

Skripsi

**PENENTUAN KAPASITANSI SPESIFIK KARBON AKTIF TEMPURUNG
KELAPA (*Cocos nucifera* L) HASIL MODIFIKASI DENGAN HNO_3 , H_2SO_4
DAN H_2O_2 MENGGUNAKAN METODE *CYCLIC VOLTAMMETRY* (CV)**

NURSANTI

H311 12 902



JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2016

**PENENTUAN KAPASITANSI SPESIFIK KARBON AKTIF TEMPURUNG
KELAPA (*Cocos nucifera L*) HASIL MODIFIKASI DENGAN HNO_3 , H_2SO_4
DAN H_2O_2 MENGGUNAKAN METODE *CYCLIC VOLTAMMETRY* (CV)**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains*

Oleh :

**NURSANTI
H 311 12 902**



MAKASSAR

2016

SKRIPSI

**PENENTUAN KAPASITANSI SPESIFIK KARBON AKTIF TEMPURUNG
KELAPA (*Cocos nucifera L*) HASIL MODIFIKASI DENGAN HNO₃, H₂SO₄
DAN H₂O₂ MENGGUNAKAN METODE *CYCLIC VOLTAMMETRY* (CV)**

Disusun dan diajukan oleh

NURSANTI

H311 12 902

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing Utama



Dr.Sci. Muhammad Zakir, M.Si
NIP. 19701103 199903 1001

Pembimbing Pertama



Dr. Abd. Karim, M.Si
NIP. 19620710 198803 1002

Bismillahirrahmanirrahim

”Sesungguhnya sesudah ada kesulitan akan datang kemudahan,
maka kerjakanlah urusanmu dengan sungguh-sungguh dan hanya
kapada Allah kamu berharap”
(terjemahan Surat *Asy-Syar-i*: 6-8)*)

Niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman
di antaramu
dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat.
(terjemahan Surat *Al-Mujadalah* ayat 11)*)

Hidupku perjuanganku.

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim. Alhamdulillahirabbilalamin.

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena berkat rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis berhasil menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penentuan Kapasitansi Spesifik Karbon Aktif Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera L*) Hasil Modifikasi dengan HNO_3 , H_2SO_4 dan H_2O_2 Menggunakan Metode *Cyclic Voltammetry (CV)*”. Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua dan kakak, tercinta, Ibunda **Nureni**, Ayahanda **Baharuddin Ngade’** dan kakak **Muhammd Arifin Ngade’, SH** dan **Nurhadi Laupa, SE** yang tak hentinya menyemangati, mendukung, menasehati dan mendoakan sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah SWT membalas pengorbanan mereka dengan surga-Nya. Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Dr. Muhammad Zakir, M.Si** selaku Pembimbing Utama dan Bapak **Dr. Abd. Karim, M.Si** selaku Pembimbing Pertama, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing dan memberikan ilmu yang begitu berharga serta ucapan maaf atas segala kesalahan selama persiapan penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai. Ucapan terima kasih juga kepada:

1. Ketua dan Sekretaris Jurusan Kimia, Dr. Indah Raya, M.Si dan Dr. Muhammad Zakir, M.Si, seluruh Dosen yang telah membagi ilmunya serta staf Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin. Terima kasih bantuan dan kerja samanya.

2. Tim Penguji Ujian Sarjana Kimia, Prof. Dr. Nunuk Hariani Soekamto, MS, Dr. Indah Raya, M.Si dan Dr. Syarifuddin Liong, M.Si. Terima kasih atas bimbingan dan saran-saran yang diberikan.
3. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Republik Indonesia (Dikti). Terima kasih yang sebesar-besarnya atas bantuan beasiswa BidikMisi yang telah diberikan selama \pm 4 tahun.
4. Seluruh analis laboratorium: Pak Sugeng, Kak Fiby, Kak Linda, Ibu Tini, Kak Anti, Pak Iqbal dan Pak Irsan. Terima kasih atas bantuan yang diberikan selama penelitian.
5. Rekan-rekan penelitian bidang Kimia Fisika: Riska wulandari, Ulfa mulia, Salmawati, Rezky Dwiana, Rifka Saputri, Harfianti, Rahmawati, Gisella Tamara, Widya Astuti, Fidatul, Sita Masita, Yenni, Asriandy, Arya Anugrah, dan Jefri.
6. Rekan-rekan Kimia Angkatan 2012. Terima kasih atas semua dukungan, semangat dan persahabatan yang telah kalian berikan. Semoga kelak kita semua menjadi orang-orang yang sukses.
7. Riska Wulandari dan Nur Aqlia yang telah banyak memberikan dukungan dan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Semua pihak yang tidak sempat tersebut namanya yang telah memberikan bantuan, dukungan dan doa kepada penulis. Penulis sadar bahwa apa yang disajikan dalam skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak. Akhirnya, penulis berharap semoga skripsi ini dapat

memberikan manfaat kepada para peneliti selanjutnya dalam bidang Kimia Fisika khususnya material penyimpan energi elektrokimia.

Makassar, Desember 2014

Penulis

NURSANTI

ABSTRAK

Penelitian “Penentuan Kapasitansi Spesifik Karbon Aktif Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera L*) Hasil Modifikasi dengan HNO_3 , H_2SO_4 dan H_2O_2 ” bertujuan untuk mengetahui nilai kapasitansi spesifik karbon aktif tempurung kelapa (*cocos nucifera L*) yang telah dimodifikasi menggunakan metode *Cyclic Voltammetry* (CV). Pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa dilakukan dengan pemanasan suhu tinggi menggunakan tanur yaitu pada suhu 300-600 °C selama 1 jam dan diaktivasi secara kimia menggunakan aktivator H_3PO_4 dengan perbandingan 4:1, 5:1 dan 6:1, dengan cara perendaman terhadap karbon aktif tempurung kelapa selama 24 jam. Luas permukaan karbon aktif tempurung kelapa sebelum dan sesudah aktivasi berturut-turut adalah 103.4342 m²/g, 104.9846 m²/g, 109.1928 m²/g dan 105.6490 m²/g. Berdasarkan pengukuran *Cyclic Voltammetry* (CV) menunjukkan bahwa pada proses modifikasi permukaan karbon aktif tempurung kelapa dapat meningkatkan nilai kapasitansi spesifik. Kapasitansi spesifik karbon aktif tempurung kelapa sebelum dan sesudah modifikasi adalah 1225.229 µF/g, 3266.438 µF/g, 3884,615 µF/g, dan 4910.569 µF/g.

Kata kunci: Modifikasi permukaan, kapasitansi spesifik, *Cyclic Voltammetry* (CV), Karbon aktif, Tempurung kelapa.

