًا فَهُمْ لَهَا مُلْكُونَ ۖ مَلِكُونَ ۗ ۷۱ وَذَلَّلْنَاهَا  
لَهُمْ فَمِنْهَا رَكُوبُهُمْ وَمِنْهَا يَأْكُلُونَ ۗ ۷۲ وَلَهُمْ فِيهَا مَنَافِعُ وَمَشَارِبٌ أَفَلَا يَشْكُرُونَ ۗ ۷۳

*“Dan tidakkah mereka melihat bahwasannya kami telah menciptakan untuk mereka (diantara apa – apa yang telah kami ciptakan) binatang – binatang ternak, lalu mereka menjadi pemiliknya?, Dan kami telah menundukkan binatang – binatang itu untuk mereka. Maka diantaranya ada yang menjadi tunggangan mereka dan ada yang mereka makan. Dan pada (binatang – binatang) itu mereka memperoleh banyak manfaat dan minuman. Tidakkah mereka bersyukur?” (Qs Yassin (36): 71-73).*

Penggalan beberapa ayat surat yaasiin diatas menjelaskan bahwa Allah menciptakan binatang ternak dan dari dalam diri binatang-binatang itu untuk diambil manfaatnya. Banyak macam binatang ternak salah satunya ayam. Dari ayam dapat diambil manfaat dagingnya, telurnya, dan juga bulunya. Daging dan telur ayam diambil manfaatnya untuk dimakan dan bulunya dimanfaatkan untuk pembuatan barang-barang baru yang memiliki nilai komersil lebih, seperti: kemoceng, bantal dan kerajinan lainnya. Bulu ayam dapat digunakan untuk membuat material baru seperti karbon aktif dan sejenisnya.

Bulu ayam membutuhkan suatu perlakuan sehingga dapat menghasilkan karbon aktif dengan karakteristik yang baik untuk elektroda, seperti firman-Nya pada Qs Ar-Rad (13:17):

أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَالَتْ أَوْدِيَهُ بِقَدَرِهَا فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ زَبَدًا رَابِيًا ۚ وَمِمَّا يُوقِدُونَ  
عَلَيْهِ فِي النَّارِ أَبْتَغَاءَ جَلِيَّةٍ أَوْ مَتَعِ زَبَدٍ مِّثْلَهُ ۚ كَذَلِكَ يَضْرِبُ اللَّهُ الْحَقَّ وَالْبَاطِلَ ۚ فَأَمَّا  
الزَّبَدُ فَيَذْهَبُ جُفَاءً ۚ وَأَمَّا مَا يَنْفَعُ النَّاسَ فَيَمْكُثُ فِي الْأَرْضِ ۚ كَذَلِكَ يَضْرِبُ اللَّهُ  
الْأَمْثَالَ ۗ ۱۷

*“Allah telah menurunkan air (hujan) dari langit, maka mengalirlah air di lembah – lembah menurut ukurannya, maka arus itu membawa buih – buih yang mengambang. Dan dari apa (logam) yang mereka leburkan dalam api untuk membuat perhiasan alau alat – alat, ada (pula) buihnya seperti buih arus itu. Demikian Allah membuat perumpamaan (bagi) yang benar dan yang bathil. Adapun buih itu, akan hilang sebagai sesuatu yang tak ada harganya, adapun yang memberi manfaat kepada manusia, maka ia tetap dibumi. Demikian Allah membuat perumpamaan – perumpamaan.”*

Firman Allah diatas menunjukkan bahwa segala sesuatu dapat menjadi barang berguna jika diolah dengan baik. Hal tersebut dapat kita ambil contoh dari kalimat yang memiliki arti berikut “...*dan dari apa (logam) yang mereka lebur dalam api untuk dijadikan perhiasan atau alat – alat...*”. Ayat tersebut menjelaskan bahwa dari bahan dasar logam yang diolah dengan cara meleburnya dalam api maka akan menghasilkan perhiasan yang mahal dan alat – alat yang berguna (Al-Mahalli, 2008). Hal tersebut juga berlaku untuk pembuatan material karbon aktif berbahan dasar bulu ayam. Bulu ayam perlu diberi perlakuan seperti karbonasi dan aktivasi agar menghasilkan material karbon aktif dengan sifat fisis dan listrik yang baik.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilakukan mulai bulan Maret sampai Juli 2019 bertempat di Laboratorium Riset Material dan Laboratorium Listrik Magnet Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Penelitian dilakukan mulai preparasi sampel sampai karakterisasinya.

### **3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian**

#### **3.2.1 Peralatan Penelitian**

- a) *Beaker glass*
- b) Cawan petri
- c) *Furnace*
- d) Gelas ukur
- e) Pipet tetes
- f) Lempeng tembaga
- g) *Hot plate*
- h) *Magnetic Stirrer*
- i) Mortal dan Alu
- j) Oven
- k) Spatula
- l) Timbangan digital
- m) Mikrometer digital
- n) Lampu 80W
- o) Saringan ukuran 150 mesh

- p) Saringan ukuran 250 mesh
- q) Alat- alat lain (sendok, *cutter*, penggaris, dll)
- r) XRD (*X-Ray Diffraction*)
- s) UV-Vis
- t) RCL meter

### 3.2.2 Bahan Penelitian

- a) Aquades
- b) Bulu ayam
- c) Toluena
- d) KOH
- e) HCl
- f) DMSO
- g) PVdF (*Polyvinylidene diFluoride*)
- h) Perak cair

### 3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan beberapa tahap kegiatan yaitu karbonasi bulu ayam, aktivasi karbon bulu ayam menggunakan KOH dengan variasi konsentrasi aktivator, aktivasi fisika dengan suhu 850 °C, karakterisasi material, pembuatan *slurry*, pembuatan lembaran dan pengujian sampel.

### 3.3.1 Karbonasi dan Aktivasi Karbon Bulu Ayam Menggunakan KOH dengan Variasi Konsentrasi

- a) Limbah bulu ayam dibersihkan menggunakan air hingga bersih dan dibilas dengan aquades.
- b) Bulu ayam yang telah bersih dikeringkan dibawah sinar matahari hingga kering ( $\pm 48$  jam)
- c) Bulu ayam yang sudah kering dikarbonisasi pada dua tahap, yaitu pada suhu  $215\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 15 jam. Tahap kedua pada suhu  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam. Karbonasi dilakukan dalam keadaan hampa udara dengan tekanan (4-5 Pascal) dan kenaikan suhu  $3^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ .
- d) Karbon bulu ayam dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 150 mesh
- e) Karbon bulu ayam kemudian direndam dalam larutan toluene dan aquades dengan perbandingan 50 gram karbon : 15 ml toluene : 45 ml aquades, kemudian disaring dan dikeringkan di udara terbuka hingga kering ( $\pm 48$  jam).
- f) Sebanyak 15 gram karbon bulu ayam direndam dalam 50 ml larutan KOH dengan variasi konsentrasi 1M, 3M, dan 5M. Campuran tersebut dibiarkan selama 24 jam untuk menjamin keberlangsungan proses difusi ke bagian dalam pori arang.
- g) Sampel kemudian dicuci menggunakan 1 M HCl dan aquades hingga pH sampel netral (6-7) dan disaring. Tujuan pencucian ini untuk membuang senyawa garam alkali.
- h) Sampel yang sudah disaring kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam.

- i) Sampel yang sudah kering kemudian diaktivasi fisika menggunakan unit pirolisis dan dialiri gas nitrogen dengan kecepatan aliran 50 ml/menit pada temperatur 850°C selama 3 jam. Kecepatan kenaikan suhu 5°C/menit.

### 3.3.2 Karakterisasi Material

- a) Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk identifikasi struktur kristal *chicken feather carbon* yang belum dan telah diaktivasi.
- b) Pengujian UV-Vis untuk mengetahui *surface area* karbon sebelum dan sesudah diaktivasi menggunakan metode adsorpsi methylene blue.

### 3.3.3 Pembuatan Komposit Karbon/PVdF

- a) Material aktif (Karbon bulu ayam yang telah diaktivasi) (60%), PVDF (40%), dan DMSO (2 ml) disiapkan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan.
- b) Larutan DMSO dicampurkan dengan PVDF di dalam *beaker glass* dan dipanaskan di atas *Hot plate* dengan temperatur 90 °C dan putaran sebesar 250 rpm sampai PVdF larut sempurna.
- c) Material aktif dimasukkan secara perlahan-lahan ke dalam larutan selama ±10 menit di atas *hot plate* pada suhu 70 °C dan putaran 250 rpm sampai terbentuk gel (±45 menit).
- d) Gel yang telah terbentuk kemudian dioleskan pada plat tembaga dan dikeringkan dibawah lampu 80 W sampai terbentuk lembaran yang dapat terlepas dari plat tembaga.
- e) Sampel yang telah dikering diolesi dengan perak cair pada kedua sisinya dan dikeringkan.

- f) Bagian tepi sampel kemudian dipotong dengan tujuan agar tidak ada perak yang menyatu antar sisi sampel.

### 3.3.4 Karakterisasi Dengan Menggunakan RCL Meter

Pengujian sifat listrik komposit dilakukan dengan membuat perangkat penyimpan energi sederhana. Satu lembar komposit digunakan sebagai elektroda dan dioleskan elektroda perak sebagai pengumpul arus di kedua sisi elektroda. Uji sifat listrik dilakukan dengan uji RCL meter. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat listrik dari material dengan parameter resistansi, kapasitansi konduktansi, dan impedansi.

### 3.3.5 Analisis Luas Permukaan Dengan Metode Adsorpsi *Methylene Blue*

Langkah-langkah kerja pada metode adsorpsi *methylene blue* diantaranya:

1. Penentuan panjang gelombang maksimum *methylene blue*

Larutan *methylene blue* (MB) 5 ppm diukur pada panjang gelombang 600-680 nm dengan spektrofotometer UV-Vis. Kemudian dianalisis spektranya. Panjang gelombang yang memberikan serapan maksimum merupakan panjang gelombang maksimum.

2. Penentuan waktu operasional/waktu kestabilan

Sebanyak 2 ml larutan *methylene blue* dilarutkan pada 10 ml aquades. Sesaat setelah dicampurkan larutan dimasukkan ke dalam kuvet dan segera diukur absorbansinya dengan menggunakan spektronik 20. Perlakuan tersebut dianggap sebagai waktu ke nol. Untuk selanjutnya dilakukan perlakuan yang sama pada waktu 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, dan 80 menit yang dihitung sesaat setelah pencampuran aquades dan larutan stok.

### 3. Pembuatan kurva baku

Dibuat seri larutan baku *methylene blue* dengan konsentrasi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan 8 ppm dan diukur absorbansi setiap konsentrasi dengan spektrofotometer UV-Vis. Kemudian dibuat kurva hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi.

### 4. Penentuan waktu adsorpsi optimum

Sebanyak 0,05 g karbon dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer kemudian ditambahkan 20 ml *methylene blue* 16 ppm. Selanjutnya dikocok dengan *erlenmeyer shaker* dengan variasi waktu 20, 30, 40, 50, dan 60 menit pada 150 rpm. Campuran disaring dan filtrat diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

### 5. Penentuan luas permukaan spesifik

Sebanyak 0,05 g karbon dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer, kemudian ditambahkan 20 ml *methylene blue* 16 ppm. Selanjutnya dikocok dengan *erlenmeyer shaker* pada 150 rpm selama waktu optimum yang dihasilkan. Campuran disaring dan filtrat diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Luas permukaan dihitung dengan rumus:

$$S = \frac{X_m \times N \times A}{M}$$

Keterangan:

S = Luas permukaan spesifik ( $\text{m}^2/\text{g}$ )

$X_m$  = Methylene blue terserap oleh 1 gram adsorben ( $\text{mg}/\text{g}$ )

A = Luas permukaan 1 molekul methylene blue ( $197,2 \times 10^{-20} \text{ m}^2$ )

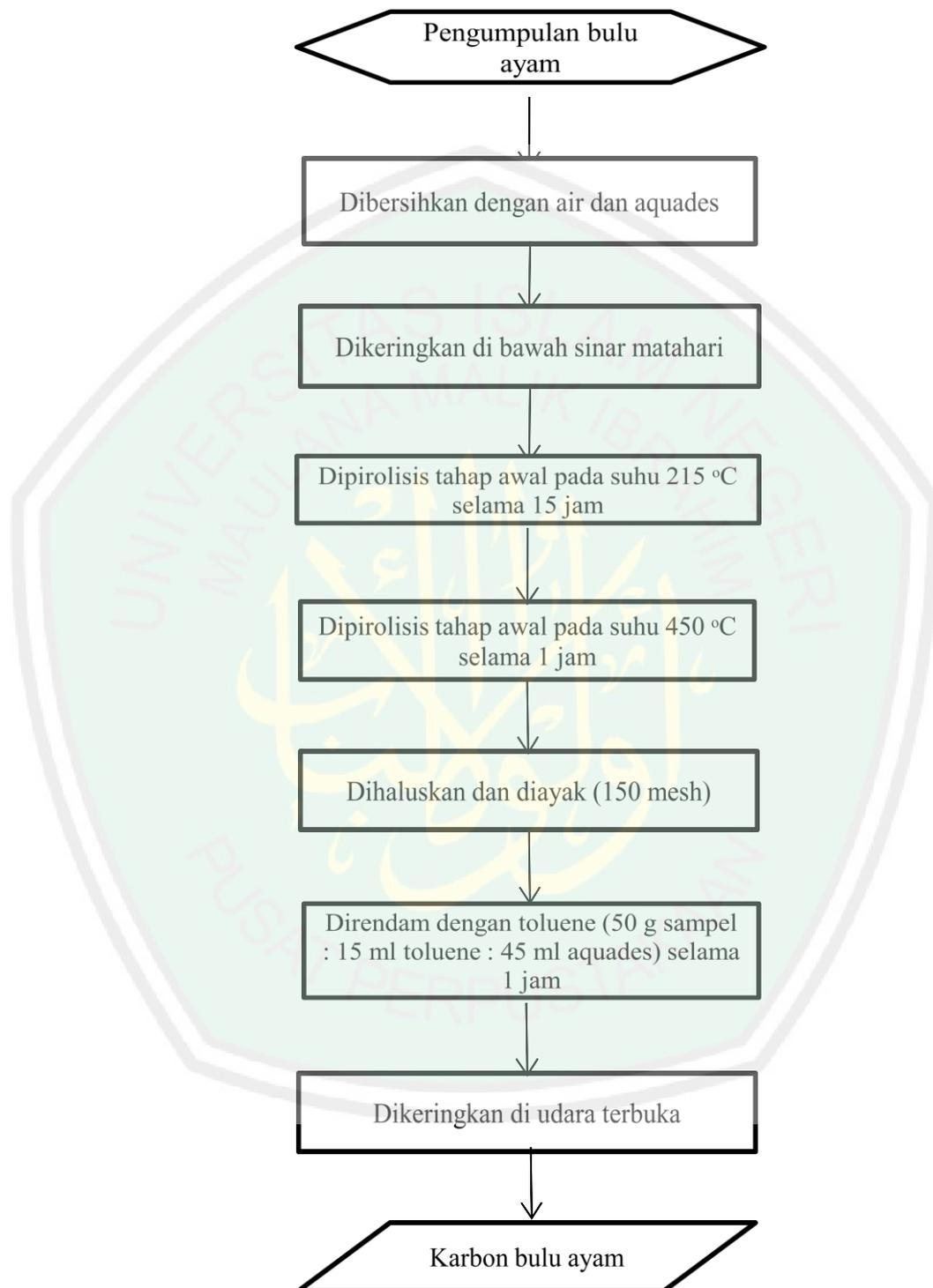
N = Bilangan Avogadro ( $6,02 \times 10^{23}$  molekul/mol)

M = Massa molekul methylene blue (320 g/mol)