ABSTRACT

Research of “Determination of Specific Capacitance of Activated Carbon Coconut Shell (*Cocos Nucifera L*) the result of modification with HNO_3 , H_2SO_4 , and H_2O_2 ” with purpose to know values of capacitance of specific Activated Carbon Coconut Shell (*Cocos Nucifera L*) which has been modification using Cyclic Volammetry (CV) method. Production of activated carbon from coconut shell is done by using a high-temperature heating using furnace that is upon a temperature 300-600 ° C for 1 hour and be activated by chemistry using H_3PO_4 activator with a ratio 4:1, 5:1, and 6:1, carried out by immersion the coconut shell activated carbon for 24 hours. The surface area of coconut shell activated carbon before and after activation respectively are 103.4342 m^2/g , 104.9846 m^2/g , 109.1928 m^2/g , and 105.6490 m^2/g . Based on measurements of the Cyclic Volammetry (CV), showed that the surface modification process of coconut shell activated carbon can improve of the values of capacitance. Specific Capacitance of Activated Carbon Coconut Shell before and after of the modification process are 1225.229 $\mu\text{F}/\text{g}$, 3266.438 $\mu\text{f}/\text{g}$, 3884.615 $\mu\text{F}/\text{g}$, and 4910.569 $\mu\text{F}/\text{g}$.

Key Words: surface modification, specific capacitance, Cyclic Volammetry (CV), Activated Carbon, Coconut Shell.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Maksud Penelitian.....	4
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penyimpanan Energi (<i>Energi Storage</i>).....	6
2.2.1 Baterai, Sel Bahan Bakar, dan Kapasitor Elektrokimia.....	6
2.2. Karbon Aktif.....	9

2.2.1 Jenis-jenis Karbon Aktif.....	10
2.2.2 Proses Pembuatan Karbon Aktif.....	10
2.3 Tempurung Kelapa.....	11
2.4 Kapasitansi Spesifik	12
2.5 Modifikasi Permukaan Karbon Aktif.....	14
2.6 Karakterisasi Karbon Aktif	15
2.6.1 <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV).....	15
2.6.2 <i>X-ray Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	16
2.6.3 Metode Metilen Biru	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1 Bahan Penelitian.....	18
3.2 Alat Penelitian.....	18
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	18
3.4 Prosedur Penelitian.....	19
3.4.1 Preparasi Sampel.....	19
3.4.2 Karbonisasi Tempurung Kelapa.....	19
3.4.3 Aktivasi.....	19
3.4.4 Modifikasi Permukaan	20
3.4.5 Karakterisasi Permukaan Karbon Aktif Secara Kimia dari Tempurung Kelapa dengan Metode Boehm	20
3.4.6 Karakterisasi Fisika Karbon Aktif Tempurung Kelapa.....	20
3.4.6.1 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR	21
3.4.6.2 Karakterisasi Luas Permukaan dengan Metode Metilen Biru... ..	21
3.4.7 Pembuatan Elektroda Kerja.....	21

3.4.8 Pengukuran Kapasitansi Spesifik.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Preparasi Karbon Tempurung Kelapa.....	23
4.2 Karbonisasi Tempurung Kelapa.....	23
4.3 Aktivasi Karbon Tempurung Kelapa.....	24
4.4 Penentuan Luas Permukaan Karbon Tempurung Kelapa Sebelum dan Setelah Aktivasi.....	25
4.5 Modifikasi Permukaan Karbon Aktif Tempurung Kelapa.....	28
4.6 Karakterisasi Karbon Aktif Berdasarkan Titrasi Boehm.....	30
4.7 Pengukuran Kapasitansi Spesifik.....	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Representasi baterai, kapasitor elektrokimia, dan sel bahan bakar.....	8
2. Struktur karbon amorf.....	9
3. Sistem Peralatan Spektroskopi FTIR.....	16
4. Preparasi Sampel.....	23
5. Hasil Karbonisasi 100 Mesh.....	24
6. Kurva Kalibrasi Deret Standar Metilen Biru.....	26
7. Hasil Spektrum FTIR Karbon Aktif Tempurung Kelapa.....	29
8. Elektroda Pasta Karbon.....	32
9. Voltammogram Elektroda Pasta Karbon.....	33

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perbandingan tempurung dan arang tempurung kelapa.....	12
2. Nilai Absorbansi Deret Standar Metilen Biru.....	26
3. Luas Permukaan Karbon Tempurung Kelapa.....	27
4. Hasil Titration Boehm.....	31
5. Hasil Pengukuran Kapasitansi Spesifik.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Skema Prosedur Kerja.....	41
2. Perhitungan Luas Permukaan Karbon.....	50
3. Perhitungan Titrasi Boehm.....	53
4. Kelompok Fungsional pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa.....	60
5. Perhitungan Kapasitansi Spesifik Karbon Aktif Tempurung Kelapa.....	63
6. Dokumentasi Hasil Penelitian.....	65

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/Singkatan	Arti
C	Kapasitansi Spesifik
CV	<i>Cyclic Voltammetry</i>
EDL	<i>Electric Double Layer</i>
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared</i>
$\text{m}^2 \text{g}^{-1}$	meter kuadrat per gram
μm	mikrometer
mV/s	miliVolt/second
ppm	<i>Part Per Million</i>
UV-Vis	Ultra Violet-Visible
V	Volt
V/s	Volt/second

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini telah sampai pada masa dimana kebutuhan energi semakin meningkat. Peningkatan terhadap kebutuhan energi berkaitan erat dengan perkembangan kegiatan ekonomi dan pertambahan jumlah penduduk. Hal ini terjadi secara global, termasuk di Indonesia. Dari segala aspek mengalami peningkatan dari tahun ke tahun baik dari segi pertumbuhan ekonomi, pertambahan penduduk, pengembangan wilayah, pengembangan industri, dan pembangunan.

Menurut pusat data dan informasi energi serta Sumber Daya Mineral kementerian ESDM dalam kajian Indonesia “Energi Outlook” Tahun 2012 menyatakan bahwa terdapat beberapa masalah energi yang dihadapi oleh Indonesia yaitu subsidi energi yang semakin meningkat hingga mencapai 255,6 triliun rupiah pada tahun 2011, Jumlah masyarakat yang belum mendapatkan akses energi listrik berkisar 87, 69 juta penduduk, keterbatasan infrastruktur domestik yang menjadi tantangan dan permasalahan dalam memenuhi kebutuhan energi domestik, serta ketergantungan terhadap minyak masih dominan mencapai 49,7 %. Ancaman ini mengharuskan segala pihak untuk menemukan sumber energi alternatif lain yang dapat mengatasi persoalan terkait energi salah satunya yaitu produksi energi secara elektrokimia.

Menurut Dell dan Rand (2001), produksi energi secara elektrokimia menjadi salah satu sumber energi alternatif yang perlu dipertimbangkan dalam menangani krisis energi dunia. Sistem penyimpanan energi secara elektrokimia terdiri atas tiga

macam yaitu sel baterai, bahan bakar (*fuel cell*), dan kapasitor elektrokimia (Winter dan Brodd, 2004).