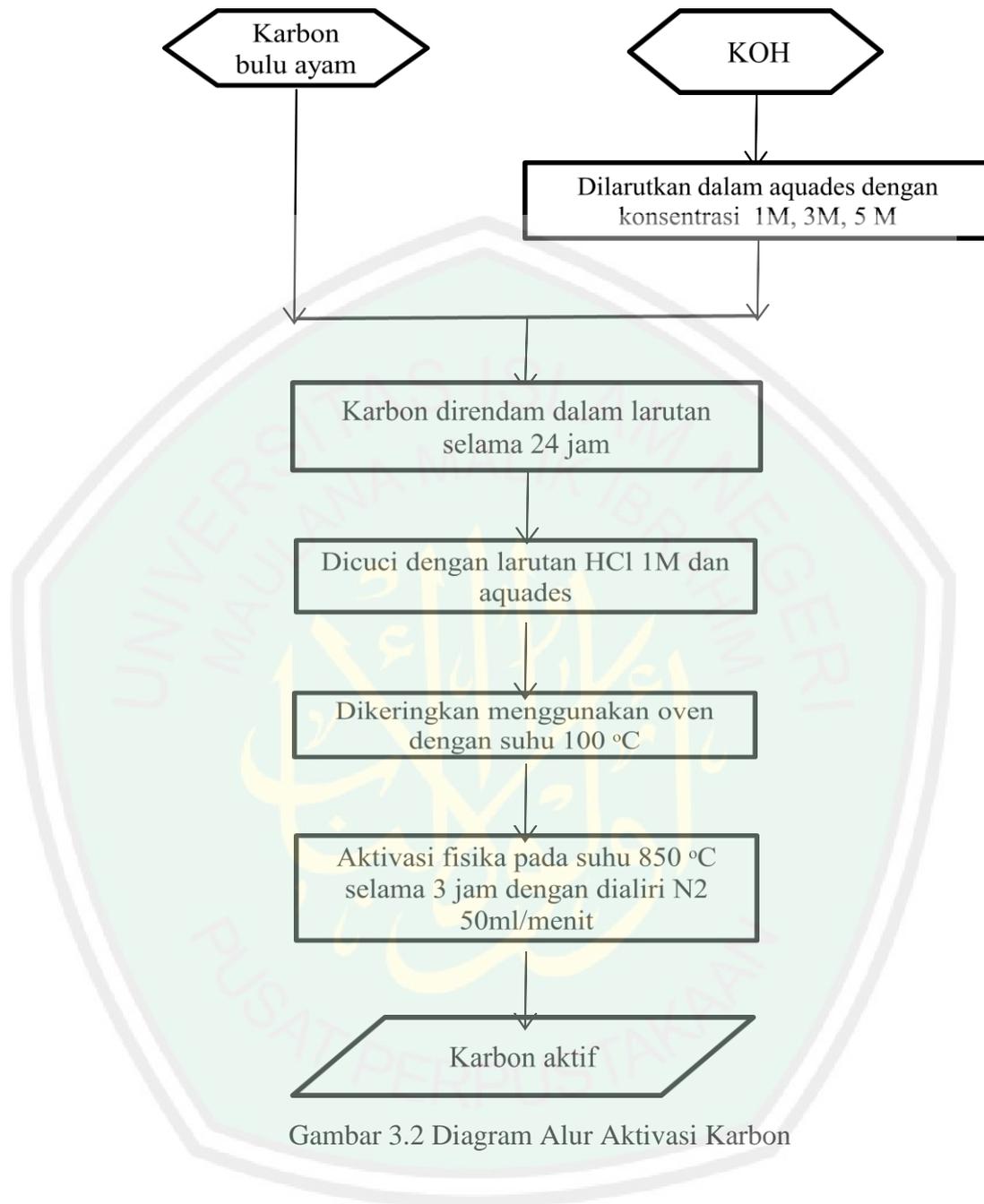
### 3.4 Diagram Alur Penelitian

#### 3.4.1 Diagram Alur Pembuatan Karbon



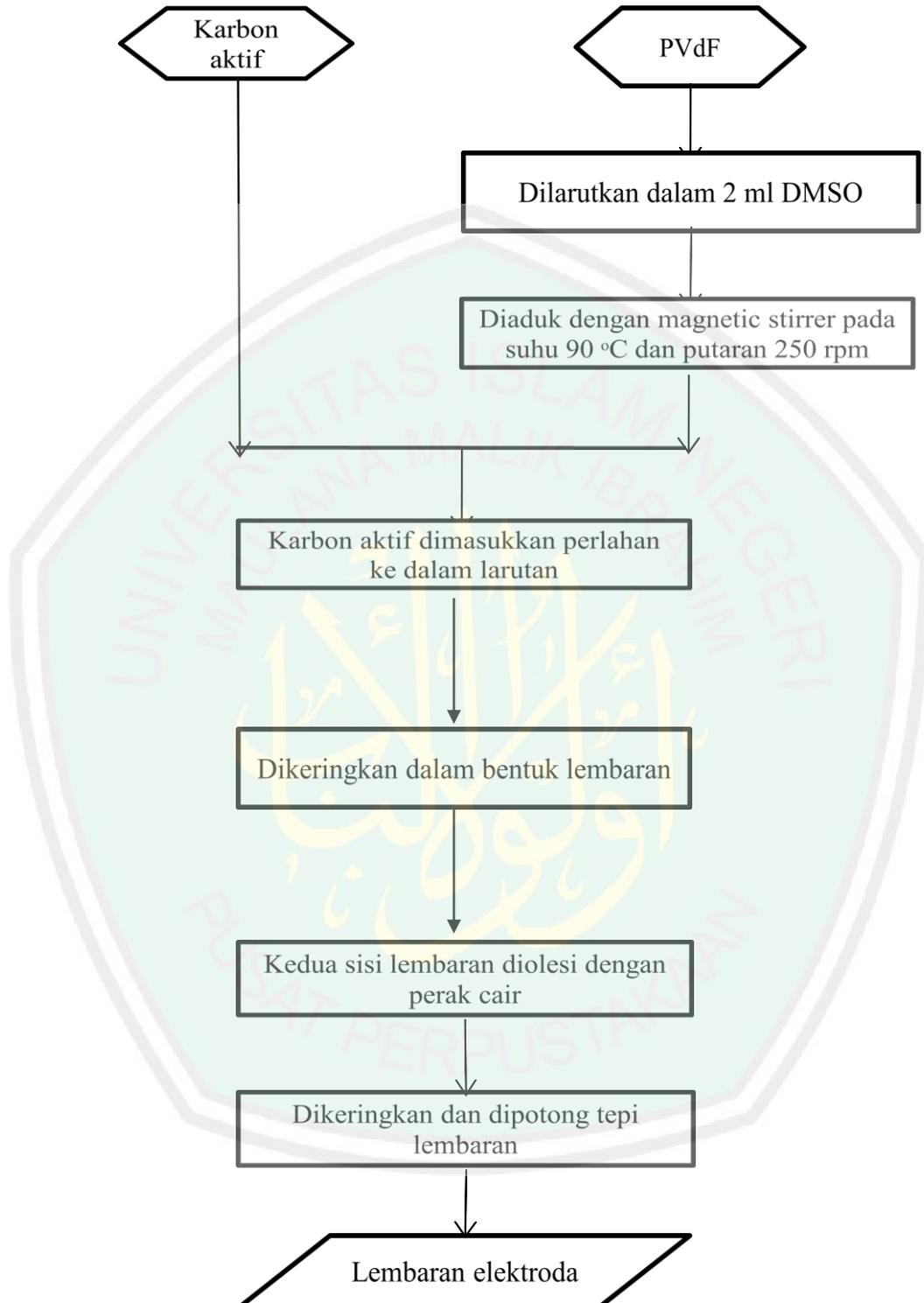
Gambar 3.1 Diagram Alur Karbonisasi Bulu Ayam

### 3.4.2 Diagram Alur Aktivasi Karbon



Gambar 3.2 Diagram Alur Aktivasi Karbon

### 3.4.3 Diagram Alur Pembuatan Komposit Karbon/PVdF



Gambar 3.3 Diagram alur Pembuatan Komposit Karbon/PVDF

### 3.5 Pengambilan Data

#### 3.5.1 Penentuan Luas Permukaan Menggunakan UV-Vis

Uji UV-Vis digunakan untuk mengetahui *surface area* dari sampel melalui adsorpsi *methylene blue*. Ukuran *surface area* akan mempengaruhi sifat elektrik dari perangkat penyimpan energi. Luas Permukaan dapat dihitung menggunakan rumus:

$$S = \frac{X_m \times N \times A}{M} \quad (3.1)$$

Tabel 3.1 Data Pengujian UV-Vis

No.	Sampel	Absorbansi	Surface area (m <sup>2</sup> /g)
1	Tanpa aktivasi kimia		
2	Aktivasi KOH 1 M		
3	Aktivasi KOH 2 M		
4	Aktivasi KOH 3 M		

#### 3.5.2 Karakterisasi Menggunakan XRD

Uji XRD dilakukan untuk mengetahui struktur kristal sampel. Dta yang dihasilkan berupa diagram yang berisi berbagai informasi diantaranya yaitu, bentuk kristal, senyawa yang terbentuk, ukuran kristal, dan derajat kekristalan. Tinggi lapisan karbon aktif dan jarak antar lapisan karbon dapat dihitung dengan persamaan :

$$d = \frac{n\lambda}{2 \sin \theta} \quad (3.2)$$

$$La = \frac{1,84\lambda}{Ba \cos\theta a} \quad (3.3)$$

$$Lc = \frac{0,89\lambda}{Bc \cos\theta c} \quad (3.3)$$

Tabel 3.2 Ukuran Kristal Karbon Aktif

No.	Sampel	d (nm)	Lc (nm)	La (nm)
1	Tanpa aktivasi			
2	Aktivasi KOH 1 M			
3	Aktivasi KOH 3 M			
4	Aktivasi KOH 5 M			

### 3.5.3 Pengujian Sifat Listrik Menggunakan RCL Meter

Uji sifat listrik digunakan RCL meter frekuensi 500Hz sampai 5MHz.

Didapatkan data keluaran RCL meter sebagai berikut:

Tabel 3.3 Data Hasil Uji RCL Meter

No.	Sampel	f (Hz)	R(Ω)	Z(Ω)	C (nF)	D
1	Tanpa aktivasi fisika					
2	Aktivasi KOH 1M					
3	Aktivasi KOH 3M					
4	Aktivasi KOH 5M					

Data hasil pengukuran menggunakan LCR meter kemudian dihitung nilai Impedansi riil, Impedansi imajiner, Permetivitas riil, Permitivitas imajiner, Konduktivitas dan Kapasitansi menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Impedansi riil (Z')} = \frac{R_p}{1+(R_p C_p \omega)^2} \quad (3.4)$$

$$\text{Impedansi Imajiner } (Z'') = \frac{R_p^2 C_p \omega}{1 + (R_p C_p \omega)^2} \quad (3.5)$$

$$\text{Permitivitas relatif } (\epsilon_r) = \frac{C_d}{A \epsilon_0} \quad (3.6)$$

$$\text{Permeativitas riil } (\epsilon_r') = \frac{\epsilon_r'^2}{\sqrt{1+D^2}} \quad (3.7)$$

$$\text{Permitivitas imajiner } (\epsilon_r'') = \epsilon_r' D \quad (3.8)$$

$$\text{Kapasitansi area } (C) = \frac{C_p}{A} \quad (3.9)$$

$$\text{Konduktivitas } (\sigma) = G(\omega) \left( \frac{L}{A} \right) \quad (3.10)$$

Tabel 3.4 Data Hasil Perhitungan Uji RCL Meter

No.	Sampel	Z'	Z''	$\epsilon_r$	$\epsilon_r'$	$\epsilon_r''$	C	$\sigma$ (S/m)
		( $\Omega$ )	( $\Omega$ )	(F/m)	(F/m)	(F/m)	(F/m <sup>2</sup> )	
1	Tanpa aktivasi fisika							
2	Aktivasi KOH 1M							
3	Aktivasi KOH 3M							
4	Aktivasi KOH 5M							

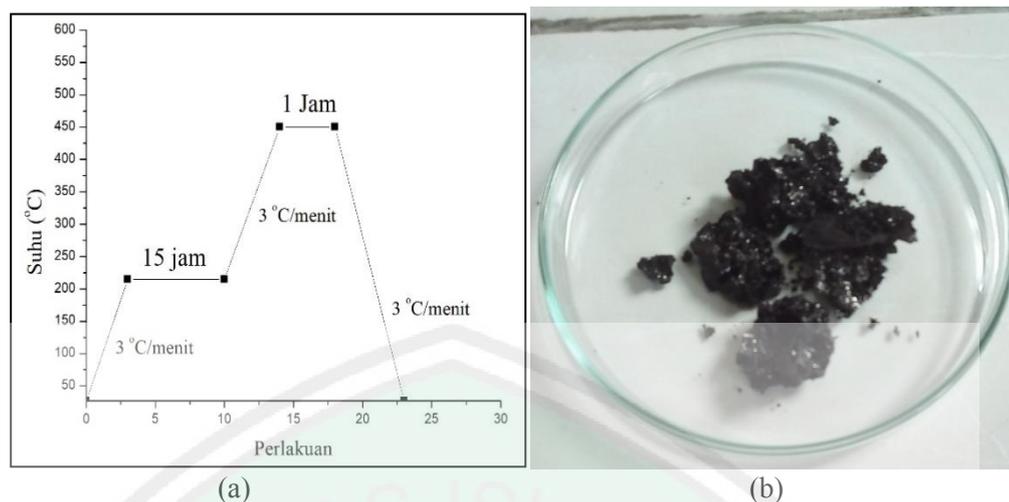
## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Data Hasil Penelitian**

#### **4.1.1 Preparasi Karbon Bulu Ayam**

Penelitian karbon bulu ayam sebagai elektroda perangkat penyimpan energi dimulai pada Maret 2019 sampai Juli 2019. Preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Riset Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dan Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Pembuatan dan karakterisasi lembar elektroda dilakukan di Laboratorium Riset Fisika dan Laboratorium Elektromagnetik Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Karakterisasi XRD dilakukan di Laboratorium Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh November.

Karbon bulu ayam dibuat dari bulu ayam yang dibersihkan dengan air mengalir dan aquades. Bulu ayam dikeringkan dibawah sinar matahari selama  $\pm 48$  jam. Bulu ayam dipirolisis pada suhu  $215\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan *holding time* 15 jam, kemudian suhu dinaikkan sampai  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam dengan kenaikan suhu  $3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ . Pemanasan dilakukan dalam keadaan vakum. Kurva kenaikan suhu ditampilkan pada gambar 4.1 a dan sampel yang sudah dipirolisis terlihat seperti pada gambar 4.1 b.



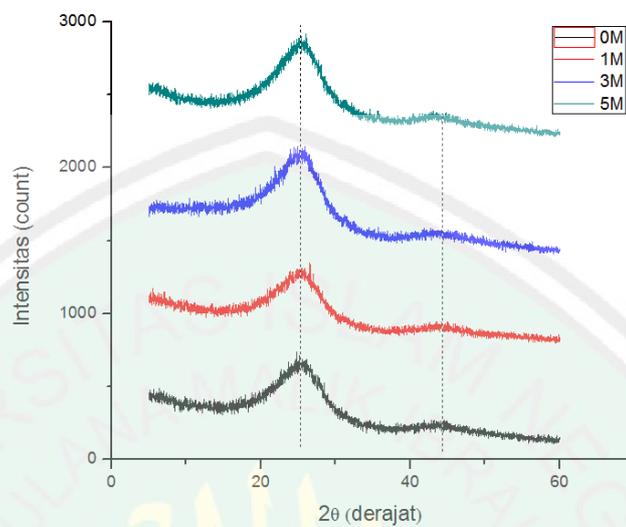
Gambar 4.1 Pirolisis Bulu Ayam, (a) Diagram Perlakuan Suhu dan (b) Hasil Pirolisis.

Karbon bulu ayam dihaluskan dengan ukuran 150 mesh. Karbon direndam selama satu jam dalam larutan toluena untuk menghilangkan zat pengotornya. Karbon disaring dan dikeringkan di udara terbuka selama  $\pm 48$  jam. Karbon diaktivasi kimia menggunakan larutan KOH dengan variasi konsentrasi 1M, 3M, dan 5M selama 24 jam. Karbon disaring dan dicuci dengan HCL 1M hingga pH serbuk netral (6 – 7), kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 100 °C selama 2 jam. Karbon diaktivasi fisika menggunakan suhu 850 °C selama 3 jam dengan kenaikan suhu 5 °C/menit. Tungku pemanas dialiri gas N<sub>2</sub> dengan kecepatan 50 cm<sup>3</sup>/menit.

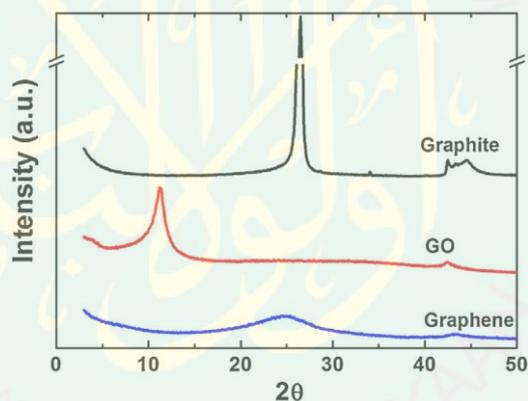
#### 4.1.2 Analisa Fasa Karbon Menggunakan XRD

Uji XRD digunakan untuk menganalisis fasa yang terbentuk pada karbon aktif. Gelombang yang digunakan bersumber dari Cu K-alpha 1,54 Å dengan rentang pengukuran dari 5 (°2θ) sampai 60 (°2θ). Hasil pengujian XRD berupa kurva yang menunjukkan hubungan antara intensitas terhadap sudut 2θ. Kurva

XRD dari karbon aktif dengan variasi konsentrasi KOH dapat dilihat pada gambar 4.2.



(a)



(b)

Gambar 4.2 (a) Difraktogram Sampel Karbon Aktif Hasil Penelitian dan (b) Referensi (Johra, 2013).

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). Posisi puncak ditunjukkan pada tabel 4.2 (a). Senyawa aktif karbon yang terbentuk memiliki struktur *graphene*. Hal tersebut dapat dilihat dari perbandingan pola XRD karbon aktif dengan *graphene* pada gambar 4.2 (b).

*Graphene* memiliki posisi bidang (002) pada sudut  $2\theta$  antara  $20-30^\circ$  dan bidang (011) pada  $42-46^\circ$  sedangkan karbon aktif pada gambar 4.2 (a) memiliki posisi bidang (002) pada sudut  $2\theta$  antara  $25-26^\circ$  dan bidang (011) pada  $43-44^\circ$ .

Tabel 4.1 Nilai FWHM dan Posisi Puncak Karbon

Sampel	FWHM (002) ( $^\circ 2\theta$ )	FWHM (011) ( $^\circ 2\theta$ )	Sudut $2\theta$ bidang (002)	Sudut $2\theta$ bidang (011)
Tanpa aktivasi	6.6177	4.3951	25,52	43,51
KOH 1M	7.119	4.8128	25,51	43,50
KOH 3M	6.6516	4.512	25,54	43,49
KOH 5M	6.3336	4.0274	25,56	43,49

Pola XRD sampel karbon aktif mengalami perubahan setelah diaktivasi. Karbon aktivasi KOH 5M memiliki puncak yang paling tajam, karena memiliki nilai FWHM yang paling kecil pada semua bidang (tabel 4.1). Hal tersebut menandakan bahwa karbon teraktivasi KOH 5M memiliki struktur kristal yang lebih baik.

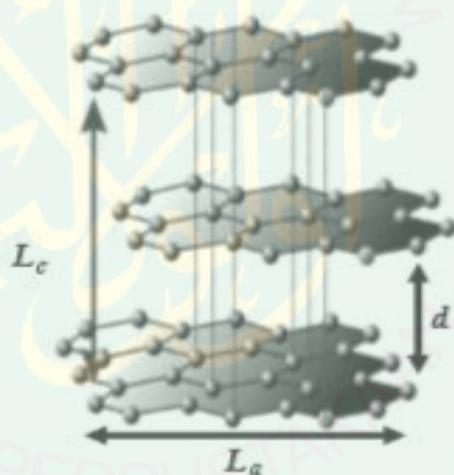
Puncak difraksi karbon aktif tidak mengalami pergeseran yang signifikan, hal ini dapat dilihat dari nilai sudut  $2\theta$  bidang yang besarnya hampir sama, yaitu pada sudut  $25^\circ$  dan  $43^\circ$ . Pergeseran puncak difraksi berpengaruh terhadap besarnya jarak antar bidang ( $d$ ). Nilai  $d$  berbanding terbalik dengan nilai  $\sin \theta$  seperti pada persamaan 4.1 (Awaluddin, 2015). Nilai  $d$  dapat dilihat pada tabel 4.2.

$$d = \frac{n\lambda}{2 \sin \theta} \quad (4.1)$$

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  $d$  (gambar 4.3) (Achmad, 2011). Tinggi ( $L_c$ ) dan lebar ( $L_a$ ) kristalit dapat dihitung menggunakan persamaan 4.2 dan 4.3 (Manoj, 2012).

$$L_a = \frac{1,84\lambda}{Bc \cos\theta a} \quad (4.2)$$

$$L_c = \frac{0,89\lambda}{Bc \cos\theta c} \quad (4.3)$$



Gambar 4.3 Struktur Kristal Karbon Aktif (Achmad, 2011).

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Struktur Kristal Sampel Karbon Aktif dengan Variasi Konsentrasi KOH

Sampel	$d_{002}$ (nm)	$L_a$ (nm)	$L_c$ (nm)
Tanpa aktivasi	0,3486	3,799	1,223
Aktivasi KOH 1M	0,3488	3,474	1,136
Aktivasi KOH 3M	0,3484	3,71	1,183
Aktivasi KOH 5M	0,3481	4,157	1,283

#### 4.1.3 Analisa Luas Permukaan Menggunakan UV-Vis

Uji UV-Vis dilakukan untuk mengetahui luas permukaan karbon dengan memanfaatkan sifat karbon aktif sebagai adsorben. Penentuan luas permukaan karbon menggunakan metode adsorpsi *methylene blue*. Kemampuan karbon aktif dalam menyerap partikel *methylene blue* menjadi ukuran besarnya luas permukaan karbon. Semakin banyak *methylene blue* yang terserap maka luas permukaan karbon semakin besar.

Karbon aktif ditimbang sebanyak 0.05 gram, kemudian dicampur dengan larutan *methylene blue* 20 ml. Larutan ditutup dengan aluminium foil. Pada proses pencampuran terjadi interaksi adsorpsi antara karbon aktif sebagai adsorben dan *methylene blue*. Selama berlangsungnya proses adsorpsi, larutan *methylene blue* terserap pada permukaan karbon aktif. Proses adsorpsi ditandai oleh adanya perubahan warna dari larutan *methylene blue* menjadi putih seperti air. Luas permukaan karbon berbanding lurus dengan banyaknya *methylene blue* yang terserap. Luas permukaan karbon dihitung menggunakan persamaan:

$$S = \frac{X_m \times N \times A}{M} \quad (4.4)$$

Dimana  $X_m$  merupakan banyaknya *methylene blue* yang terserap dalam 1 gram karbon. Hasil pengujian luas permukaan dengan metode adsorpsi *methylene blue* dapat dilihat pada table 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Luas Permukaan Karbon dengan Variasi Konsentrasi KOH

Sampel	Luas Permukaan (m <sup>2</sup> /g)
Tanpa aktivasi	20,82
KOH 1M	20,88
KOH 3M	20,69
KOH 5M	21,54

Proses aktivasi berpengaruh terhadap luas permukaan karbon aktif. Penambahan konsentrasi *activating agent* berpengaruh terhadap luas permukaan karbon. Nilai luas permukaan terbesar didapatkan oleh karbon aktif dengan aktivasi KOH 5M yaitu sebesar 21,54 m<sup>2</sup>/g. Hal ini menunjukkan bahwa aktivasi KOH 5M dapat meningkatkan luas permukaan karbon jika dibandingkan dengan nilai luas permukaan karbon aktivasi KOH 1M, 3M dan karbon tanpa aktivasi.

#### 4.1.4 Preparasi Komposit Karbon/PVdF

Pembuatan komposit karbon bulu ayam dan PVdF dilakukan untuk menguji sifat listrik pada sampel. Karbon bulu ayam yang telah diaktivasi dan PVdF disiapkan dengan perbandingan 60:40. PVdF terlebih dahulu dilarutkan dalam 2 ml DMSO yang telah dipanaskan pada suhu 90 °C dan putaran sebesar 250 rpm. Kemudian karbon dimasukkan secara perlahan ke dalam larutan selama ±10 menit di atas hot plate pada suhu 70°C dan putaran 250 rpm sampai terbentuk gel.

Gel yang telah terbentuk dioleskan pada plat tembaga dan dikeringkan dibawah lampu 80 W sampai terbentuk lembaran yang dapat terlepas dari plat tembaga. Sampel yang telah dikering kemudian diolesi dengan perak cair pada kedua sisinya. Bagian tepi sampel kemudian dipotong dengan tujuan agar tidak ada perak yang menyatu antar sisi sampel.

#### 4.1.5 Karakterisasi Sifat Listrik

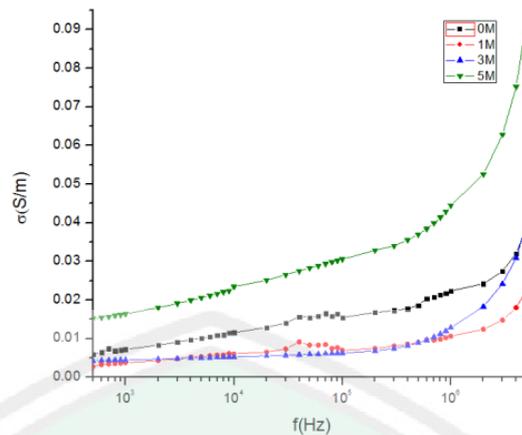
Pengujian sifat listrik dilakukan menggunakan LCR Meter Hioki 3532-50 LCR HiTESTER dengan bantuan HIOKI L2001 PINGKER PROBE. Pengujian dilakukan di Laboratorium Listrik Magnet, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi. Pengukuran sifat listrik dilakukan dengan perubahan parameter frekuensi yaitu dari 700 Hz – 3 MHz. Sifat listrik dari suatu material menjadi karakteristik penting dalam pemanfaatan material tersebut sebagai elektroda penyimpan muatan, baik konduktivitas, permitivitas, impedansi, dan kapasitansi.

Konduktivitas listrik bahan dapat dihitung menggunakan data konduktansi yang didapatkan dari uji LCR Meter. Dengan menggunakan persamaan Lee, dkk (1991) maka nilai konduktivitas listrik bahan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma = G(\omega) \left( \frac{L}{A} \right) \quad (4.5)$$

dimana,  $\sigma$ ,  $G$ ,  $L$  dan  $A$  masing-masing adalah konduktivitas (Siemens/cm), konduktansi (Siemens), tebal bahan (cm) dan luas penampang bahan (cm<sup>2</sup>). Dengan  $G(\omega)=1/R$ .

Gambar 4.4 menunjukkan nilai konduktivitas seluruh sampel yang berkisar antara 0,0028 (S/m) sampai 0,0925 (S/m). Dari nilai konduktivitas tersebut, maka sampel dapat dikategorikan sebagai semikonduktor yang memiliki nilai konduktivitas berkisar antara 10<sup>-6</sup> sampai 10<sup>4</sup> (S/m) (Callister, 2014). Karbon aktivasi KOH 5M memiliki nilai konduktivitas yang paling tinggi jika dibandingkan dengan karbon aktivasi KOH 1M, 3M dan karbon tanpa aktivasi KOH.



Gambar 4.4 Plot Konduktivitas terhadap Frekuensi.

Nilai impedansi riil ( $Z'$ ) sampel dapat dihitung dengan memasukkan nilai resistansi ( $R_p$ ), Kapasitansi ( $C_p$ ) kedalam persamaan:

$$Z' = \frac{R}{(\omega RC)^2 + 1} \quad (4.6)$$

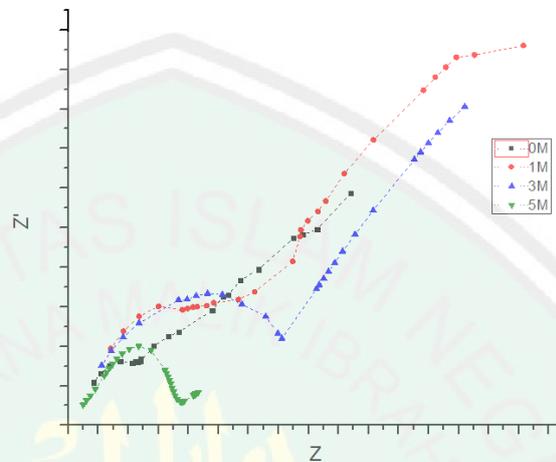
Dan impedansi riil ( $Z''$ ) menggunakan persamaan:

$$Z'' = \frac{R}{(\omega RC)^2 + 1} \quad (4.7)$$

Hasil perhitungan  $Z'$  dan  $Z''$  disajikan dalam bentuk plot Nyquist yang dapat dilihat pada gambar 4.5.

Plot nyquist didapatkan dengan memplot impedansi real ( $Z'$ ) terhadap impedansi imajiner ( $Z''$ ). Nyquist plot dapat memberikan pandangan terhadap data dengan cepat untuk interpretasi kualitatif. Nyquist plot pada gambar 4.5 terdiri dari kurva setengah lingkaran dan plot linier, dimana kurva setengah lingkaran ini mempresentasikan nilai hambatan transfer muatan ( $R_{ct}$ ). Semakin besar/lebar diameter setengah lingkaran, maka semakin besar nilai hambatan transfer muatan.

Dengan demikian, dapat dilihat bahwa karbon aktivasi KOH 5M dan karbon tanpa aktivasi KOH memiliki hambatan transfer muatan yang lebih kecil, sehingga transfer muatan dapat terjadi lebih baik.

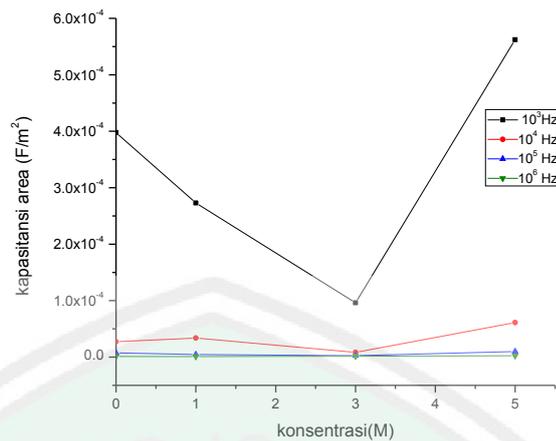


Gambar 4.5 Nyquist Plot Komposit Karbon/PVdF.

Kapasitansi area merupakan kemampuan sampel dalam menyimpan muatan pada suatu area tertentu. Nilai  $C$  dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$C = \frac{C_p}{A} \quad (4.8)$$

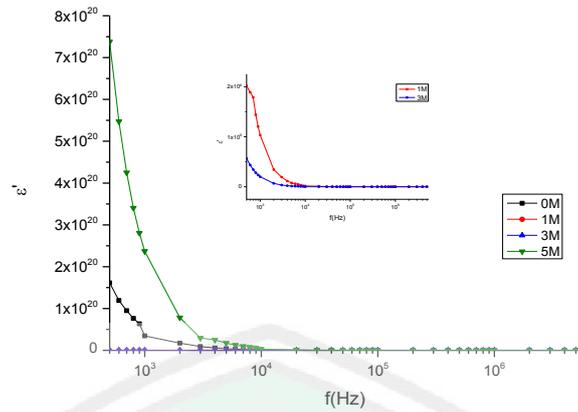
Dengan  $C_p$  adalah nilai kapasitansi yang didapatkan dari uji LCR Meter. Hasil pengukuran kapasitansi area pada beberapa frekuensi ditunjukkan pada gambar 4.6. Nilai kapasitansi area masing-masing sampel pada frekuensi  $10^3$  yaitu  $3,98 \times 10^{-4}$ ;  $2,73 \times 10^{-4}$ ;  $9,63 \times 10^{-5}$ ;  $5,62 \times 10^{-4}$  F/m<sup>2</sup>. Kapasitansi area terbesar didapatkan oleh karbon aktivasi KOH 5M.



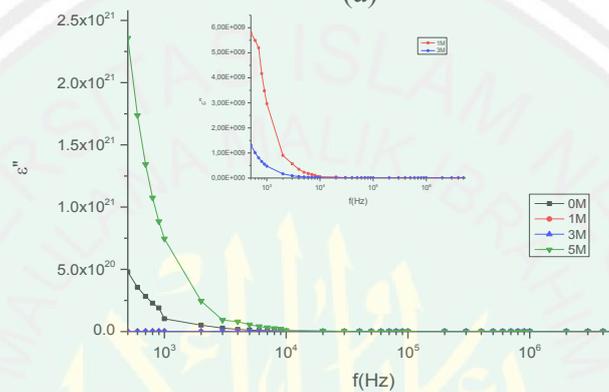
Gambar 4.6 Plot Kapasitansi Area terhadap Konsentrasi KOH pada Berbagai Frekuensi.

Permitivitas relatif menunjukkan kemampuan polarisasi suatu bahan ketika dikenai medan listrik (Dorey, 2012). Permitivitas biasanya dinyatakan dalam bentuk bilangan kompleks yang terdiri dari komponen riil dan imajiner. Bagian real permitivitas ( $\epsilon'$ ) disebut sebagai tetapan dielektrik yang menunjukkan kemampuan bahan untuk menghamburkan atau melepaskan energi. Sedangkan bagian imajiner permitivitas ( $\epsilon''$ ) disebut sebagai faktor kehilangan (loss factor) yang menyatakan kemampuan bahan menyimpan energi listrik (Hotta, 2011). Hasil permitivitas riil dan imajiner seluruh sampel sebagai fungsi frekuensi dapat dilihat pada gambar 4.7.

$$\epsilon = \epsilon' - j\epsilon'' \quad (4.9)$$



(a)



(b)

Gambar 4.7 Plot Permittivitas Seluruh Sampel terhadap Frekuensi (a) Riil, (b) Imajiner.

## 4.2 Pembahasan

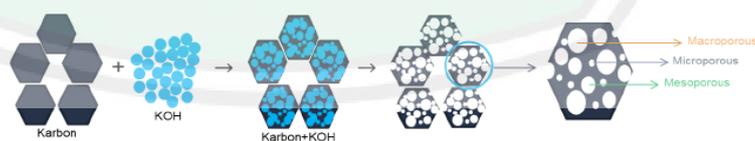
Bulu ayam merupakan salah satu limbah yang tidak dapat terurai secara alami dan perlu pengelolaan yang baik. Kandungan keratin pada bulu ayam berpotensi untuk dapat digunakan sebagai elektroda perangkat penyimpan energi. Keratin dapat mengikat ion-ion bebas dan menjadikan perangkat penyimpan energi memiliki nilai kapasitansi yang lebih baik. Dalam penelitian ini dibuat karbon bulu ayam dengan variasi konsentrasi KOH untuk meningkatkan luas permukaan karbon sehingga dapat menyimpan muatan lebih efektif.

Luas permukaan karbon merupakan karakteristik penting dalam penggunaan karbon sebagai elektroda. Semakin besar luas permukaan karbon, maka

kapasitansi pada perangkat penyimpanan energi juga semakin besar. Nilai luas permukaan terbesar didapatkan oleh karbon aktif dengan aktivasi KOH 5M yaitu sebesar 21,54 m<sup>2</sup>. Hal ini menandakan bahwa aktivasi KOH 5M dapat meningkatkan luas permukaan karbon jika dibandingkan dengan nilai permukaan karbon tanpa aktivasi. Pada karbon aktivasi KOH 5 M terbentuk pori-pori yang lebih banyak akibat pengikisan karbon oleh basa kuat sehingga luas permukaan karbon aktif mengalami peningkatan. Sedangkan karbon aktivasi KOH 1M dan 3M tidak mengalami peningkatan. Hal ini terjadi karena kecilnya konsentrasi KOH menyebabkan proses aktivasi yang tidak efektif sehingga pori-pori yang terbentuk sedikit dan luas permukaan karbon kecil. Reaksi yang dapat terjadi antara karbon dan KOH dapat digambarkan sebagai berikut (Holleman, 2001):



Produk yang dihasilkan dari reaksi adalah campuran yang dibentuk oleh karbon yang tersisa, karbonat basa dan hidroksida yang tidak bereaksi (tergantung pada kondisi reaksi). Jika residu tersebut dicuci, disaring, dan dikeringkan, sisa bahan karbon akan menjadi karbon aktif (Solano, 20012). Mekanisme pembentukan pori pada karbon dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Interaksi Karbon dengan KOH (Wang, 2012).