Kapasitor elektrokimia merupakan salah satu jenis superkapasitor yang memiliki penyimpanan energi dengan densitas tinggi dan siklus yang panjang. Sifat kapasitas suatu kapasitor dipengaruhi oleh struktur material penyusunnya, dimana pada struktur material tergantung metode sintesa, temperatur, tekanan operasi, bahan baku (precursor) dan substrak yang digunakan. Salah satu bahan elektroda superkapasitor yang saat ini yang banyak digunakan adalah karbon aktif melalui pemanfaatan pori-pori yang berukuran skala nanometer. Permukaan pori-pori yang besar pada karbon aktif akan menghasilkan elektroda dengan luas permukaan yang besar (Prandika dan Susanti, 2013).

Karbon aktif merupakan bahan yang umum digunakan untuk kapasitor elektrokimia karena luas permukaan yang tinggi, dan kestabilan fisika-kimia yang baik (Frackowiak dan Beguin, 2002). Karbon aktif dari biomassa dapat dibuat dari tempurung kelapa, ampas tebu, tongkol jagung, sabut kelapa, sekam padi dan batu bara. Bahan baku pembuatan karbon aktif yang digunakan pada penelitian ini adalah tempurung kelapa (Taer dkk, 2015).

Tempurung kelapa merupakan salah satu material organik yang digunakan untuk menghasilkan unsur karbon yang selanjutnya dihasilkan produk berupa arang dan arang aktif. Tempurung kelapa salah satu bahan organik yang memiliki ragam unsur tergantung kondisi lingkungannya (Wachid dan Darminto, 2012). Beberapa karakteristik tempurung kelapa yaitu memiliki mikropori yang banyak, kadar abu yang rendah dan reaktivitas yang tinggi (Taer dkk, 2015).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Pembayun dkk (2013) mengenai pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa menggunakan aktivator $ZnCl_2$, dan

Na_2CO_3 . Nilai kapasitansi spesifik karbon aktif dengan menggunakan aktivator Na_2CO_3 yaitu sebesar 220,751 mg F/g dan konsentrasi zat pengaktif yaitu 2,5 % w/w, 7,5 % w/w. Pada aktivator ZnCl_2 didapat kadar air yang lebih tinggi dari aktivator Na_2CO_3 , hal ini menunjukkan bahwa pori-pori yang dihasilkan pada proses aktivasi dengan menggunakan aktivator ZnCl_2 lebih banyak sehingga sifat higroskopis dari karbon aktif juga semakin meningkat.

Selain luas permukaan yang tinggi, struktur pori, dan kestabilan fisika-kimia yang baik, modifikasi permukaan juga memiliki pengaruh terhadap karakteristik suatu material karbon, khususnya sebagai bahan elektroda superkapasitor. Modifikasi permukaan merupakan modifikasi karbon aktif yang dilakukan untuk penambahan gugus aktif. Karbon aktif yang dimodifikasi mengandung gugus fungsional yang berbeda dapat digunakan untuk aplikasi teknologi seperti ekstraksi kation logam dari air (Shen dkk, 2008). Pada penelitian yang dilakukan Ismanto (2010) terkait modifikasi permukaan karbon aktif dari kulit singkong menggunakan larutan HNO_3 , H_2SO_4 , dan H_2O_2 , menunjukkan bahwa nilai kapasitansi spesifik paling tinggi diperoleh dari karbon aktif yang permukaannya dimodifikasi dengan HNO_3 , lebih tinggi dibandingkan karbon aktif tanpa modifikasi permukaan. Penentuan luas permukaan dapat dilakukan dengan menggunakan metilen biru (Labanni' dkk., 2015). Semakin besar luas permukaan maka nilai kapasitansi akan semakin besar (Frackowiak dan Beguin, 2001). Nilai kapasitansi spesifik dari karbon aktif yang berasal dari bahan biomassa masih sangat rendah oleh karena itu berbagai perlakuan untuk meningkatkan nilai kapasitansi telah dilakukan, nilai kapasitansi bahan karbon dapat di naikkan dengan menurunkan ukuran pori pada skala nano (Chmiola dkk, 2006). Selain itu salah satu cara dalam meningkatkan nilai kapasitansi spesifik adalah dengan memanfaatkan efek gelombang ultrasonik (Suslic dkk, 1999).

Karbon aktif termodifikasi selanjutnya akan diukur nilai kapasitansi spesifiknya dengan metode siklik voltametri merupakan metode untuk elektroanalisis pengukuran analit yang berdasarkan pengukuran arus sebagai fungsi potensial. Hasil pengukuran berupa kurva berbentuk voltammogram yang menunjukkan hubungan antara potensial dengan arus. Teknik ini didasarkan pada variasi penggunaan potensial pada elektroda kerja dalam arah maju dan balik (*reverse*) dengan pencatatan arus yang ditimbulkannya (Mulyani, dkk., 2012)

Berdasarkan penjelasan diatas maka dilakukanlah penelitian mengenai pembuatan karbon aktif melalui aktivasi dengan aktivator H_3PO_4 85 %. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya dengan menggunakan modifikasi permukaan HNO_3 , H_2SO_4 dan H_2O_2 . Pada penelitian ini akan disintesis karbon aktif tempurung kelapa melalui dua tahapan yakni karbonisasi, dan aktivasi kimia menggunakan H_3PO_4 untuk modifikasi permukaan HNO_3 , H_2SO_4 dan H_2O_2 .

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa luas permukaan karbon aktif tempurung kelapa (*cocos nucifera L*) sebelum dan sesudah aktivasi menggunakan aktivator H_3PO_4 ?
2. Bagaimana pengaruh modifikasi permukaan menggunakan HNO_3 , H_2SO_4 dan H_2O_2 karbon aktif tempurung kelapa (*cocos nucifera L*) terhadap perubahan gugus?
3. Berapa nilai kapasitansi spesifik karbon aktif tempurung kelapa (*cocos nucifera L*) dengan menggunakan metode *Cyclic Voltammetry*?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Untuk mengetahui nilai kapasitansi spesifik karbon aktif dari bahan dasar

tempurung kelapa (*cocos nucifera L*) dengan aktivator H_3PO_4 melalui modifikasi permukaan dengan HNO_3 , H_2SO_4 dan H_2O_2 menggunakan metode *Cyclic Voltammetry*.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan luas permukaan karbon aktif tempurung kelapa (*cocos nucifera L*) sebelum dan sesudah aktivasi menggunakan aktivator H_3PO_4 .
2. Menentukan pengaruh modifikasi permukaan menggunakan HNO_3 , H_2SO_4 dan H_2O_2 karbon aktif tempurung kelapa (*cocos nucifera L*) terhadap perubahan gugus fungsi.
3. Menentukan nilai kapasitansi spesifik karbon aktif tempurung kelapa (*cocos nucifera L*) dengan menggunakan metode *Cyclic Voltammetry* (CV).

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat antara lain:

1. Sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terhadap pembuatan karbon aktif tempurung kelapa sebagai material bahan penyimpanan energi elektrokimia
2. Memberikan data karakteristik karbon aktif tempurung kelapa sebagai bahan penyimpan energi elektrokimia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penyimpanan Energi (*Energi Storage*)

Energi elektrokimia adalah salah satu sumber energi alternatif yang perlu dipertimbangkan dalam menangani krisis energi di dunia (Dell dan Rand, 2001). Penyimpanan energi merupakan suatu metode untuk menyimpan beberapa bentuk energi yang bisa diambil pada suatu waktu tertentu untuk berbagai kepentingan. Bentuk-bentuk energi terdapat energi didalamnya energi potensial, energi kimia, energi kinetik, energi termal adalah bentuk-bentuk energi yang bisa diakumulasi (Winter dan Brodd, 2004). Kapasitor elektrokimia merupakan sistem penyimpanan energi yang berbahan karbon nanopori (Frackowiak dan Beguin, (2001). Kapasitor elektrokimia mampu menjembatani kinerja kritis antara kapasitor konvensional dan baterai. Densitas energi kapasitor elektrokimia lebih besar daripada kapasitor konvensional dan densitas dayanya lebih besar daripada baterai. Berdasarkan mekanisme penyimpanan muatan, kapasitor elektrokimia dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *electric double layer capacitor* (EDLC) dan material karbon aktif (Widyantoro dan Susanti, 2013).

2.1.1 Baterai, Sel Bahan Bakar, dan Kapasitor Elektrokimia

Sistem penyimpanan energi secara elektrokimia terdiri atas baterai, sel bahan bakar, (*fuel cell*), dan kapasitor elektrokimia. Walaupun mekanisme penyimpanan dan konversi energi yang berbeda, ada kemiripan secara elektrokimia dari ketiga sistem tersebut. didalam baterai dan sel bahan bakar, energi listrik dibangkitkan melalui konversi energi dari reaksi redoks pada anoda dan katoda, atau elektroda

negatif dan positif (Winter, dan Brodd, 2004).

Baterai merupakan unit yang menyimpan suatu bahan energi kimia yang mengubah langsung ke energi listrik. Baterai adalah sistem tertutup, dimana anoda dan katoda berfungsi sebagai transfer muatan dan mengambil peran aktif dalam reaksi redoks sebagai “massa aktif” atau material yang membangkitkan arus listrik melalui reaksi kimia didalam sistem baterai. Dengan kata lain, penyimpanan dan konversi energi dalam ruang yang sama. Sebuah baterai biasanya terdiri dari tiga komponen penting, yaitu batang karbon sebagai anoda (kutub positif baterai), seng (Zn) sebagai katoda (kutub negative baterai), pasta sebagai elektrolit (penghantar) (Winter dan Brodd, 2004).

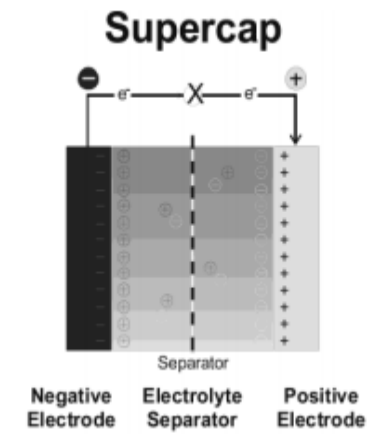
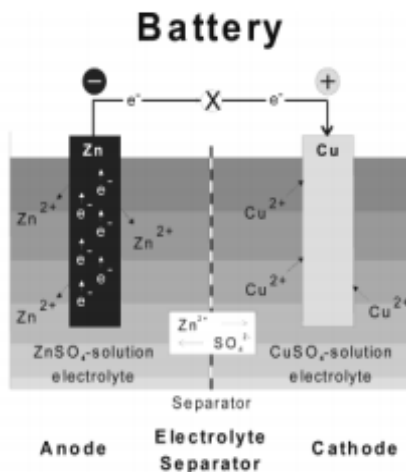
Sel bahan bakar merupakan sistem yang terbuka dimana anoda dan katoda hanyalah medium muatan dan massa aktif yang mengalami reaksi redoks dimasukkan dari luar sel, apakah dari lingkungan, seperti oksigen dari udara, dari tangki, misalnya bahan bakar (*fuel*) seperti hidrogen dan hidrokarbon. Pada sel bahan bakar (*fuel cell*), seperti baterai mengkonversi energi kimia menjadi energi listrik. Sel bahan bakar terdiri dari sebuah anoda dimana terjadi oksidasi, katoda terjadi pengurangan dan elektrolit dimana ion membawahi arus antara elektroda. Sel bahan bakar biasanya menggunakan oksigen di katoda dan suatu gas yang dapat dioksidasi pada anoda. Sel AFC (*Alkaline Fuel Cell*) adalah tipe sel bahan bakar yang digunakan untuk membangkit tenaga listrik dalam pesawat ruang angkasa pada misi Apollo ke bulan (Winter dan Brodd, 2004).

Dalam kapasitor elektrokimia, energi tidak dibangkitkan melalui reaksi redoks. Oleh karena itu, penggunaan istilah anoda dan katoda mungkin tidak terlalu cocok. Lapisan ganda listrik (EDL: *Electrical Double Layer*) akan terbentuk dan

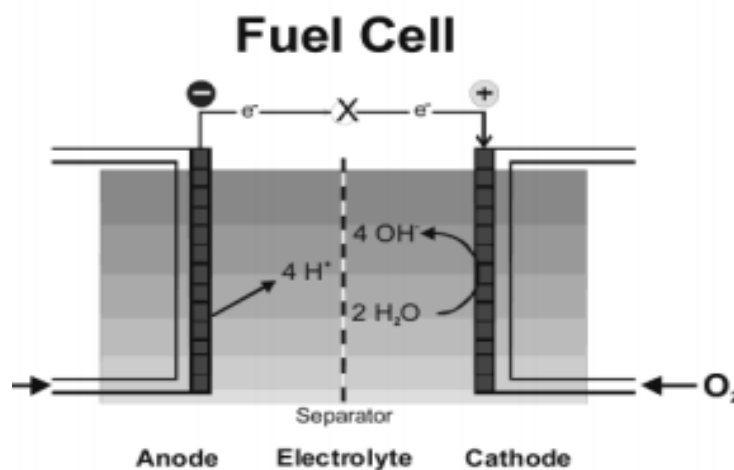
terlepas sesuai orientasi ion-ion elektrolit dalam larutan elektrolit atau antara muka elektrolit. Pembentukan dan pelepasan EDL akan menyebabkan pergerakan elektron yang paralel dalam kabel eksternal, yaitu pada proses pembangkit energi.