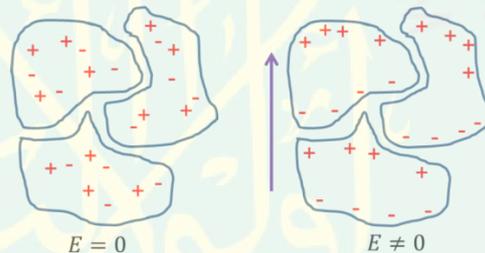
Kapasitansi area seluruh sampel dapat dilihat pada gambar 4.6. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai kapasitansi area semakin kecil dengan kenaikan frekuensi. Pada frekuensi rendah nilai kapasitansi tinggi akibat

penyearahan dipol bahan dielektrik tidak terpengaruh seperti pada frekuensi tinggi. Pada frekuensi tinggi, nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik rendah karena dipol-dipol tidak dapat mempertahankan penyerahannya pada arus bolak-balik (Rajib *et al.*, 2014). Kapasitansi area karbon aktivasi KOH 5 M memiliki nilai paling tinggi di semua frekuensi, hal ini sebanding dengan luas permukaannya. Sedangkan karbon tanpa aktivasi KOH memiliki nilai kapasitansi terbesar kedua setelah karbon aktivasi KOH 5M. Hal ini disebabkan struktur helix keratin pada karbon bulu ayam dapat mengikat ion-ion bebas sehingga karbon tanpa aktivasi KOH memiliki nilai kapasitansi yang lebih baik dibandingkan karbon aktivasi KOH 1M dan 3M.

Hasil XRD sampel menunjukkan bahwa karbon aktif yang terbentuk memiliki struktur *graphene*. Puncak difraksi karbon tidak mengalami pergeseran yang signifikan. Tetapi perubahan struktur karbon dapat diamati melalui nilai  $L_a$ ,  $L_c$  (ukuran kristalit) dan  $d$  (jarak antar layer). Ukuran kristalit dan jarak antar layer seluruh sampel dapat dilihat pada tabel 4.2. Dari ukuran kristalit dapat diketahui bahwa karbon aktivasi KOH 5M memiliki ukuran  $L_c$ ,  $L_a$  lebih besar dan jarak antar layer lebih kecil dari pada karbon yang lain.

Konduktivitas seluruh sampel berkisar antara 0,0028 (S/m) sampai 0,0925 (S/m). Karbon aktivasi KOH 5M memiliki nilai konduktivitas yang paling tinggi jika dibandingkan dengan karbon aktivasi KOH 1M, 3M dan karbon tanpa aktivasi KOH. Hal ini didukung dengan hasil plot nyquist sampel pada gambar 4.5. Pola *semicircle* karbon aktivasi KOH 5M memiliki diameter lingkaran kecil. Hal ini menandakan hambatan transfer muatan pada karbon aktivasi KOH 5M bernilai kecil, sehingga transfer muatan dapat terjadi lebih baik.

Grafik 4.7 (a,b) menunjukkan plot permitivitas terhadap frekuensi dari semua sampel. Dari grafik 4.7 dapat dilihat bahwa pola permitivitas riil dan permitivitas imajiner semua sampel diuji pada rentang frekuensi antara 0-10<sup>6</sup> Hz. Pada rentang frekuensi 0-10<sup>6</sup> Hz semua sampel mengalami polarisasi *space-charge*. Polarisasi *space-charge* dapat terjadi ketika ada akumulasi muatan pada antarmuka dua bahan atau dua wilayah dalam suatu bahan yang dikenai medan listrik. Polarisasi *space-charge* terjadi disebabkan adanya pemisahan muatan-muatan ruang, yang merupakan muatan-muatan bebas dalam ruang dielektrik. Dalam proses ini terjadi pengumpulan muatan sejenis di dua sisi dielektrik. Mekanisme polarisasi *space-charge* dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Polarisasi *Space-Charge* (Peiris, 2014).

Dari beberapa analisis yang dilakukan dapat diketahui bahwa karbon aktivasi KOH 5M memiliki sifat listrik yang lebih baik jika dibandingkan dengan karbon aktivasi KOH 1M, 3M, dan karbon tanpa aktivasi KOH. Hal ini dipengaruhi oleh struktur karbon aktif yang meliputi ukuran kristalit dan luas permukaan. Karbon aktivasi KOH 5M memiliki luas permukaan yang besar sehingga pada saat dikenai medan listrik muatan yang terpolarisasi semakin banyak dan nilai kapasitansi yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan karbon lainnya. Selain itu karbon aktivasi KOH 5M memiliki nilai  $L_a$ ,  $L_c$  yang

lebih besar sehingga muatan listrik yang tersimpan lebih banyak dibandingkan dengan karbon lainnya.

Seorang saintis khususnya fisikiawan muslim diharapkan selalu merenungkan dan memikirkan mengenai banyaknya nikmat yang Allah ciptakan untuk diambil manfaatnya. Karena tak ada segala dari ciptaan-Nya yang sia-sia semata. Binatang ternak merupakan salah satu ciptaan Allah yang memiliki banyak manfaat, antara lain daging dan susunya dapat dijadikan makanan dan minuman, kulit dan bulunya dapat dijadikan sepatu dan pakaian, dan kotorannya dapat dijadikan pupuk.

وَإِنَّ لَكُمْ فِي الْأَنْعَامِ لَعِبْرَةً ۚ نُسْقِيكُمْ مِمَّا فِي بُطُونِهَا وَلَكُمْ فِيهَا مَنفَعٌ كَثِيرَةٌ ۖ وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ ٢١

*“Dan Sesungguhnya pada binatang-binatang ternak, benar-benar terdapat pelajaran yang penting bagi kamu, kami memberi minum kamu dari air susu yang ada dalam perutnya, dan (juga) pada binatang-binatang ternak itu terdapat faedah yang banyak untuk kamu, dan sebagian daripadanya kamu makan,”* ( Q.S. Al-Mu’minuun (23):21)

Q.S. Al-Mu’minuun (23):21 menjelaskan bahwa Allah menciptakan binatang ternak dengan manfaat besar didalamnya. Kata (لَعِبْرَةً) Allah juga menunjukkan terdapat bahan pelajaran dalam binatang ternak. Manfaat yang dapat diambil dari binatang ternak yakni air susu dalam perutnya serta bulu dari domba, unta dan kambing serta manfaat-manfaat yang lainnya (dan sebagian untuk dimakan).

وَإِنَّ لَكُمْ فِي الْأَنْعَامِ لَعِبْرَةً ۚ نُسْقِيكُمْ مِمَّا فِي بُطُونِهَا مِنْ بَيْنِ فَرْثٍ وَدَمٍ لَبَنًا خَالِصًا سَائِغًا يَلْشُرِبِينَ ٦٦

*“Dan sesungguhnya pada binatang ternak itu benar-benar terdapat pelajaran bagi kamu. Kami memberimu minum dari pada apa yang berada dalam perutnya (berupa) susu yang bersih antara tahi dan darah, yang mudah ditelan bagi orang-orang yang meminumnya.”* (Q.S. An-Nahl (16):66).

Allah menjelaskan dalam Q.S. An-Nahl (16):66 bahwa selain manfaat yang tampak juga terdapat manfaat yang dapat dikaji dan dipelajari. Susu terdapat dalam perut untuk diminum, daging untuk dimakan, kulit dan bulu dibuat untuk suatu benda yang dapat menghangatkan. Begitu banyak manfaat yang terdapat dalam binatang ternak ketika dipelajari serta dilakukan eksperimen sesuai tujuan dan keperluan seperti yang telah Allah jelaskan dalam Q.S. Ghafir (40):80.

وَلَكُمْ فِيهَا مَنفَعٌ وَلِتَبْلُغُوا عَلَيْهَا حَاجَةً فِي صُدُورِكُمْ وَعَلَيْهَا وَعَلَى الْفَالِكِ تَحْمَلُونَ  
٨٠

*“Dan bagi kamu (ada lagi) manfaat-manfaat yang lain padanya (hewan ternak itu) dan agar kamu mencapai suatu keperluan (tujuan) yang tersimpan dalam hatimu (dengan mengendarainya). Dan dengan mengendarai binatang-binatang itu, dan di atas kapal mereka diangkut.” (Q.S. Ghafir (40):80).*

Binatang ternak memiliki manfaat yang begitu luas setelah dicari, dikaji dan dilakukan penelitian. Bulu ayam yang merupakan limbah jika diolah dan diproses dapat menghasilkan sesuatu yang memiliki banyak manfaat, misalnya menjadi berbagai jenis karbon. Proses penelitian dan hasilnya dapat memberikan ilmu pengetahuan baru. Rasa iman dan taqwa akan meningkat seiring bertambahnya ilmu pengetahuan yang dimiliki. Allah juga akan mengangkat derajat bagi setiap orang yang beriman dan berilmu.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu:

1. Variasi konsentrasi KOH mempengaruhi karakteristik karbon bulu ayam. Hasil XRD menunjukkan terbentuk fasa graphene pada karbon. Ukuran La dan Lc terbesar diperoleh karbon aktivasi KOH 5M yaitu 4,157 nm dan 1,283 nm. Uji luas permukaan menggunakan metode adsorpsi *methylene blue* didapatkan sampel aktivasi KOH 5M memiliki nilai terbesar yaitu 21,54 m<sup>2</sup>/g.
2. Variasi konsentrasi KOH mempengaruhi sifat listrik pada komposit karbon/PVdF. Karbon aktivasi KOH 5M memiliki nilai kapasitansi terbesar yaitu 5,62x10<sup>-4</sup> F/m<sup>2</sup>. Penambahan konsentrasi KOH pada pembuatan karbon menyebabkan luas permukaan karbon meningkat sehingga muatan yang terpolarisasi lebih banyak. Dari plot permitivitas terhadap frekuensi didapatkan bahwa pada komposit terjadi polarisasi *space-charge*. Nilai konduktivitas terbaik diperoleh karbon aktivasi KOH 5M yaitu 0,0925 (S/m).

### 5.2 Saran

Penelitian ini masih perlu dikembangkan dengan menggunakan variasi konsentrasi lain sampai ditemukan batas optimum KOH sebagai aktivator. Selain itu penelitian ini juga dapat dikembangkan dengan menggunakan *activating agent* lain yang memiliki potensi untuk meningkatkan karakteristik karbon, sehingga dapat diperoleh karbon dengan karakteristik yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Ardiles. 2011. (*skripsi*) .Pembuatan, Pencirian, dan Uji Daya Adsorpsi Arang Aktif dari Kayu Meranti Merah (*Shorea sp.*). Bogor: IPB.
- Adamson A. W. dan A. P. Gast. 1997. *Physical Chemistry of Surface*. Edisi keenam. New York: John Willey and Sons Inc.
- Agustin, Almas A. 2017. (*Skripsi*). Karakterisasi Keratin dengan Variasi KOH sebagai Bahan Anoda pada Baterai Litium. Malang: UIN Malang.
- Alberty, R. A. dan F. Daniel 1987. *Physical Chemistry*. Edisi kelima. SI version. New York: John Willey and Sons Inc.
- Al-Jazairi, Abu Bakar Jabir. 2009. *Tafsi Al Qur'an Al-Aisar jilid 6*. Jakarta Timur: Darus Sunnah.
- Al-Mahalli, Imam. J. 2008. Terjemah *Tafsir Jalalain Asbabun Nuzul Jilid 1*. Bandung: Sinar Baru Algesindo.
- Al-Quran dan Terjemahnya. 2015. Departemen Agama RI Jakarta: Forum Pelayanan Al-Quran.
- Awaluddin. 2015. Pengaruh Penambahan Bahan Dopan Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Pada Bahan Piezoelektrik Ramah Lingkungan (K<sub>0,5</sub>Na<sub>0,5</sub>)<sub>0,96</sub>Li<sub>0,04</sub>NbO<sub>3</sub> dengan Menggunakan Sintesis Metode Molten Salt. *Jurnal Fisika Unand*. vol. 4: 136-143.
- Callister, D William. 2014. *Material Science and Engenering*. USA: John Willey.
- Castello, D. L., S. A. Linares, R. A. Lillo, dkk. 2001. *Preparation of Activated Carbon From Spanish Antrachite I. Activated by KOH*. *Journal of Carbon*.
- Conway, B. E. 1999. *Electrochemical Supercapacitor: Scientific Fundamentals and Technological Aplications*. New York: Kluwer Academic-Plenum Publisher.
- Damanhuri, Enri. 2008. *Sifat dan Karakterisasi Bahan Kimia Berbahaya*. Bandung: FTSL ITB.
- Day, R. A. dan L. Underwood. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Edisi Keenam. Jakarta: Erlangga.
- Dorey, Robert. 2012. *Ceramic Thick for MEMS and Microdevices*. William Andrew Applied Science Publisher.
- Faqih, Allamah Kamal. 2005. *Tafsir Nurul Qur'an Jilid 8*. Jakarta: Al Huda.

- Fessenden, R. J. dan J. S. Fessenden. 1997. *Dasar-Dasar Kimia Organik*. Diterjemahkan oleh Maun, S., Anas, A. dan Sally, S. Jakarta: Binarupa.
- Fitriani, Lisa. 2012. (Skripsi). Studi Reaksi Reduksi CO<sub>2</sub> Dengan Menggunakan Metode Elektrokimia Menggunakan Elektroda Cu. Depok. Universitas Indonesia.
- Gandjar, I. G. dan Rohman A. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Gritzner, G. 1993. *Symbol and Definition in Electrochemical Engineering*. Pure & Appl Chem. 65 (009-020).
- Hananta, Septian. 2015. (Skripsi). Pengujian Sifat Listrik Superkapasitor dari Keratin-PVA dengan Penambahan Larutan Elektrolit.
- Hartanto, Singgih dan Ratnawati. 2010. Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia. *Jurnal sains Materi Indonesia*. Vol. 12. No. 1.
- Hastuti, Erna. 2004. (Skripsi). *Penyiapan dan Karakterisasi Bahan Dielektrik PbTiO<sub>3</sub>*. Surabaya: ITS.
- Haurowitz, F. 1984. *Biochemistry an Introduction Text Book*. New York: Wiley.
- Hayashi, J., dkk. 2000. *Preparation of Activated carbon From Lignin by Chemical Activation*. *Journal of Carbon*.
- Holleman, A. F., Wiberg E. 2001. *Inorganic Chemistry*. Sandiago: Academia Press.
- Hotta, M., Hayashi, M., dkk. 2011. *Complex permittivity of Graphite, Carbon Black and Coal Powder in the Ranges of X-band Frequencies (8.2 to 12.4 GHz) and between 1 and 10 GHz*. *ISIJ International*. (11) 1766-1772.
- Johra, F. T., Lee, M. J., dkk. 2013. *Solution-Based Fabrication of A Graphene-ZnO Nanocomposite*. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*. 66(3). 481-487.
- Junior, Miguel. 2017. Production and Characterization of Activated Carbon Fiber From Textile PaN Fiber. *Sao Jose dos Campus*. Vol. 9. 423-430
- Khuluk, Rifki Husnul. 2016. *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (cocous nucifera L.) sebagai Absorben Bahan Warna Metilen Blue*. Skripsi. Lampung: Universitas Lampung.
- Kienhe, H. A. 2003. *Battery Technology Handbook Second Edition*. New York: Marcel Dekker Inc.

- Lee, W. K., dkk. 1991. *Phys. Rev. Lett.* 67(12). 1559-1561.
- Lehninger, A. L. 1995. *Dasar-Dasar Biokimia*. Edisi kelima. Jakarta: Erlangga.
- Lempang, Mody. 2014. *Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif*. EBONI. 11: 65-80.
- Liew, R. K., Min, Nam, Phang, dkk. 2018. *Production of Activated Carbon as Catalyst Support by Microwave Pyrolysis of Palm Kernel Shell: A Comparative Study of Chemical Versus Physical Activation*. *Res Chem Intermed.* 44:3849-3865.
- Liu, J., Wang Y., Xiao K., dan Zhang Z. 2017. *Research on The Thermal Aging Behaviors of LDPE/TiO<sub>2</sub> Nanocomposites*. *Journal of Nanomaterials*.
- Liu, Min, dkk. 2015. *Biomass-derived Activated Carbon for Rechargeable Lithium Sulfur Batteries*. *BioResources.* 10:155-168.
- Liu, Yu dan Yefeng Yang. 2016. *Recent Progress of TiO<sub>2</sub>-Based Anodes for Li Ion Batteries*. *Nanomaterial.* ID 8123652:1-15.
- Manocha, Sathis M. 2003. *Porous Carbon*. *Sadhana.* 28: 33348.
- Manoj, B., A. G. Kunjomana. 2012. *Study of Stacking Structure of Amorphous Carbon by X-Ray Diffraction Technique*. *International Journal of Electrochemical Science.* 7(3127-3134).
- Marsh, H. dan R. R. Francisco. 2006. *Activated Carbon*. Elsevier Science and Technology Books: Ukraina.
- Martell, A. E. dan R. D. Hancock. 1996. *Metal Complexes in Aqueous Solution*. New York: Plenum Press.
- Martin, A., Swarbick, J. dan A. Cammareta. 1993. *Farmasi Fisik 2 Dasar-Dasar Farmasi Fisik dalam Ilmu Farmasetik*. Edisi ketiga. Jakarta: UI Press.
- McKittrick, dkk. 2012 *The Structure, Function, and Mechanical Properties of Keratin*. *Journal of Mater.* Vol. 64. 449-468.
- Newham, Robert E. 2005. *Properties of Material*. New York: Oxford University Press.
- Nurdiati, Depi Astuti. 2015. *Sintesis Komposit PANi/Karbon Dari Tempurung Kemiri (Aleuritas Mollucana) Sebagai Elektroda Kapasitor*. *Jurnal Fisika Unand.* Vol.4 No.1
- Oscik, J. 1982. *Adsorption*. England: Ellis Harwood Limited.