(a)

(c)



(b)

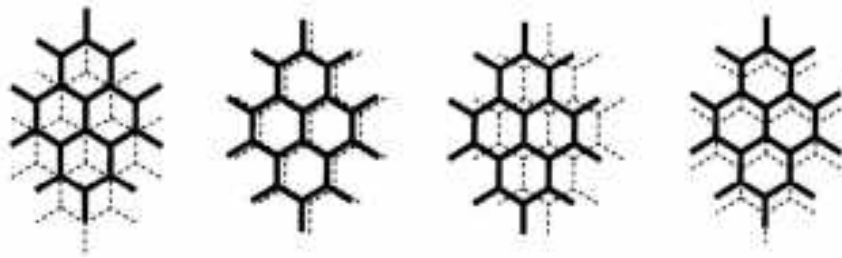


Gambar 1.(a) Representasi baterai (sel Daniel: $Zn/Zn^{2+} || Cu^{2+}/Cu$), (b) sel bahan bakar dengan suplai reaktan yang kontinyu (hidrogen pada anoda dan oksigen pada katoda) dan reaksi redoks di dalam sel, (c) kapasitor elektrokimia yang

menggambarkan penyimpanan energi dalam EDL pada antar muka elektroda elektrolit (Winter dan Brodd, 2004).

2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa karbon amorf, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas, dimana karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaannya (Jamilatun dkk, 2014). Luas permukaan karbon aktif umumnya berkisar antara 300-3000 m²/g dan ini terikat dengan struktur pori pada karbon aktif tersebut.



Gambar 2. Struktur karbon amorf (Tanaka dkk., 1997)

Karbon aktif adalah material berpori dengan kandungan karbon 87-97 % dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur, dan material lain. Karbon aktif merupakan karbon yang telah diaktivasi sehingga terjadi pengembangan struktur pori yang bergantung pada metode aktivasi yang digunakan. Struktur pori menyebabkan ukuran molekul teradsorpsi terbatas, sedangkan bila ukuran partikel tidak bermasalah, kuantitas bahan yang diserap dibatasi oleh luas permukaan karbon aktif (Austin, 1996). Karbon aktif yang baik memenuhi standar kualitas karbon aktif mencakup konsentrasi air, konsentrasi abu, dan karbon aktif murni (Asbahani, 2013).

2.2.1 Jenis-jenis Karbon Aktif

Berdasarkan penggunaannya, karbon aktif terbagi menjadi dua jenis yaitu karbon aktif untuk fasa cair dan karbon aktif untuk fasa uap (Sembiring dan Sinaga, 2003).

- Karbon aktif untuk fasa cair

Karbon aktif untuk fasa cair biasanya berbentuk serbuk. Karbon aktif untuk fasa cair biasanya dibuat dari bahan yang memiliki berat jenis rendah seperti kayu, batu lignit, dan bahan yang mengandung lignit seperti limbah hasil pertanian.

- Karbon aktif untuk fasa uap

Karbon aktif untuk fasa uap biasanya berbentuk butiran/granular. Karbon aktif jenis ini biasanya dibuat dari bahan yang memiliki berat jenis lebih besar seperti tempurung kelapa, batu bara, dan residu minyak bumi. Karbon aktif jenis ini digunakan dalam adsorpsi gas dan uap misalnya adsorpsi emisi gas hasil pembakaran bahan bakar pada kendaraan seperti CO dan NO_x

2.2.2 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Secara umum, proses pembuatan karbon aktif terdiri atas 3 tahap yaitu dehidrasi, Karbonisasi, dan aktivasi.

- Dehidrasi

Dehidrasi adalah proses penghilangan kandungan air yang terdapat dalam karbon aktif dengan tujuan untuk menyempurnakan proses karbonisasi.

- Karbonisasi

Karbonisasi (pengarangan) adalah suatu proses pirolisi (pembakaran) tak sempurna dengan udara terbatas dari bahan yang mengandung karbon.

Karbonisasi akan menyebabkan terjadinya dekomposisi material organik bahan baku dan pengeluaran pengotor. Karbonisasi dilakukan pada suhu 650 °C, 700 °C, dan 750 °C selama 120 menit.

- Aktivasi

Aktivasi adalah suatu proses perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi.

2.3 Tempurung Kelapa

Tanaman kelapa disebut juga sebagai tanaman serbaguna karena dari akar sampai pada daun kelapa bermanfaat. Buah kelapa terdiri dari sabut kelapa, tempurung kelapa, daging kelapa dan air kelapa. Sabut kelapa merupakan bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm, dan merupakan bagian luar dari buah kelapa. Tempurung kelapa terletak di sebelah dalam sabut, ukuran buah kelapa dipengaruhi oleh ukuran tempurung kelapa yang sangat dipengaruhi oleh usia dan perkembangan tumbuhan kelapa. Tempurung kelapa beratnya antara 15-19 % berat kelapa (Suhartana, 2006).

Kandungan kimia dari tempurung kelapa yaitu selulosa (34 %), hemiselulosa (21 %) dan lignin (27 %) sedangkan komposisi unsur terdiri atas karbon(74.3%), Oksigen (21.9 %), Silikon (0.2 %), Kalium (1.4 %) dan Sulfur (0.5 %) dan Posfor (1.7 %). Perubahan komponen dan kandungan tempurung kelapa menjadi arang tempurung kelapa menghasilkan kandungan karbon yang tinggi dengan sedikit kenaikan persentase kandungan abu, menghilangkan kandungan *moisture* dan

pengurangan kandungan *volatile*. Jika dibandingkan dengan arang bahan alami lain seperti arang batang buah jagung, gabah padi dan tempurung buah cokelat (12-20 % karbon), arang tempurung kelapa memiliki kandungan karbon yang tinggi sehingga berpotensi menjadi sumber karbon aktif (Tamado dkk, 2013).

Tabel 1. Perbandingan tempurung dan arang tempurung kelapa(Tamado dkk, 2013).

Bahan	Komponen	Kandungan (%)
1.Tempurung Kelapa	Moisture	10,46
	Volatile	67,67
	Karbon	18,29
	Abu	3,58
2. Arang Tempurung Kelapa	Volatil	10,60
	Karbon	76,32
	Abu	13,08

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Pembayun (2013), karbon aktif dapat dibuat dari arang tempurung kelapa dengan berbagai aktivasi kimia yaitu $ZnCl_2$, Na_2CO_3 , H_3PO_4 dan lain-lain, disertai pirolisis pada suhu $700\text{ }^{\circ}C$. dimana karakterisasi karbon aktif yang dihasilkan telah sesuai dengan SII No. 0258-79, dengan kadar air sebesar 0,382-1,619 %, kadar abu 2, 28-7,79 %, *iodine number* 448,02-1599,72 mg/g, *surface area* 189,630-1900,69 m^2/g . semakin tinggi konsentrasi aktivator maka semakin tinggi persen removal dari fenol yang telah diadsorpsi oleh karbon aktif

2.4 Kapasitansi Spesifik

Pengukuran nilai kapasitansi spesifik ini bergantung pada luas permukaan dari karbon. Berdasarkan teori, semakin luas permukaan pori maka nilai kapasitansi

spesifiknya akan semakin tinggi. elektroda karbon dianalisis untuk pengukuran kapasitansi dengan menggunakan metode voltammogram siklis Solatron Interface 1286 dengan menggunakan tiga elektroda yaitu: elektroda kerja, elektroda referensi dan elektroda counter dengan lamtan elektrolit asam sulfat IM (Yanuar dkk, 2010).

Pengukuran Voltammogram siklis berdasarkan perbedaan ketebalan menunjukkan hubungan penambahan terhadap tegangan yang akan diasumsikan untuk menentukan besarnya nilai kapasitansi spesifik dari pelet karbon. Nilai kapasitansi spesifik dapat diperoleh berdasarkan dimana besar arus yang dihasilkan pada kurva voltammogram siklis dapat ditentukan dengan cara menentukan nilai tengah dari besar tegangan. Nilai kapasitansi spesifik semakin berkurang setiap penambahan laju scan, hal ini dapat dipahami dengan mudah bahwa pada laju scan rendah, ion akan berpindah dan berdifusi ke dalam pori dengan mudah sehingga menyebabkan kapasitansi spesifiknya menjadi besar. Namun pada laju scan yang besar, ion-ion sulit untuk berdifusi ke dalam pori yang mengakibatkan ion-ion hanya berada pada permukaan pori saja, alhasil nilai kapasitansi spesifiknya pun kecil (Yanuar dkk, 2010).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Wati (2015), pada kapasitansi elektroda superkapasitor dari tempurung kelapa memperoleh nilai kapasitansi sebesar 10 F/g^{-1} . Kecilnya nilai kapasitansi dikarenakan luas permukaan karbon aktif yang masih rendah. Hal ini dikarenakan pada saat sintesis karbon aktif kemungkinan pori-pori masih banyak yang belum terbuka dan tertutup oleh impuritas lainnya. Serta penyimpanan dari karbon aktif ini harus diletakkan dalam tempat penyimpanan kedap udara, karena pori-pori karbon aktif bersifat adsorben.

Sehingga dalam pembuatan elektroda karbon aktif ini memerlukan perlakuan khusus agar luas permukaannya bisa ditingkatkan kembali (Wati dkk, 2015).

2.5 Modifikasi Permukaan Karbon Aktif

Modifikasi permukaan merupakan suatu modifikasi permukaan kimia karbon berpori yang dimana sebuah karbon aktif yang dimodifikasi mengandung suatu kelompok fungsional yang dapat digunakan untuk aplikasi teknologi. Permukaan kimia dapat dimodifikasi dengan berbagai metode seperti pengobatan asam, oksidasi dan lain-lain. Modifikasi permukaan dari karbon aktif berbasis batubara dilakukan dengan menggunakan termal dan oksidasi kimia asam nitrat (Shen dkk, 2008).

Proses modifikasi permukaan karbon aktif ada beberapa larutan oksidator yang pernah digunakan dalam penelitian sebelumnya seperti H_2O_2 , $NaOCl$, $(NH_4)_2S_2O_8$, $AgNO_3$, HNO_3 dan H_2SO_4 M. Selain itu, penelitian ini menggunakan tetra butil ammonium iodida (TBAI) dan natrium dietil dithiokarbamat. Modifikasi permukaan karbon aktif dilakukan untuk menambah gugus aktif. Gugus aktif yang akan ditambah merupakan gugus oksigen. Gugus-gugus aktif pada permukaan karbon akan menghilang pada waktu pembuatan karbon aktif, hal ini terjadi karena pada saat pembuatan karbon aktif menggunakan temperatur yang tinggi sehingga mengakibatkan gugus aktif terlepas dan yang tersisa adalah karbon (Harti dkk, 2014).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ariyanti (2014), modifikasi tepung umbi talas dilakukan dengan proses oksidasi menggunakan H_2O_2 dengan konsentrasi 2 % dari suspensi lingkungan asam menggunakan katalis ion logam tembaga dengan konsentrasi 0,1 % dari suspensi. Penelitian ini mengkaji pengaruh konsentrasi suspensi, konsentrasi katalis, konsentrasi oksidator, dan temperatur dari proses modifikasi dengan cara oksidasi menggunakan larutan H_2O_2 . Larutan H_2O_2

dipilih sebagai pengoksidasi karena larutan ini mudah didapat, mudah pengendaliannya sehingga tidak mencemari lingkungan dan dapat bereaksi dengan cepat pada suhu kamar (30°C) atau pada suhu 40°C .

2.6 Karakterisasi Karbon Aktif

2.6.1 Cyclic Voltammetry (CV)

Teknik *cyclic voltammetry* merupakan teknik paling luas yang digunakan untuk mengetahui informasi kuantitatif dan kualitatif dari reaksi elektrokimia. Teknik ini didasarkan pada variasi penggunaan potensial pada elektroda kerja dalam arah maju dan balik (*reverse*) dengan pencatatan arus yang ditimbulkannya. Potensial yang digunakan biasanya berubah secara linear sebagai fungsi waktu, nilai perubahan potensial terhadap waktu tersebut *scan rate* (v) (Mursyida, 2006).

Voltametri siklik mengukur nilai listrik sebagai fungsi aliran potensial dengan rentang potensial awal sama dengan potensial akhir. Perpindahan elektron pada bagian antar muka elektroda-elektrolit terjadi pada saat potensial diubah secara linear dengan laju tertentu sampai suatu potensial tertentu yang memungkinkan senyawa elektroaktif sel mengalami reaksi redoks. Perpindahan elektron ini menyebabkan kenaikan arus mencapai suatu nilai tertentu yang kemudian akan turun kembali. Pada saat turun kembali, potensial dialurkan kearah sebaliknya sehingga senyawa yang terbentuk mengalami reaksi reduksi bila sebelumnya mengalami oksidasi atau sebaliknya (Wang, 2000).

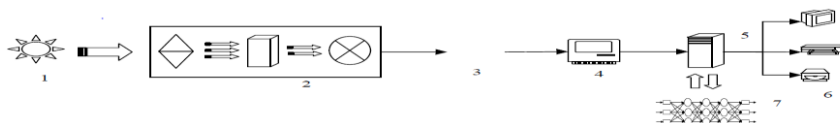
Dengan metode voltametri, analit diberikan potensial yang bervariasi secara sistematis sehingga analit yang mengalami reaksi reduksi dan oksidasi pada permukaan elektroda kerja. Variasi potensial yang diberikan akan menghasilkan arus listrik sehingga dapat diperoleh grafik hubungan arus listrik dalam satuan A (*ampere*)

terhadap variasi potensial dalam satuan V (*volt*), grafik ini disebut dengan voltammogram (Dien, 2011).