- Pandolfo, A. G. dan Hollenkamp, A.F. 2006. *Carbon Properties and Their Role in Supercapacitor*. Australia: CSIRO Division of Energy Technology.
- Peiris, T. A. N. 2014. (Thesis). *Microwave-Assisted Processing of Solid Materials for Sustainable Energy Related Electronic and Optoelectronic Applications*. London: Loughborough University.
- Puastuti, W. 2007. *Teknologi Pemrosesan Bulu Ayam dan Pemanfaatannya sebagai Sumber Protein Pakan Ruminansia*. Makalah Balai Penelitian Ternak. Bogor.
- Rahayu, A. N. dan Adhitiyawardana. 2014. *Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Besi Pada Air Tanah*. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. Vol. 3 No. 3.
- Rajib, M., Shuvo, M. A. I., Karim, dkk. 2014. *Temperature Influence on Dielectric Energy Storage of nanocomposites*. *Ceramics International Journal*. Vol. 41 No.1
- Riyanto. 2013. *Elektrokimia dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Rodenas, Lillo, Solano, L. A., dkk. 2003. *Understanding Chemical Reaction Between Carbon and NaOH and KOH*. *International Journal of Energy, Environment, and Economics*.
- Rodriguez-Reinoso, F., dkk. 2001. *Handbook of Surfaces and Interfaces of Materials (Porous carbon in Adsorption and Catalysis)*. San diego: Academic Press.
- Rohman, A. 2009. *Kromatografi Untuk Analisis Obat*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sari, Kartika. 2015. (Skripsi). *Pembuatan Baterai Lithium menggunakan Bahan Aktif Mesocarbon Microbead (MCMB) Sebagai Anoda Dengan Variasi Presentase Berat Pelarut N,N-Dimethyl Acetamide (DMAC)*. Sumatra Utara: USU.
- Senoz, E., Joseph F., dkk. 2013. *Pyrolyzed Chicken Feather Fibers for Biobased Composite Reinforcement*. *Journal of Polymer Applied Science*. 128(2). 983-989.
- Senoz, Erman, dan Richard P. Wool. 2011. *Hydrogen storage on Pyrolyzed Chicken Feather Fiber*. *International Journal of Hydrogen Storage*. 36:7122-7127.
- Sharma, P. dan Bhatti, T. S. 2010. *A review on Electrochemical Double-Layer capacitors*. *Energy Conversion and Management*.
- Skoog, D. A. 1963. *Fundamental of Analytical Chemistry*. United States of America: Saunders College Publishing.

- Solano, A. Linares, dkk. 2012. *NaOH and KOH For Preparing Activated Carbon Used in Energy And Environmental Applications. International Journal of Energy, Environment, and Economics*. Vol. 20 No.4.
- Sontheimer, J. E. 1985. *Activated Carbon For Water Treatment*. Netherland: Elsevier.
- Sucipto, Riza D. F. A., Yuliyatun S., dkk. 2016. Pengaruh Ukuran Sampel, Frekuensi, dan Suhu Terhadap Sifat Biolistrik Tebu (*Saccarum Officinarum*) Energy Untuk Prediksi Cepat Rendamen Tebu. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, Vol. 5 No. 3.
- Sudibandriyo, M. 2003. (*Ph. Dissertation*). *A Generalized Ono-Kondolaticce Model For High Pressure on Carbon Adsorben*. Oklahoma: Oklahoma State University.
- Vlanck, V. L. 2004. *Elemen-Elemen Ilmu dan Rekayasa Material* Edisi Keenam. Jakarta: Erlangga.
- Wang, Jiacheng dan Stefan Kaskel. 2012. *KOH Activation of Carbon-Based Materials for Energy Storage. Journal of Material Chemistry*. Vol. 6
- Wang, Q., Q. C. Xiao, X. Wang, B. Jing, H. Kuang, dan L. Zhou. 2013. *A High-Capacity carbon Prepared From Renewable Chicken Feather Biopolymer For Supercapacitor. Journal of Power Source* Vol. 225
- Yokoyama, Shinya. 2008. *Panduan untuk Produksi dan Pemanfaatan Biomasa*. Jepang: Japan Institute of Energy.
- Yu, Xinliang. 2015. *Biomass carbon derived from sisal fiber as anode material for lithium-ion batteries. Materials Letters*. Vol. 142: 193–196.
- Zhang, F. M. H., J. Chen, G. D. Li, Y. Zhang, dan J. S. Chen. 2009. *Preparation and Gas Storage of High Surface Area Microporous Carbon Derived from Biomass Source Cornstalks. Bioresource Technology*. Vol. 99.
- Zhao, J., L. Wang, X. He, C. Wan, dan C. Jiang. 2010. *Kinetic Investigation of LiCoO<sub>2</sub> by Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)*. *Journal of Electrochemical Science*, Vol. 5 No. 4.
- Zhou, Juanjuan. 2012. *An Experimental Study of All-Solid-State Mediator Supercapacitor and Fundamental Study of Interface in Polymer Electrolyte Fuel Cell*. Open Access Dissertastion. Paper 784.

## LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN BAHAN

a. Larutan KOH 1 M

Diketahui : M KOH = 1M

$$\text{Volume} = 100 \text{ ml} = 0,1 \text{ L}$$

Ditanya: Massa KOH ?

$$\begin{aligned}\text{Jawab: Mol} &= 1 \text{ M} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 1 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 0,1 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa} &= \text{mol} \times \text{Mr KOH} \\ &= 0,1 \times 56 \\ &= 5,6 \text{ gr}\end{aligned}$$

b. Larutan KOH 3 M

Diketahui : M KOH = 3M

$$\text{Volume} = 100 \text{ ml} = 0,1 \text{ L}$$

Ditanya: Massa KOH ?

$$\begin{aligned}\text{Jawab: Mol} &= 3 \text{ M} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 3 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 0,3 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa} &= \text{mol} \times \text{Mr KOH} \\ &= 0,3 \times 56 \\ &= 16,8 \text{ gr}\end{aligned}$$

c. Larutan KOH 5 M

Diketahui : M KOH = 5M

$$\text{Volume} = 100 \text{ ml} = 0,1 \text{ L}$$

Ditanya: Massa KOH ?

$$\begin{aligned}\text{Jawab: Mol} &= 5 \text{ M} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 5 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 0,5 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa} &= \text{mol} \times \text{Mr KOH} \\ &= 0,5 \times 56 \\ &= 28 \text{ gr}\end{aligned}$$

d. Pengenceran HCL 1M dari 10 M

Diketahui :  $M_1 = 10M$

$$M_2 = 1M$$

$$V_2 = 50 \text{ ml}$$

Ditanya:  $V_1 ?$

Jawab:  $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$$10 \times V_1 = 1 \times 50$$

$$V_1 = 50/10$$

$$= 5 \text{ ml}$$



## LAMPIRAN 2 DATA DAN PERHITUNGAN HASIL XRD

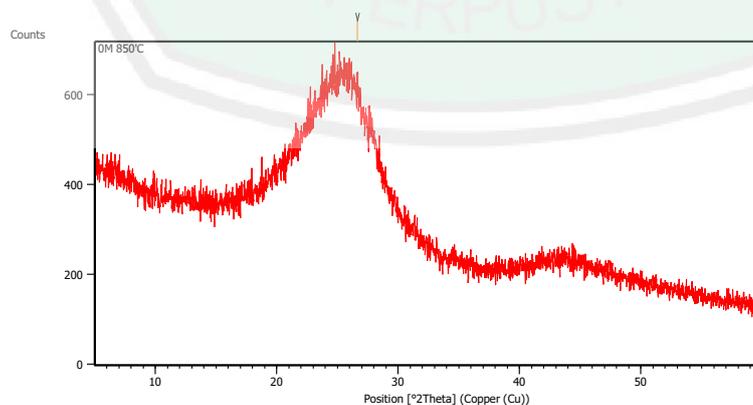
### 1. Data

Measurement Conditions :

Measurement Date / Time : 12/3/2018 7:06:00 AM  
Raw Data Origin : PHILIPS-binary (scan) (.RD)  
Scan Axis : Gonio  
Start Position [ $^{\circ}2\theta$ .] : 5.0084  
End Position [ $^{\circ}2\theta$ .] : 59.9864  
Step Size [ $^{\circ}2\theta$ .] : 0.0170  
Scan Step Time [s] : 10.1500  
Scan Type : Continuous  
Offset [ $^{\circ}2\theta$ .] : 0.0000  
Divergence Slit Type : Fixed  
Divergence Slit Size [ $^{\circ}$ ] : 0.2500  
Specimen Length [mm] : 10.00  
Receiving Slit Size [mm] : 12.7500  
Measurement Temperature [ $^{\circ}\text{C}$ ] : -273.15  
Anode Material : Cu  
K-Alpha1 [ $\text{\AA}$ ] : 1.54060  
K-Alpha2 [ $\text{\AA}$ ] : 1.54443  
K-Beta [ $\text{\AA}$ ] : 1.39225  
K-A2 / K-A1 Ratio : 0.50000  
Generator Settings : 30 mA, 40 kV  
Diffractometer Type : XPert MPD  
Diffractometer Number : 1  
Goniometer Radius [mm] : 200.00  
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] : 91.00  
Incident Beam Monochromator : No  
Spinning : No

#### a. Tanpa aktivasi KOH

Main Graphics, Analyze View:

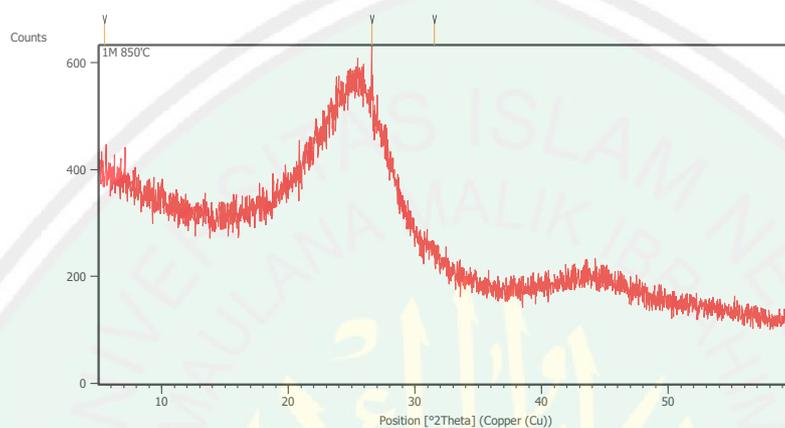


Puncak List:

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
26.6284	46.01	1.1424	3.34490	100.00

b. Aktivasi KOH 1M

Main Graphics, Analyze View:

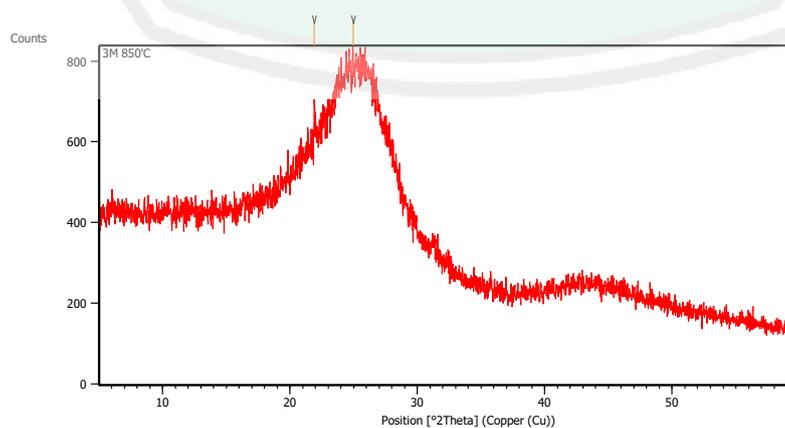


Puncak List:

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
5.4818	9.11	0.8029	16.12169	10.37
26.5958	87.88	0.1004	3.35169	100.00
31.5052	7.71	0.8029	2.83971	8.78

c. Aktivasi KOH 3M

Main Graphics, Analyze View:

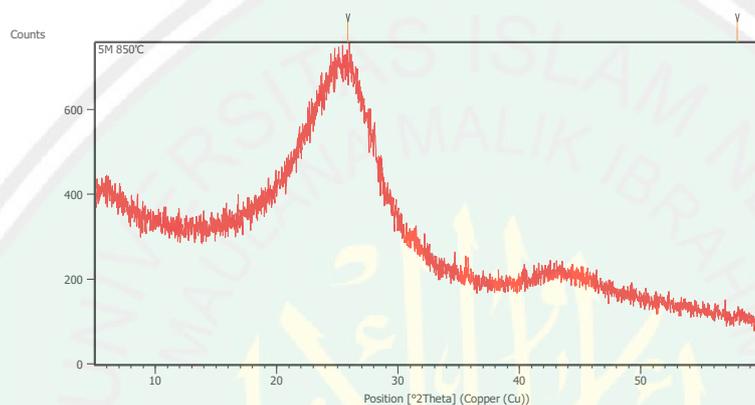


Puncak List:

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
21.9043	99.30	0.0612	4.05443	79.36
24.9443	125.13	0.0900	3.56677	100.00

d. Aktivasi KOH 5M

Main Graphics, Analyze View:



Puncak List:

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
25.8588	70.43	0.8029	3.44552	100.00
57.9507	11.08	0.8029	1.59142	15.73

2. Perhitungan kristal (La, Lc, dan d)

a. Tanpa aktivasi KOH

Diket =

$$K_c = 0,9$$

$$K_a = 1,84$$

$$\beta_1 = 0,127 \text{ rad}$$

$$\beta_2 = 0,089 \text{ rad}$$

$$\theta_1 = 12,6^\circ$$

$$\theta_2 = 21,755^\circ$$

$$\lambda = 1,54 \text{ nm}$$

Ditanya =

Lc... ? d... ?

La... ?

Jawab =

$$\begin{aligned} L_c &= \frac{K_c \lambda}{\beta_1 \cos \theta_1} & L_a &= \frac{K_a \lambda}{\beta_2 \cos \theta_2} \\ &= \frac{0,9 \times 1,54}{0,127 \times \cos 12,6} & &= \frac{1,84 \times 1,54}{0,089 \times \cos 21,755} \\ &= 1,092 \text{ nm} & &= 3,276 \text{ nm} \\ d &= \frac{\lambda}{2 \sin \theta_1} \\ &= \frac{1,54}{2 \sin 12,6} \\ &= 0,3527 \text{ nm} \end{aligned}$$

b. Aktivasi KOH 1M

Diket =

$$\begin{aligned} K_c &= 0,9 & K_a &= 1,84 \\ \beta_1 &= 0,124 \text{ rad} & \beta_2 &= 0,084 \text{ rad} \\ \theta_1 &= 12,635^\circ & \theta_2 &= 21,75^\circ \\ \lambda &= 1,54 \text{ nm} \end{aligned}$$

Ditanya =

Lc... ? d... ?

La... ?

Jawab =

$$\begin{aligned} L_c &= \frac{K_c \lambda}{\beta_1 \cos \theta_1} & L_a &= \frac{K_a \lambda}{\beta_2 \cos \theta_2} \\ &= \frac{0,9 \times 1,54}{0,124 \times \cos 12,635} & &= \frac{1,84 \times 1,54}{0,084 \times \cos 21,75} \\ &= 1,12 \text{ nm} & &= 3,474 \text{ nm} \\ d &= \frac{\lambda}{2 \sin \theta_1} \end{aligned}$$

$$= \frac{1,54}{2 \sin 12,635}$$

$$= 0,352 \text{ nm}$$

c. Aktivasi KOH 3M

Diket =

$K_c$	$= 0,9$	$K_a$	$= 1,84$
$\beta_1$	$= 0,12 \text{ rad}$	$\beta_2$	$= 0,074 \text{ rad}$
$\theta_1$	$= 12,67^\circ$	$\theta_2$	$= 21,745^\circ$
$\lambda$	$= 1,54 \text{ nm}$		

Ditanya =

Lc... ? d... ?

La... ?

Jawab =

$L_c$	$= \frac{K_c \lambda}{\beta_1 \cos \theta_1}$	$L_a$	$= \frac{K_a \lambda}{\beta_2 \cos \theta_2}$
	$= \frac{0,9 \times 1,54}{0,12 \times \cos 12,67}$		$= \frac{1,84 \times 1,54}{0,074 \times \cos 21,745}$
	$= 1,161 \text{ nm}$		$= 3,959 \text{ nm}$

$$d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta_1}$$

$$= \frac{1,54}{2 \sin 12,67}$$

$$= 0,3511 \text{ nm}$$

d. Aktivasi KOH 5M

Diket =

$K_c$	$= 0,9$	$K_a$	$= 1,84$
$\beta_1$	$= 0,11 \text{ rad}$	$\beta_2$	$= 0,07 \text{ rad}$
$\theta_1$	$= 12,68^\circ$	$\theta_2$	$= 21,745^\circ$
$\lambda$	$= 1,54 \text{ nm}$		

Ditanya =

Lc... ? d... ?

La... ?

Jawab =

$$\begin{aligned} L_c &= \frac{K_c \lambda}{\beta_1 \cos \theta_1} \\ &= \frac{0,9 \times 1,54}{0,11 \times \cos 12,68} \\ &= 1,268 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_a &= \frac{K_a \lambda}{\beta_2 \cos \theta_2} \\ &= \frac{1,84 \times 1,54}{0,07 \times \cos 21,745} \\ &= 4,156 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= \frac{\lambda}{2 \sin \theta_1} \\ &= \frac{1,54}{2 \sin 12,68} \\ &= 0,3508 \text{ nm} \end{aligned}$$



## LAMPIRAN 3 HASIL UJI UV-VIS

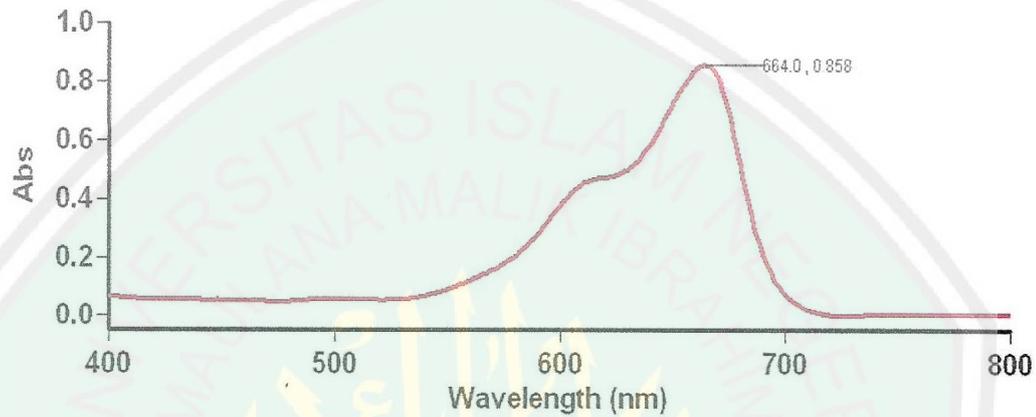
7/16/2019

Laboratorium Kimia - Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

### Lamdha Maks Methylene Blue

Tanggal Analisa : 14 Mei 2019



#### Scan Analysis Report

Report Time : Tue 14 May 11:23:15 AM 2019

Method:

Batch: D:\Layanan Analisa\Fisika UIN\Wahyu Dwi Lestari\Lamdha Maks Methylene Blue (15-05-2019).DSW

Software version: 3.00(339)

Operator: Rika

Sample Name: Methylene Blue 5 ppm

Collection Time 5/14/2019 11:23:46 AM

Peak Table

Peak Style

Peak Threshold

Range

Peaks

0.0100

800.0nm to 400.1nm

Wavelength (nm)

Abs

664.0

0.858

7/16/2019

Laboratorium Kimia - Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

## Waktu Kestabilan Methylene Blue

Tanggal Analisa : 16 Mei 2019

### Advanced Reads Report

Report time 5/16/2019 9:50:28 AM  
Method  
Batch name D:\Layanan Analisa\Fisika UIN\Wahyu Dwi Lestari\Waktu Kestabilan Methylene Blue (16-05-2019).BAB  
Application Advanced Reads 3.00(339)  
Operator Rika

#### Instrument Settings

Instrument Cary 50  
Instrument version no. 3.00  
Wavelength (nm) 664.0  
Ordinate Mode Abs  
Ave Time (sec) 0.1000  
Replicates 3  
Sample averaging OFF

Comments:

#### Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1048)	664.0

#### Analysis

Collection time 5/16/2019 9:50:28 AM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
0 menit					0.2234
					0.2229
		0.2228	0.0006	0.29	0.2221
10 menit					0.2045
					0.2040
		0.2043	0.0003	0.13	0.2044
20 menit					0.1810
					0.1806
		0.1807	0.0002	0.12	0.1806
30 menit					0.1679
					0.1681
		0.1678	0.0003	0.19	0.1675
40 menit					0.1546
					0.1548
		0.1547	0.0001	0.07	0.1548
50 menit					0.1446
					0.1445
		0.1445	0.0002	0.12	0.1443
60 menit					0.1355
					0.1354
		0.1353	0.0003	0.22	0.1349
70 menit					0.1278
					0.1281
		0.1278	0.0002	0.17	0.1277

7/16/2019

**Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek**

**Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang**

---

---

80 menit				0.1214
	0.1216	0.0002	0.16	0.1217
				0.1218
90 menit				0.1165
	0.1167	0.0002	0.18	0.1169
				0.1168

Results Flags Legend

R = Repeat reading



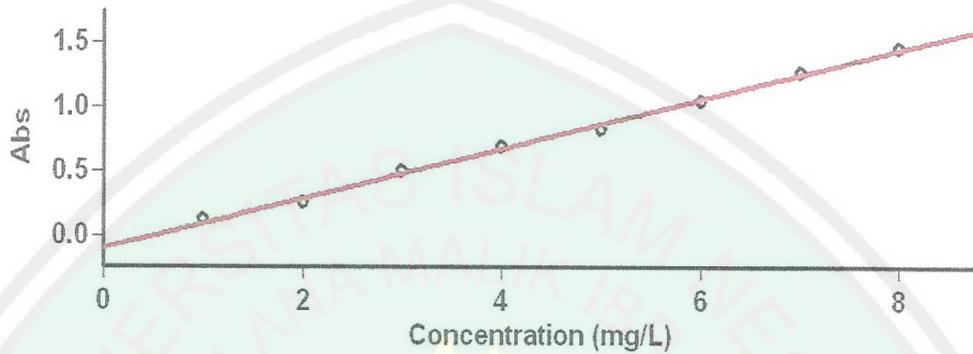
7/16/2019

Laboratorium Kimia - Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

## Kurva Standar Methylene Blue

Tanggal Analisa : 14 Mei 2019



### Concentration Analysis Report

Report time 5/14/2019 11:28:14 AM  
Method  
Batch name D:\Layanan Analisa\Fisika UIN\Wahyu Dwi Lestari\Kurva Standar Methylene Blue (15-05-2019).BCN  
Application Concentration 3.00(339)  
Operator Rika

#### Instrument Settings

Instrument Cary 50  
Instrument version no. 3.00  
Wavelength (nm) 664.0  
Ordinate Mode Abs  
Ave Time (sec) 0.1000  
Replicates 3  
Standard/Sample averaging OFF  
Weight and volume corrections OFF  
Fit type Linear  
Min R<sup>2</sup> 0.95000  
Concentration units mg/L

Comments:

#### Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1578)	664.0

#### Calibration

Collection time 5/14/2019 11:28:37 AM

Standard	Concentration mg/L	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Std 1	1.0		0.1190	0.0004	0.33	0.1194
						0.1187
						0.1189
Std 2	2.0		0.2517	0.0011	0.43	0.2525
						0.2521
						0.2505

7/16/2019

**Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek**

**Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang**

Std 3					0.4951
					0.4950
	3.0	0.4950	0.0001	0.02	0.4949
Std 4					0.6882
					0.6882
	4.0	0.6878	0.0006	0.09	0.6871
Std 5					0.8163
					0.8161
	5.0	0.8156	0.0009	0.11	0.8146
Std 6					1.0434
					1.0457
	6.0	1.0452	0.0016	0.15	1.0465
Std 7					1.2605
					1.2660
	7.0	1.2641	0.0031	0.24	1.2657
Std 8					1.4548
					1.4542
	8.0	1.4528	0.0029	0.20	1.4494

Calibration eqn                    Abs = 0.19258\*Conc -0.10022  
Correlation Coefficient        0.99670  
Calibration time                5/14/2019 11:30:53 AM

**Results Flags Legend**

U = Uncalibrated                    O = Overrange  
N = Not used in calibration        R = Repeat reading

7/16/2019

Laboratorium Kimia - Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

## Absorbansi Waktu Optimum CO

Tanggal Analisa : 03 Juli 2019

### Advanced Reads Report

Report time 7/3/2019 10:15:34 AM  
Method  
Batch name D:\Layanan Analisa\Fisika UIN\Wahyu Dwi  
Lestari\Absorbansi Waktu Optimum CO  
(03-07-2019).BAB  
Application Advanced Reads 3.00(339)  
Operator Rika

#### Instrument Settings

Instrument Cary 50  
Instrument version no. 3.00  
Wavelength (nm) 664.0  
Ordinate Mode Abs  
Ave Time (sec) 0.1000  
Replicates 3  
Sample averaging OFF

Comments:

#### Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1353)	664.0

#### Analysis

Collection time 7/3/2019 10:15:34 AM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
20 menit					0.2745
					0.2753
		0.2747	0.0005	0.20	0.2743
30 menit					0.4333
					0.4331
		0.4337	0.0008	0.18	0.4346
40 menit					0.3246
					0.3264
		0.3257	0.0010	0.30	0.3262
50 menit					0.2813
					0.2814
		0.2810	0.0006	0.22	0.2803
60 menit					0.4007
					0.4012
		0.4008	0.0003	0.07	0.4006

#### Results Flags Legend

R = Repeat reading

7/16/2019

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

## Absorbansi Waktu Optimum C1

Tanggal Analisa : 03 Juli 2019

### Advanced Reads Report

Report time 7/3/2019 2:47:09 PM  
Method  
Batch name D:\Layanan Analisa\Fisika UIN\Wahyu Dwi  
Lestari\Absorbansi Waktu Optimum C1  
(03-07-2019).BAB  
Application Advanced Reads 3.00(339)  
Operator Rika

#### Instrument Settings

Instrument Cary 50  
Instrument version no. 3.00  
Wavelength (nm) 664.0  
Ordinate Mode Abs  
Ave Time (sec) 0.1000  
Replicates 3  
Sample averaging OFF

Comments:

#### Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1396)	664.0

#### Analysis

Collection time 7/3/2019 2:47:09 PM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
20 menit					0.2661
					0.2662
		0.2659	0.0004	0.14	0.2655
30 menit					0.2993
					0.2989
		0.2991	0.0002	0.07	0.2991
40 menit					0.4084
					0.4069
		0.4074	0.0008	0.20	0.4071
50 menit					0.4151
					0.4163
		0.4163	0.0012	0.28	0.4174
60 menit					0.3829
					0.3830
		0.3830	0.0001	0.03	0.3831

#### Results Flags Legend

R = Repeat reading

7/16/2019

**Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang**

## Absorbansi Waktu Optimum C3

Tanggal Analisa : 05 Juli 2019

### Advanced Reads Report

Report time 7/5/2019 11:02:13 AM  
Method  
Batch name D:\Layanan Analisa\Fisika UIN\Wahyu Dwi  
Lestari\Absorbansi Waktu Optimum C3  
(05-07-2019).BAB  
Application Advanced Reads 3.00(339)  
Operator Rika

#### Instrument Settings

Instrument Cary 50  
Instrument version no. 3.00  
Wavelength (nm) 664.0  
Ordinate Mode Abs  
Ave Time (sec) 0.1000  
Replicates 3  
Sample averaging OFF

Comments:

#### Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1124)	664.0

#### Analysis

Collection time 7/5/2019 11:02:13 AM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
20 menit					0.3564
					0.3563
		0.3565	0.0003	0.07	0.3568
30 menit					0.3098
					0.3098
		0.3097	0.0002	0.06	0.3095
40 menit					0.4430
					0.4425
		0.4426	0.0003	0.06	0.4425
50 menit					0.3704
					0.3705
		0.3704	0.0001	0.02	0.3703
60 menit					0.2919
					0.2913
		0.2916	0.0003	0.11	0.2916

#### Results Flags Legend

R = Repeat reading

7/16/2019

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

## Absorbansi Waktu Optimum C5

Tanggal Analisa : 05 Juli 2019

### Advanced Reads Report

Report time 7/5/2019 12:27:49 PM  
Method  
Batch name D:\Layanan Analisa\Fisika UIN\Wahyu Dwi  
Lestari\Absorbansi Waktu Optimum C5  
(05-07-2019).BAB  
Application Advanced Reads 3.00(339)  
Operator Rika

#### Instrument Settings

Instrument Cary 50  
Instrument version no. 3.00  
Wavelength (nm) 664.0  
Ordinate Mode Abs  
Ave Time (sec) 0.1000  
Replicates 3  
Sample averaging OFF

Comments:

#### Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1460)	664.0

#### Analysis

Collection time 7/5/2019 12:27:49 PM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
20 menit					0.2393
					0.2387
		0.2393	0.0005	0.23	0.2398
30 menit					0.2268
					0.2273
		0.2268	0.0005	0.24	0.2262
40 menit					0.2592
					0.2578
		0.2584	0.0008	0.30	0.2581
50 menit					0.1933
					0.1929
		0.1928	0.0005	0.27	0.1922
60 menit					0.1809
					0.1816
		0.1814	0.0005	0.25	0.1817

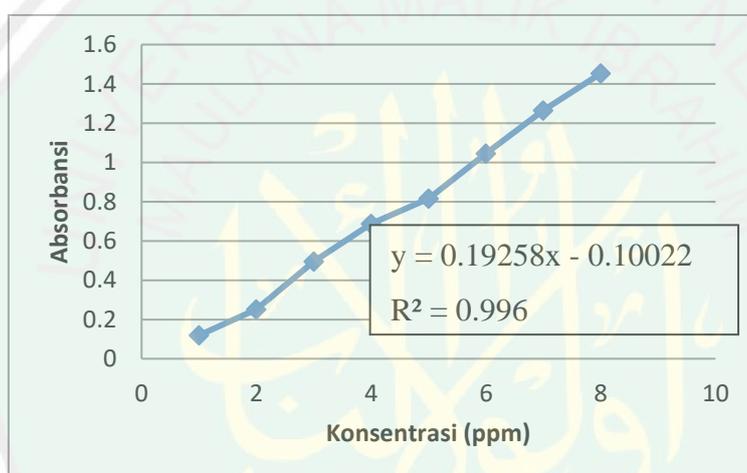
#### Results Flags Legend

R = Repeat reading

## LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN LUAS PERMUKAAN MENGGUNAKAN METODE ADSORBSI METHYLENE BLUE

### 1. Pembuatan kurva baku methylene blue

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	0.118993
2	0.251697
3	0.495019
4	0.687811
5	0.815637
6	1.045227
7	1.264077
8	1.452804



Contoh Perhitungan Penentuan Luas Permukaan

a. Menentukan konsentrasi sisa *methylene blue* setelah diadsorpsi karbon

Hasil absorbansi : 0,2517

Persamaan Kurva Baku yang didapat :

$$y = 0,19258x - 0,10022$$

$$0,2747 = 0,19258x - 0,10022$$

$$x = (0,2747 + 0,10022) / 0,19258$$

$$x = 1,9468 \text{ ppm}$$

b. Menentukan konsentrasi methylene blue teradsorpsi

$$\text{Methylene blue yang diserap karbon} = \text{MB}(16 \text{ ppm}) - \text{MB sisa}$$

$$= 16 \text{ ppm} - 1,9468 \text{ ppm}$$

$$C = 14,0532 \text{ ppm}$$

$$X_m = \left( \frac{C}{B} \times \frac{V}{1000} \right)$$

$$X_m = \frac{14,0532}{50 \text{ mg}} \times \frac{20}{1000}$$

$$X_m = 0,005621 \text{ mg/g}$$

Keterangan:  $X_m$  = Berat MB yang terserap dalam 1 gram sampel

$V$  = Volume Larutan MB (ml)

$C$  = Konsentrasi MB (ppm)

$B$  = Massa Adsorben (gram)

c. Menentukan Luas Permukaan Spesifik

$$S = \frac{X_m \cdot N \cdot A}{M_r (MB)}$$

$$S = \frac{0,005621 \times 6,02 \times 10^{23} \times 197,2 \times 10^{-20}}{320,5}$$

$$S = 20.82143 \text{ m}^2/\text{g}$$

Keterangan:  $X_m$  = Berat MB yang terserap dalam 1 gram sampel

$A$  = Luas permukaan 1 molekul methylene blue ( $197,2 \times 10^{-20} \text{ m}^2$ )

$N$  = Bilangan Avogadro ( $6,02 \times 10^{23}$  molekul/mol)

$M$  = Massa molekul methylene blue (320 g/mol)

$S$  = Luas permukaan spesifik ( $\text{m}^2/\text{g}$ )