2.6.2 *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Fourier Transform Infrared (FTIR) atau spektroskopi merah merupakan salah satu alat yang banyak dipakai untuk mengidentifikasi senyawa baik alami maupun buatan. Spektroskopi FTIR merupakan teknik analitik yang sangat baik dalam proses identifikasi struktur molekul suatu senyawa. Komponen utama spektroskopi FTIR adalah interferometer Michelson yang mempunyai fungsi menguraikan (mendispersi) radiasi infra merah menjadi komponen-komponen frekuensi. Penggunaan interferometer Michelson tersebut memberikan keunggulan metode FTIR dibandingkan metode spektroskopi infra merah konvensional maupun metode spektroskopi yang lain. Diantaranya adalah informasi struktur molekul dapat diperoleh secara tepat dan akurat (memiliki resolusi yang tinggi). Keuntungan yang lain dari metode ini adalah dapat digunakan untuk mengidentifikasi sampel dalam berbagai fase baik gas, padat, maupun cair (Harmita, 2006 dalam Cholifah, 2008).

Bila sinar infra merah dilewatkan melalui cuplikan senyawa organik, maka sejumlah frekuensi akan lain frekuensi yang diteruskan atau ditransmisikan tanpa diserap. Gambaran antara persen absorbansi atau persen transmitansi lawan frekuensi akan menghasilkan suatu spektrum infra merah. Transisi yang terjadi dalam serapan infra merah berkaitan dengan perubahan-perubahan vibrasi dalam molekul(Sastrohamidjojo, 2001).



Gambar 3. Sistem Peralatan Spektroskopi FTIR (Suseno dan Firdausi, 2008)

2.6.3 Metode Metilen Biru

Metode Metilen Biru adalah metode yang dilakukan untuk menentukan luas permukaan suatu jenis karbon aktif. Jika zat padat berupa partikel-partikel maka luas permukaan untuk zat padat dengan massa tertentu makin besar juga ukuran partikel makin kecil. Dengan mendefinisikan luas permukaan spesifik sebagai perbandingan luas total permukaan zat padat terhadap massanya maka luas permukaan spesifik semakin besar jika ukuran partikel semakin kecil (Diantarian, 2010).

Metode metilen biru telah dilakukan oleh Diantariani (2010) untuk menentukan luas permukaan batu padas (*ladgestone*) sebagai adsorban ion logam berat Cr (III) dalam air. Penentuan luas permukaan ini dilakukan berdasarkan adsorpsi batu padas terhadap larutan metilen biru. Terlebih dahulu ditentukan panjang gelombang maksimum dari larutan metilen biru, serta membuat kurva standar dengan menggunakan analisis spektrofotometer. Larutan metilen biru yang telah diadsorpsi dengan batu padas diketahui absorbansinya untuk mendapatkan berat teradsorpsi maksimum dan dimasukkan kedalam persamaan:

$$s = \frac{X_m \cdot N \cdot a}{M_r}$$

Dimana:

S: Luas permukaan adsorben (m²/g)

N: Bilangan Avogadro (6,022.10²³ mol⁻¹) (197.10⁻²⁰m²)

X_m: Berat adsorbat teradsorpsi (mg/g)

a: Luas penutupan oleh satu molekul metilen biru (197.10⁻²⁰m²)

M_r: Massa molekul relatif metilen biru

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yakni tempurung kelapa, larutan metilen biru 300 ppm, akuades, larutan H_2O_2 30 %, larutan HNO_3 65 %, larutan H_3PO_4 85 %, Larutan H_2SO_4 95 %, serbuk parafin, kawat tembaga, elektorda Ag/AgCl, elektroda Pt, larutan NaHCO_3 0,05 N, Na_2CO_3 0,05 N, NaOH 0,05 N, dan HCl 0,04 N, kertas saring Whatman nomor 42 diameter 90, serbuk parafilm, aluminium foil, kertas pH universal, dan kertas saring.

3.2 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tanur (*Muffle Furnace* tipe 6000), cawan porselin, penangas air (hot plate), pengaduk magnetik (Fisher tipe 115), ayakan ukuran 100 mesh, corong Buchner, desikator, statif, alat gelas laboratorium, termometer, lumpang, neraca analitik (Shimadzu AW220), labu semprot plastik, pompa vakum (Vacuubrand tipe ME4C), oven (tipe SPNISOSFD), FTIR (Shimadzu, IR Prestige21), *Cyclic Voltammetry* (Aplikasi eDAQ ED410-159), Spektrometer UV-Vis 20 D⁺ Shimadzu.

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel tempurung kelapa dilakukan di Takalar pasar Palleko pada bulan April 2016.

Penelitian ini dilakukan mulai bulan April sampai bulan September 2016 di Laboratorium Kimia Fisika Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu

Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar, Laboratorium Kimia Terpadu Jurusan Kimia, Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Sains Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar dan Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujungpandang.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Preparasi sampel

Sampel tempurung kelapa diambil dari Takalar pasar Palleko kemudian dibawa ke Laboratorium Kimia Fisika Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin. Selanjutnya tempurung kelapa dipisahkan dari kulitnya, kemudian direduksi ukurannya, tempurung kelapa dicuci dengan air dan akuades lalu di keringkan di bawah sinar matahari selama 3 hari, lalu dilakukan pemanasan didalam oven pada suhu 110°C selama 20 menit (Labanni' dkk., 2015).

3.4.2 Karbonisasi Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa yang kering dan bersih, dikarbonisasi pada tanur selama 1 jam pada suhu 340°C . Proses ini akan menghasilkan karbon tempurung kelapa. Setelah karbonisasi, karbon yang dihasilkan kemudian didinginkan, digerus, lalu diayak dengan pengayak berukuran 100 mesh (Nurdiansah dan Susanti, 2013).

3.4.3 Aktivasi

Hasil karbon tempurung kelapa yang telah dikarbonisasi dicampur dengan larutan aktivator H_3PO_4 85 % dengan perbandingan volume H_3PO_4 /massa karbon 4:1, 5:1 dan 6:1 kemudian didiamkan selama 1×24 jam. Setelah itu, disaring menggunakan corong Buchner disertai pencucian dengan akuades secara berulang-ulang hingga pH netral, kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur 110°C

selama 1 jam. Selanjutnya, karbon aktif tempurung kelapa didinginkan dalam desikator (Shofa, 2012).