## LAMPIRAN 5 DATA DAN PERHITUNGAN HASIL UJI RCL METER

### 1. Karbon Tanpa Aktivasi KOH

#### a. Data

<b>f(Hz)</b>	<b>Cp</b>	<b>D</b>	<b>Rp</b>	<b>θ</b>
500	3.64E-09	2.99563	27.673	-18.46
600	3.19E-09	2.97063	26.491	-18.6
700	2.84E-09	2.94372	25.77	-18.75
800	2.61E-09	2.92728	24.672	-18.9
900	2.36E-09	2.92065	24.18	-18.86
1000	2.21E-09	2.92047	23.24	-18.83
2000	1.21E-09	2.8876	20.058	19.1
3000	9.32E-10	2.90162	18.526	-18.01
4000	7.41E-10	2.93767	17.286	-18.84
5000	6.46E-10	2.96508	16.508	-18.64
6000	5.30E-10	2.99675	15.827	-18.47
7000	4.67E-10	2.99642	15.417	-18.46
8000	4.18E-10	3.01271	15.027	-18.36
9000	3.80E-10	3.02743	14.612	-18.27
10000	3.48E-10	3.02743	14.252	-18.17
20000	1.97E-10	3.09014	12.421	-17.93
30000	1.45E-10	3.01396	11.544	-18.36
40000	1.17E-10	2.95161	10.871	-18.72
50000	9.97E-11	2.91233	10.366	-18.94
60000	8.74E-11	2.88407	9.9468	-19.12
70000	7.84E-11	2.85273	8.6028	-19.38
80000	7.08E-11	2.86289	9.2535	19.25
90000	6.50E-11	2.84504	8.0174	19.37
100000	4.95E-11	3.07928	9.9383	17.95
200000	2.85E-11	3.0654	8.7764	18.12
300000	2.15E-11	2.47945	9.2463	-21.97
400000	1.73E-11	2.48027	9.5826	-21.97
500000	1.47E-11	2.46636	8.1523	-22.07
600000	1.51E-11	2.74626	6.0026	-20.02
700000	1.39E-11	2.86498	5.7442	-20.57
800000	1.29E-11	2.5811	5.5348	-21.2
900000	1.22E-11	2.50767	5.3607	-21.74
1000000	1.17E-11	2.43208	5.1926	-22.36
2000000	8.63E-12	1.74109	4.592	-29.87
3000000	8.07E-12	1.35964	3.8912	-36.32
4000000	8.24E-12	1.12404	3.2107	-41.66
5000000	8.88E-12	0.99045	2.5479	-45.29

<b>f(Hz)</b>	<b>Cp</b>	<b>D</b>	<b>Rp</b>	<b>θ</b>
<b>500</b>	3.56E-09	3.11659	27.326	-17.79
<b>600</b>	3.38E-09	3.19884	21.037	-17.36
<b>700</b>	3.45E-09	3.13076	20.078	-17.71
<b>800</b>	3.08E-09	3.12387	19.698	-17.75
<b>900</b>	2.83E-09	3.10783	19.163	-17.84
<b>1000</b>	2.63E-09	3.08267	18.264	-17.93
<b>2000</b>	1.55E-09	2.69883	16.429	-18.4
<b>3000</b>	1.15E-09	3.08396	14.646	-18.48
<b>4000</b>	8.79E-10	3.17986	13.269	-17.97
<b>5000</b>	7.18E-10	3.10175	13.145	-17.87
<b>6000</b>	6.48E-10	3.10175	12.565	-17.87
<b>7000</b>	5.70E-10	3.1208	12.176	-17.77
<b>8000</b>	4.65E-10	3.3575	12.469	-16.59
<b>9000</b>	3.37E-10	3.06417	11.277	-18.07
<b>10000</b>	3.02E-10	3.2089	11.772	-17.87
<b>20000</b>	2.97E-10	3.42893	11.285	-17.22
<b>30000</b>	1.59E-10	3.25942	9.7882	-17.08
<b>40000</b>	1.19E-10	3.21098	7.133	-18.35
<b>50000</b>	1.21E-10	2.97823	8.367	-18.54
<b>60000</b>	1.03E-10	2.97038	8.461	-18.9
<b>70000</b>	8.67E-11	2.98186	8.3093	-18.6
<b>80000</b>	6.92E-11	2.61688	10.273	-20.92
<b>90000</b>	6.34E-11	2.61485	9.9575	-20.93
<b>100000</b>	4.90E-11	2.56206	11.856	-21.47
<b>200000</b>	2.87E-11	2.28761	11.125	-23.61
<b>300000</b>	2.08E-11	2.32083	10.082	-23.31
<b>400000</b>	1.65E-11	2.36795	9.3712	-22.92
<b>500000</b>	1.39E-11	2.36668	8.8722	-22.93
<b>600000</b>	1.29E-11	2.36172	8.0258	-22.96
<b>700000</b>	1.09E-11	2.29572	8.3151	-23.51
<b>800000</b>	9.84E-12	2.24385	7.91634	-23.89
<b>900000</b>	9.43E-12	2.19838	7.7651	-24.45
<b>1000000</b>	9.16E-12	2.15673	7.3964	-24.96
<b>2000000</b>	6.93E-12	1.55062	6.2202	-32.82
<b>3000000</b>	6.50E-12	1.21415	5.1927	-39.48
<b>4000000</b>	6.61E-12	1.00471	4.2472	-44.87
<b>5000000</b>	7.09E-12	0.88973	3.3576	-48.37

## b. Perhitungan

Diketahui:  $f = 500 \text{ Hz}$

$$C_p = 3,64 \times 10^{-9}$$

$$R_p = 27,673$$

$$d = 7,8 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$A = 9,43 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\theta = -18,46$$

$$D = 2,9956$$

Ditanya: a. Konduktivitas ( $\sigma$ ), b. Kapasitansi area (C), c. Impedansi riil ( $Z'$ ), d. Impedansi Imajiner ( $Z''$ ), e. Permittivitas riil ( $\epsilon'$ ), f. Permittivitas imajiner ( $\epsilon''$ ) ?

$$\begin{aligned} \text{Jawab: a. } \rho &= \frac{R_p \times A}{d} \\ &= \frac{27,673 \times 9,43 \times 10^{-6}}{7,8 \times 10^{-4}} \end{aligned}$$

$$= 334,9$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$= \frac{1}{334,9}$$

$$= 2,99 \times 10^{-3}$$

$$\text{b. } C = \frac{C_p}{A}$$

$$= \frac{3,64 \times 10^{-9}}{9,43 \times 10^{-6}}$$

$$= 3,86 \times 10^{-4} \text{ F/m}^2$$

$$\text{c. } Z' = \frac{R_p}{1 + (R_p \times C_p \times \omega)}$$

$$= \frac{27,673}{1 + (27,673 \times 3,64 \times 10^{-9} \times (2 \times 3,14 \times 500))}$$

$$= 25,154 \text{ K}\Omega$$

$$\text{d. } Z'' = \frac{R_p^2 \times C_p \times \omega}{1 + (R_p \times C_p \times \omega)^2}$$

$$= \frac{27,673^2 \times 3,64 \times 10^{-9} \times (2 \times 3,14 \times 500)}{1 + (27,673 \times 3,64 \times 10^{-9} \times (2 \times 3,14 \times 500))^2}$$

$$= 7,961 \text{ K}\Omega$$

$$\text{e. } \epsilon_r = \frac{C_p \times d}{A \times \epsilon_0}$$

$$= \frac{3,64 \times 10^{-9} \times 7,8 \times 10^{-4}}{9,43 \times 10^{-6} \times 8,85 \times 10^{-12}}$$

$$= 3,603 \times 10^9$$

$$\varepsilon' = \frac{\varepsilon_r^2}{\sqrt{1+D^2}}$$

$$= \frac{(3,603 \times 10^9)^2}{\sqrt{1+2,9956^2}}$$

$$= 2,59 \times 10^{19}$$

f.  $\varepsilon'' = \varepsilon' \times D$

$$= 2,59 \times 10^{19} \times 2,9956$$

$$= 7,77 \times 10^{19}$$

## 2. Karbon Aktivasi KOH 1M

### a. Data

f(Hz)	Cp	D	Rp	Θ
500	2.63E-09	2.36068	39.391	-22.96
600	2.60E-09	2.35819	39.76	-22.98
700	2.31E-09	2.35403	38.412	-23.02
800	2.09E-09	2.35602	37.207	-23
900	1.91E-09	2.35948	36.161	-22.97
1000	1.76E-09	2.36418	35.212	-22.93
2000	1.02E-09	2.46323	29.378	-22.1
3000	7.26E-10	2.56526	26.547	-21.3
4000	5.64E-10	2.66184	24.812	-20.59
5000	4.61E-10	2.74641	23.64	-20.01
6000	3.90E-10	2.82194	22.716	-19.51
7000	3.38E-10	2.89212	21.97	-19.07
8000	2.98E-10	2.96084	21.375	-18.66
9000	2.66E-10	3.01809	20.882	-18.33
10000	2.41E-10	3.0692	20.491	-18.05
20000	1.22E-10	3.47302	18.055	-16.06
30000	8.16E-11	3.71734	16.899	-15.06
40000	6.12E-11	3.88191	16.221	-14.45
50000	4.91E-11	3.99517	15.727	-14.05
60000	4.12E-11	4.07278	15.356	-13.79
70000	3.56E-11	4.12808	15.055	-13.62
80000	3.14E-11	4.1652	14.802	-13.5
90000	2.82E-11	4.18812	14.582	-13.43
100000	2.56E-11	4.19935	14.409	-13.39
200000	1.42E-11	4.08715	13.283	-13.75
300000	1.07E-11	3.81577	12.591	-14.69

<b>400000</b>	8.89E-12	3.57367	12.063	-15.62
<b>500000</b>	7.80E-12	3.3689	11.619	-16.53
<b>600000</b>	7.03E-12	3.18241	11.31	-17.44
<b>700000</b>	6.51E-12	3.02119	10.973	-18.31
<b>800000</b>	6.13E-12	2.87933	10.647	-19.16
<b>900000</b>	5.84E-12	2.75367	10.338	-19.96
<b>1000000</b>	5.60E-12	2.6356	10.078	-20.78
<b>2000000</b>	4.24E-12	1.87299	8.8444	-28.11
<b>3000000</b>	3.92E-12	1.50767	7.4799	-33.56
<b>4000000</b>	3.92E-12	1.29387	6.2059	-37.78
<b>5000000</b>	4.12E-12	1.17959	4.9917	-40.29

<b>f (Hz)</b>	<b>Cp</b>	<b>D</b>	<b>Rp</b>	<b>θ</b>
<b>500</b>	3.56E-09	3.11659	27.326	-17.79
<b>600</b>	3.38E-09	3.19884	21.037	-17.36
<b>700</b>	3.45E-09	3.13076	20.078	-17.71
<b>800</b>	3.08E-09	3.12387	19.698	-17.75
<b>900</b>	2.83E-09	3.10783	19.163	-17.84
<b>1000</b>	2.63E-09	3.08267	18.264	-17.93
<b>2000</b>	1.55E-09	2.69883	16.429	-18.4
<b>3000</b>	1.15E-09	3.08396	14.646	-18.48
<b>4000</b>	8.79E-10	3.17986	13.269	-17.97
<b>5000</b>	7.18E-10	3.10175	13.145	-17.87
<b>6000</b>	6.48E-10	3.10175	12.565	-17.87
<b>7000</b>	5.70E-10	3.1208	12.176	-17.77
<b>8000</b>	4.65E-10	3.3575	12.469	-16.59
<b>9000</b>	3.37E-10	3.06417	11.277	-18.07
<b>10000</b>	3.02E-10	3.2089	11.772	-17.87
<b>20000</b>	2.97E-10	3.42893	11.285	-17.22
<b>30000</b>	1.59E-10	3.25942	9.7882	-17.08
<b>40000</b>	1.19E-10	3.21098	7.133	-18.35
<b>50000</b>	1.21E-10	2.97823	8.367	-18.54
<b>60000</b>	1.03E-10	2.97038	8.461	-18.9
<b>70000</b>	8.67E-11	2.98186	8.3093	-18.6
<b>80000</b>	6.92E-11	2.61688	10.273	-20.92
<b>90000</b>	6.34E-11	2.61485	9.9575	-20.93
<b>100000</b>	4.90E-11	2.56206	11.856	-21.47
<b>200000</b>	2.87E-11	2.28761	11.125	-23.61
<b>300000</b>	2.08E-11	2.32083	10.082	-23.31
<b>400000</b>	1.65E-11	2.36795	9.3712	-22.92
<b>500000</b>	1.39E-11	2.36668	8.8722	-22.93
<b>600000</b>	1.29E-11	2.36172	8.0258	-22.96

<b>700000</b>	1.09E-11	2.29572	8.3151	-23.51
<b>800000</b>	9.89E-12	2.23571	8.1376	-23.87
<b>900000</b>	9.43E-12	2.19838	7.7651	-24.45
<b>1000000</b>	9.16E-12	2.15673	7.3964	-24.96
<b>2000000</b>	6.93E-12	1.55062	6.2202	-32.82
<b>3000000</b>	6.50E-12	1.21415	5.1927	-39.48
<b>4000000</b>	6.61E-12	1.00471	4.2472	-44.87
<b>5000000</b>	7.09E-12	0.88973	3.3576	-48.37

### b. Perhitungan

Diketahui:  $f = 500 \text{ Hz}$

$$C_p = 3,56 \times 10^{-9}$$

$$R_p = 27,326$$

$$d = 7,3 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$A = 9,08 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\theta = -17,79$$

$$D = 3,1166$$

Ditanya: a. Konduktivitas ( $\sigma$ ), b. Kapasitansi area (C), c. Impedansi riil ( $Z'$ ), d. Impedansi Imajiner ( $Z''$ ), e. Permittivitas riil ( $\epsilon'$ ), f. Permittivitas imajiner ( $\epsilon''$ ) ?

$$\begin{aligned} \text{Jawab: a. } \rho &= \frac{R_p \times A}{d} \\ &= \frac{27,326 \times 9,08 \times 10^{-6}}{7,3 \times 10^{-4}} \\ &= 300,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{1}{\rho} \\ &= \frac{1}{300,8} \end{aligned}$$

$$= 3,32 \times 10^{-3}$$

$$\text{b. } C = \frac{C_p}{A}$$

$$= \frac{3,56 \times 10^{-9}}{9,08 \times 10^{-6}}$$

$$= 4,43 \times 10^{-4} \text{ F/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{c. } Z' &= \frac{R_p}{1 + (R_p \times C_p \times \omega)} \\ &= \frac{27,326}{1 + (27,326 \times 3,56 \times 10^{-9} \times (2 \times 3,14 \times 500))} \end{aligned}$$

$$= 24,995 \text{ K}\Omega$$

$$\begin{aligned} \text{d. } Z'' &= \frac{R_p^2 \times C_p \times \omega}{1 + (R_p \times C_p \times \omega)^2} \\ &= \frac{27,326^2 \times 3,56 \times 10^{-9} \times (2 \times 3,14 \times 500)}{1 + (27,326 \times 3,56 \times 10^{-9} \times (2 \times 3,14 \times 500))^2} \\ &= 7,633 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. } \epsilon_r &= \frac{C_p \times d}{A \times \epsilon_0} \\ &= \frac{3,56 \times 10^{-9} \times 7,3 \times 10^{-4}}{9,08 \times 10^{-6} \times 8,85 \times 10^{-12}} \\ &= 3,653 \times 10^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon' &= \frac{\epsilon_r^2}{\sqrt{1 + D^2}} \\ &= \frac{(3,653 \times 10^4)^2}{\sqrt{1 + 3,1166^2}} \\ &= 2,707 \times 10^9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{f. } \epsilon'' &= \epsilon' \times D \\ &= 2,707 \times 10^9 \times 3,1166 \\ &= 8,437 \times 10^9 \end{aligned}$$

### 3. Karbon Aktivasi KOH 3M

#### a. Data

f (Hz)	Cp	D	Rp	θ
500	2.66E-09	2.32257	47.152	-23.29
600	2.34E-09	2.31924	44.947	-23.32
700	2.08E-09	2.32251	43.173	-23.3
800	1.88E-09	2.32817	41.726	-23.24
900	1.72E-09	2.33625	40.477	-23.17
1000	1.58E-09	2.34573	39.436	-23.11
2000	9.12E-10	2.45711	32.803	-22.15
3000	6.47E-10	2.56407	29.772	-21.31
4000	5.02E-10	2.66921	27.781	-20.54
5000	4.11E-10	2.75926	26.404	-19.92
6000	3.47E-10	2.83931	25.364	-19.4
7000	3.01E-10	2.91428	24.544	-18.94
8000	2.65E-10	2.97252	23.806	-18.56
9000	2.37E-10	3.04238	23.33	-18.2
10000	1.08E-10	3.10286	22.861	-17.86
20000	7.00E-11	3.5192	20.155	-15.86
30000	5.43E-11	3.76598	18.901	-14.87

<b>40000</b>	4.37E-11	3.92292	17.563	-14.3
<b>50000</b>	3.68E-11	4.02422	17.139	-13.95
<b>60000</b>	3.19E-11	4.08946	16.793	-13.74
<b>70000</b>	2.82E-11	4.13077	16.498	-13.61
<b>80000</b>	2.54E-11	4.15443	16.241	-13.53
<b>90000</b>	2.32E-11	4.16872	16.241	-13.49
<b>100000</b>	1.32E-11	4.17938	16.021	-13.48
<b>200000</b>	1.00E-11	3.97168	14.763	-14.12
<b>300000</b>	8.40E-12	3.66567	13.932	-15.26
<b>400000</b>	7.42E-12	3.41523	13.314	-16.32
<b>500000</b>	6.74E-12	3.20232	12.794	-17.34
<b>600000</b>	6.27E-12	3.02459	12.36	-18.29
<b>700000</b>	6.27E-12	2.86772	11.948	-19.23
<b>800000</b>	5.91E-12	2.73248	11.567	-20.11
<b>900000</b>	5.64E-12	2.61402	11.198	-20.93
<b>1000000</b>	5.43E-12	2.50687	10.853	-21.74
<b>2000000</b>	4.12E-12	1.78579	9.4417	-29.25
<b>3000000</b>	3.82E-12	1.44123	7.9236	-34.76
<b>4000000</b>	3.82E-12	1.24928	6.5306	-38.89
<b>5000000</b>	4.03E-12	1.13426	5.2286	-41.4

<b>Freq (Hz)</b>	<b>Cp</b>	<b>D</b>	<b>Rp</b>	<b>θ</b>
<b>500</b>	5.21E-11	9.99999	12.011	-0.11
<b>600</b>	4.87E-11	9.99999	11.949	-0.13
<b>700</b>	4.85E-11	9.99999	11.896	-0.14
<b>800</b>	4.61E-11	9.99999	11.882	-0.16
<b>900</b>	4.56E-11	9.99999	11.891	-0.18
<b>1000</b>	4.61E-11	9.99999	11.926	-0.19
<b>2000</b>	4.06E-11	9.99999	11.875	-0.35
<b>3000</b>	4.00E-11	9.99999	11.901	-0.5
<b>4000</b>	3.61E-11	9.99999	11.819	-0.61
<b>5000</b>	3.60E-11	9.99999	11.847	-0.77
<b>6000</b>	3.58E-11	9.99999	11.833	-0.91
<b>7000</b>	3.57E-11	9.99999	11.837	-1.07
<b>8000</b>	3.57E-11	9.99999	11.809	-1.21
<b>9000</b>	3.54E-11	9.99999	11.828	-1.26
<b>10000</b>	3.53E-11	9.99999	11.81	-1.5
<b>20000</b>	3.45E-11	9.99999	11.77	-2.92
<b>30000</b>	3.38E-11	9.99999	11.709	-4.28
<b>40000</b>	3.35E-11	9.99999	11.648	-5.63
<b>50000</b>	3.33E-11	8.18725	11.603	-6.96
<b>60000</b>	3.29E-11	6.93874	11.592	-8.2

70000	3.26E-11	6.03462	11.369	-9.41
80000	3.24E-11	5.33296	11.308	-10.62
90000	3.22E-11	4.7695	11.218	-11.8
100000	3.21E-11	4.33198	11.148	-13
200000	3.05E-11	2.34845	10.218	-23.07
300000	2.96E-11	1.68511	9.1278	-30.69
400000	2.90E-11	1.36264	8.1242	-36.25
500000	2.83E-11	1.17989	7.2647	-40.28
600000	2.78E-11	1.06204	6.5356	-43.26
700000	2.74E-11	0.98212	5.9246	-45.52
800000	2.70E-11	0.92829	5.4053	-47.13
900000	2.66E-11	0.8893	4.9646	-48.35
1000000	2.33E-11	0.86013	4.5811	-49.3
2000000	2.14E-11	0.76041	2.9614	-52.76
3000000	1.94E-11	0.7683	2.1733	-52.48
4000000	1.86E-11	0.79196	1.6815	-51.62
5000000	1.89E-11	0.82573	1.2992	-50.45

### b. Perhitungan

Diketahui:  $f = 500 \text{ Hz}$

$$C_p = 2,66 \times 10^{-9}$$

$$R_p = 47,152$$

$$d = 7 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$A = 8,47 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\theta = -23,29$$

$$D = 2,3226$$

Ditanya: a. Konduktivitas ( $\sigma$ ), b. Kapasitansi area (C), c. Impedansi riil ( $Z'$ ), d. Impedansi Imajiner ( $Z''$ ), e. Permittivitas riil ( $\epsilon'$ ), f. Permittivitas imajiner ( $\epsilon''$ ) ?

$$\begin{aligned} \text{Jawab: a. } \rho &= \frac{R_p \times A}{d} \\ &= \frac{47,152 \times 8,47 \times 10^{-6}}{7 \times 10^{-4}} \\ &= 570,3 \\ \sigma &= \frac{1}{\rho} \\ &= \frac{1}{570,3} \\ &= 1,75 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. } C &= \frac{C_p}{A} \\
 &= \frac{2,66 \times 10^{-9}}{8,47 \times 10^{-6}} \\
 &= 3,15 \times 10^{-4} \text{ F/m}^2 \\
 \text{c. } Z' &= \frac{R_p}{1+(R_p \times C_p \times \omega)} \\
 &= \frac{47,152}{1+(47,152 \times 2,66 \times 10^{-9} \times (2 \times 3,14 \times 500))} \\
 &= 40,806 \text{ K}\Omega \\
 \text{d. } Z'' &= \frac{R_p^2 \times C_p \times \omega}{1+(R_p \times C_p \times \omega)^2} \\
 &= \frac{47,152^2 \times 2,66 \times 10^{-9} \times (2 \times 3,14 \times 500)}{1+(47,152 \times 2,66 \times 10^{-9} \times (2 \times 3,14 \times 500))^2} \\
 &= 16,092 \text{ K}\Omega \\
 \text{e. } \epsilon_r &= \frac{C_p \times d}{A \times \epsilon_0} \\
 &= \frac{2,66 \times 10^{-9} \times 7 \times 10^{-4}}{8,47 \times 10^{-6} \times 8,85 \times 10^{-12}} \\
 &= 2,488 \times 10^4 \\
 \epsilon_r' &= \frac{\epsilon_r^2}{\sqrt{1+D^2}} \\
 &= \frac{(2,488 \times 10^4)^2}{\sqrt{1+2,3226^2}} \\
 &= 1,13 \times 10^9 \\
 \text{f. } \epsilon'' &= \epsilon_r' \times D \\
 &= 1,13 \times 10^9 \times 2,3226 \\
 &= 2,62 \times 10^9
 \end{aligned}$$

#### 4. Karbon Aktivasi KOH 5M

##### a. Data

f(Hz)	Cp	D	Rp	Θ
500	4.91E-11	9.99999	11.786	-0.1
600	4.76E-11	9.99999	11.788	-0.12
700	4.63E-11	9.99999	11.765	-0.14
800	4.52E-11	9.99999	11.81	-0.15
900	4.40E-11	9.99999	11.784	-0.17
1000	4.42E-11	9.99999	11.769	-0.19
2000	3.95E-11	9.99999	11.733	-0.34
3000	3.86E-11	9.99999	11.768	-0.49

<b>4000</b>	3.56E-11	9.99999	11.744	-0.6
<b>5000</b>	3.55E-11	9.99999	11.716	-0.75
<b>6000</b>	3.53E-11	9.99999	11.723	-0.9
<b>7000</b>	3.53E-11	9.99999	11.722	-1.04
<b>8000</b>	3.51E-11	9.99999	11.708	-1.18
<b>9000</b>	3.51E-11	9.99999	11.731	-1.34
<b>10000</b>	3.50E-11	9.99999	11.745	-1.48
<b>20000</b>	3.41E-11	9.99999	11.704	-2.88
<b>30000</b>	3.36E-11	9.99999	11.644	-4.23
<b>40000</b>	3.33E-11	9.99999	11.572	-5.56
<b>50000</b>	3.30E-11	8.32805	11.504	-6.85
<b>60000</b>	3.28E-11	7.01679	11.447	-8.4
<b>70000</b>	3.25E-11	6.08258	11.347	-9.32
<b>80000</b>	3.23E-11	5.37767	11.284	-10.56
<b>90000</b>	3.21E-11	4.81807	11.197	-11.72
<b>100000</b>	3.19E-11	4.37682	11.098	-12.87
<b>200000</b>	3.03E-11	2.37131	10.194	-22.87
<b>300000</b>	2.95E-11	1.70097	9.1182	-30.45
<b>400000</b>	2.88E-11	1.37579	8.123	-36.01
<b>500000</b>	2.82E-11	1.18749	7.2764	-40.1
<b>600000</b>	2.77E-11	1.06756	6.5568	-43.15
<b>700000</b>	2.72E-11	0.98827	5.9376	-45.34
<b>800000</b>	2.69E-11	0.93067	5.4214	-47.06
<b>900000</b>	2.65E-11	0.89078	4.9792	-48.31
<b>1000000</b>	2.62E-11	0.86248	4.5927	-49.22
<b>2000000</b>	2.13E-11	0.76289	2.9699	-52.68
<b>3000000</b>	1.93E-11	0.77064	2.1798	-52.38
<b>4000000</b>	1.85E-11	0.79368	1.6868	-51.57
<b>5000000</b>	1.88E-11	0.82728	1.303	-50.4

<b>f(Hz)</b>	<b>Cp</b>	<b>D</b>	<b>Rp</b>	<b>Θ</b>
<b>500</b>	1.58E-08	3.19658	6.0145	-17.42
<b>600</b>	1.36E-08	3.17402	5.841	-17.49
<b>700</b>	1.20E-08	3.16077	5.6985	-17.56
<b>800</b>	1.08E-08	3.15843	5.5744	-17.57
<b>900</b>	9.78E-09	3.15368	5.4668	-17.59
<b>1000</b>	8.99E-09	3.14831	5.3571	-17.62
<b>2000</b>	5.17E-09	3.13801	4.6742	-17.63
<b>3000</b>	3.17E-09	3.14606	4.3222	-17.63
<b>4000</b>	2.92E-09	3.17	4.082	-17.46
<b>5000</b>	2.42E-09	3.2073	3.9085	-17.32
<b>6000</b>	2.07E-09	3.23795	3.7711	-17.16

7000	1.82E-09	3.27016	3.6628	-17.04
8000	1.62E-09	3.29523	3.5736	-16.88
9000	1.45E-09	3.3376	3.491	-16.68
10000	9.48E-10	3.59627	3.2913	-15.95
20000	6.91E-10	3.67805	3.0204	-15.21
30000	4.62E-10	3.94266	2.8248	-14.22
40000	3.43E-10	4.17764	2.7037	-13.46
50000	2.70E-10	4.38107	2.6193	-12.86
60000	2.22E-10	4.56924	2.5562	-12.34
70000	1.87E-10	4.73973	2.5062	-11.91
80000	1.62E-10	4.893	2.4642	-11.55
90000	1.42E-10	5.03256	2.4308	-11.14
100000	1.27E-10	5.16228	2.403	-10.97
200000	5.83E-11	6.01453	2.2381	-9.44
300000	3.72E-11	6.4037	2.1988	-8.88
400000	2.79E-11	6.55768	2.1475	-8.67
500000	2.27E-11	6.59064	2.1032	-8.63
600000	1.94E-11	6.54096	2.0645	-8.69
700000	1.72E-11	6.44983	2.0286	-8.81
800000	1.55E-11	6.34253	1.994	-8.96
900000	1.43E-11	6.21472	1.9603	-9.14
1000000	1.34E-11	6.08216	1.9249	-9.34
2000000	9.29E-12	4.46265	1.8736	-12.63
3000000	8.33E-12	3.57338	1.7172	-15.62
4000000	8.24E-12	2.99263	1.5312	-18.48
5000000	8.57E-12	2.66649	1.3045	-20.58

### b. Perhitungan

Diketahui:  $f = 500 \text{ Hz}$

$$C_p = 1,58 \times 10^{-8}$$

$$R_p = 6,0145$$

$$d = 9,7 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$A = 8,04 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\theta = -17,42$$

$$D = 3,1966$$

Ditanya: a. Konduktivitas ( $\sigma$ ), b. Kapasitansi area (C), c. Impedansi riil ( $Z'$ ), d. Impedansi Imajiner ( $Z''$ ), e. Permittivitas riil ( $\epsilon'$ ), f. Permittivitas imajiner ( $\epsilon''$ ) ?

$$\begin{aligned} \text{Jawab: a. } \rho &= \frac{R_p \times A}{d} \\ &= \frac{6,0145 \times 8,04 \times 10^{-6}}{9,7 \times 10^{-4}} \\ &= 49,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{1}{\rho} \\ &= \frac{1}{49,8} \\ &= 2,01 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } C &= \frac{C_p}{A} \\ &= \frac{1,58 \times 10^{-8}}{8,04 \times 10^{-6}} \\ &= 1,97 \times 10^{-3} \text{ F/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } Z' &= \frac{R_p}{1 + (R_p \times C_p \times \omega)} \\ &= \frac{6,0145}{1 + (11,786 \times 1,58 \times 10^{-8} \times (2 \times 3,14 \times 500))} \\ &= 5,521 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. } Z'' &= \frac{R_p^2 \times C_p \times \omega}{1 + (R_p \times C_p \times \omega)^2} \\ &= \frac{6,0145^2 \times 1,58 \times 10^{-8} \times (2 \times 3,14 \times 500)}{1 + (6,0145 \times 1,58 \times 10^{-8} \times (2 \times 3,14 \times 500))^2} \\ &= 1,649 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. } \epsilon_r &= \frac{C_p \times d}{A \times \epsilon_0} \\ &= \frac{1,58 \times 10^{-8} \times 9,7 \times 10^{-4}}{8,04 \times 10^{-6} \times 8,85 \times 10^{-12}} \\ &= 2,68 \times 10^{10} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon' &= \frac{\epsilon_r^2}{\sqrt{1 + D^2}} \\ &= \frac{(2,68 \times 10^{10})^2}{\sqrt{1 + 3,1966^2}} \\ &= 1,48 \times 10^{21} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{f. } \epsilon'' &= \epsilon' \times D \\ &= 1,48 \times 10^{21} \times 3,1966 \\ &= 4,72 \times 10^{21} \end{aligned}$$

## LAMPIRAN 6 GAMBAR PENELITIAN



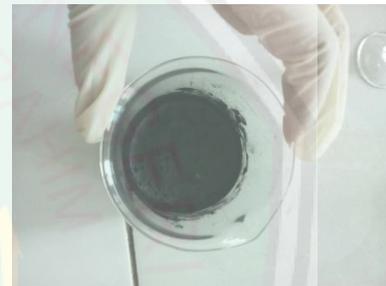
Pembuatan dan aktivasi fisika karbon menggunakan alat unit pirolisis



Karbon bulu ayam



Penghalusan karbon



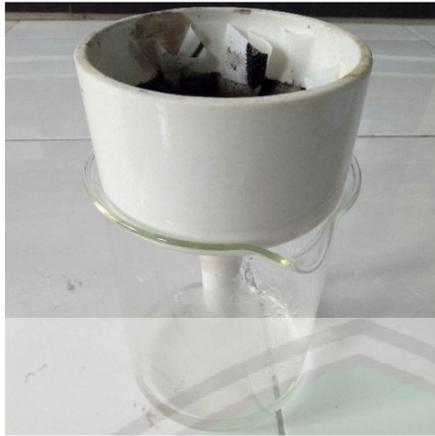
Perendaman karbon dengan toluena



Aktivasi karbon dengan KOH 5M



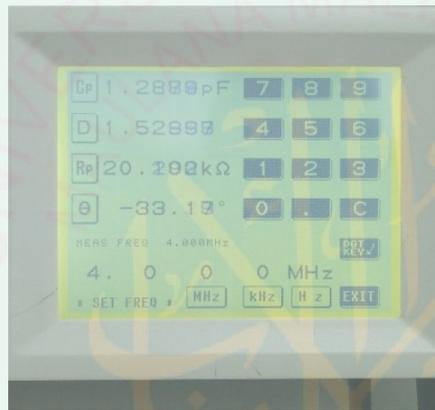
PVDF bahan untuk membuat *slurry*



Pencucian Karbon dengan HCl 1M dan aquades untuk menetralkan pH



Lembaran Tembaga sebagai tempat pengeringan slurry



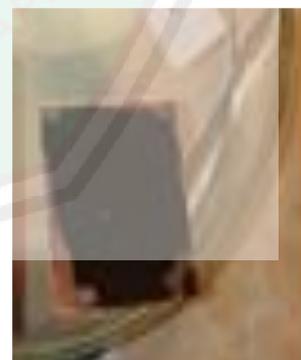
Uji Sifat Listrik Menggunakan RCL Meter



Proses karbon menggunakan oven



Pembuatan Slurry



Pengeringan lembaran karbon dibawah lampu



KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Wahyu Dwi Lestari  
NIM : 15640078  
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika  
Judul Skripsi : Pengaruh Konsentrasi KOH Terhadap Karakteristik Karbon Bulu Ayam/PVdF Sebagai Elektroda Pernagkat Penyimpan Energi  
Pembimbing I : Erna Hastuti, M.Si  
Pembimbing II : Ahmad Abtokhi, M.Pd

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	6 Februari 2019	Konsultasi Bab I, II, dan III	
2	14 Februari 2019	Konsultasi Bab I, II, dan III	
3	21 Februari 2019	Konsultasi Bab I, II, dan III	
4	28 Februari 2019	Konsultasi Bab I, II, III dan ACC	
5	16 September 2019	Konsultasi Data Hasil Bab IV	
6	23 Oktober 2019	Konsultasi Data Hasil Bab IV	
7	24 Januari 2020	Konsultasi Bab IV	
8	3 Februari 2020	Konsultasi Bab IV	
9	10 Februari 2020	Konsultasi Bab IV	
10	25 Februari 2020	Konsultasi Kajian Agama	
11	26 Februari 2020	Konsultasi Kajian Agama dan ACC	
12	30 Maret 2020	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan ACC	

Malang, 03 April 2020  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika,

Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003