3.4.4 Modifikasi Permukaan

Karbon yang sudah teraktivasi dicampur dengan larutan oksidasi HNO_3 65 %, H_2SO_4 95 % dan H_2O_2 30 % teknis dengan perbandingan massa 1:1 (volume zat kimia : massa karbon aktif), dan kemudian dikocok dengan laju konstan (130 osilasi per menit) selama 24 jam pada suhu 110 °C. Setelah itu dicuci dengan akuades berulang-ulang sampai mendapatkan pH 6,5. Kemudian dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 110 °C (Ismanto, dkk., 2010)

3.4.5 Karakterisasi Permukaan Karbon Aktif Secara Kimia dari Tempurung Kelapa dengan Metode Boehm

Analisis gugus asam dilakukan dengan merendam 0,5 gram karbon aktif ke dalam masing-masing larutan NaHCO_3 0,05 N, Na_2CO_3 0,05 N dan NaOH 0,05 N sebanyak 50 mL. Campuran didiamkan selama 24 jam dan disaring. Sebanyak 10 mL masing-masing filtrat dipipet dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer kemudian ditambahkan larutan HCl berlebih 0,04 N dan 2-3 tetes indikator PP. Analit tersebut dititrasi balik menggunakan NaOH 0,05 N yang telah standarisasi $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$. Analisis gugus basa dilakukan dengan merendam 0,5 gram karbon aktif ke dalam larutan HCl 0,04 N sebanyak 50 mL. Campuran didiamkan selama 24 jam dan disaring. Filtrat yang dihasilkan, dipipet sebanyak 10 mL ke dalam Erlenmeyer kemudian ditambahkan NaOH berlebih 0,05 N dan 2-3 tetes indikator metil merah. Campuran dititrasi balik dengan HCl 0,04 N yang distandarisasi dengan menggunakan asam oksalat (Ismanto, dkk., 2010; Harti, dkk., 2014; Grandistin, 2014).

3.4.6 Karakterisasi Fisika Karbon Aktif Tempurung Kelapa

Karakterisasi karbon aktif tempurung kelapa dilakukan dengan analisis gugus

fungsi menggunakan FTIR, karaktersistik, penentuan kapasitansi spesifik dengan menggunakan *cyclic voltammetry* (CV), dan penentuan luas permukaan dengan metode metilen biru (Labanni' dkk., 2015).

3.4.6.1 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR

Karakterisasi FTIR dilakukan dengan menggunakan FTIR model Shimadzu 820 IPC di Laboratorium Kimia Terpadu Jurusan Kimia FMIPA Unhas dengan preparasi sampel metode pellet KBr. Preparasi sampel dilakukan dengan 1-10 mg sampel dihaluskan dan dicampur dengan 100 mg KBr dan dicetak menjadi cakram tipis atau pelet lalu dianalisis (Labanni' dkk., 2015).

3.4.6.2 Karakterisasi Luas Permukaan dengan Metode Metilen Biru

Luas permukaan ditentukan dengan menggunakan metilen biru berdasarkan kemampuan adsorpsi karbon terhadap senyawa metilen biru, dimana 0,3 gram karbon aktif tempurung kelapa (4:1), karbon aktif tempurung kelapa (5:1) dan karbon aktif tempurung kelapa (6:1) masing-masing dimasukkan kedalam gelas kimia, dicampurkan dengan 50 mL larutan metilen biru 300 ppm kemudian distirer selama 20 menit. Selanjutnya campuran disaring, kemudian filtrat yang dihasilkan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum, adapun larutan standar dibuat dari larutan metilen biru dengan konsntrasi 0,5, 1, 2, 4, dan 8 ppm yang diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum lalu dibuat kurva kalibrasi untuk menentukan konsntrasi sampel (Labanni' dkk., 2015).

3.4.7 Pembuatan Elektroda Kerja

Badan elektroda dibuat dengan menghubungkan kawat tembaga dan platina menggunakan solder uap. Setelah itu dimasukkan ke dalam pipet dan direkatkan menggunakan parafilm. Karbon aktif dicampur dengan lilin parafin dengan

perbandingan massa karbon/massa lilin parafin adalah 1 : 1 dan diaduk sampai homogen menggunakan spatula pada cawan petri. Setelah itu, pasta karbon dimasukkan ke dalam badan elektroda dengan cara ditekan menggunakan spatula agar memadat (Vytras dkk., 2009; Wachid dan Setiarso, 2014).

3.4.8 Pengukuran Kapasitansi Spesifik

Elektroda pasta karbon diukur kapasitansi spesifik penyimpanannya dengan menggunakan teknik *cyclic voltammetry*. Pengukuran ini menggunakan alat Potentiostats EA161 dengan tiga elektroda yaitu elektroda Pt, elektroda Ag/AgCl dan elektroda pasta karbon. Pengujian elektroda dilakukan dengan laju *scan* 50 mV/s menggunakan larutan elektrolit H₂SO₄ 0,5 M sehingga diperoleh voltammogram tegangan dan arus, kemudian dihitung nilai kapasitansi spesifik penyimpanannya (Ismanto dkk, 2010). Kapasitansi spesifik dihitung dengan rumus (Yafei dkk, 2008).

$$C_s = \frac{I_c - I_d}{v \cdot m}$$

Keterangan:

C_s : kapasitansi spesifik ($\mu\text{F/g}$)

I_c dan I_d : arus charge dan discharge (μA)

V : laju scan (V/s)

m : massa karbon pada elektroda.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa

Preparasi karbon dimulai dengan tahapan pengumpulan sampel yang berupa tempurung kelapa. Tempurung kelapa diambil dari dari Desa Parangbaddo, Kecamatan Polongbangkeng Utara, Kabupaten Takalar. Sampel kemudian dibawa ke Kota Makassar untuk di beri perlakuan selanjutnya.

Preparasi bahan baku pembuatan karbon meliputi pencucian dan pengeringan. Pencucian dengan akuades secara berulang untuk menghilangkan kotoran berupa debu dan pasir yang menempel pada tempurung kelapa. Pengeringan dibawah sinar matahari selama 3 hari dan dalam oven pada suhu 110 °C selama 20 menit bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang terdapat pada tempurung kelapa (Andaka, 2008; Mujiyanti dkk, 2010).



Gambar 4. Preparasi sampel

4.2 Karbonisasi Tempurung Kelapa

Karbonisasi atau pengarangan adalah proses pembakaran bahan baku pada suhu tertentu sekitar 300-600 °C yang menyebabkan terjadinya dekomposisi senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk metanol, uap asam asetat, tar dan

hidrokarbon. Pelepasan unsur-unsur yang volatil ini akan membuat struktur pori-pori terbuka, dimana sebagian besar unsur non karbon akan hilang pada tahap ini.

Proses karbonisasi tempurung kelapa pada penelitian ini dilakukan dalam tanur pada suhu $340\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam. Suhu optimum karbonisasi tempurung kelapa adalah $340\text{ }^{\circ}\text{C}$. Suhu ini merupakan suhu yang optimum untuk karbonisasi tempurung kelapa karena suhu dibawah $340\text{ }^{\circ}\text{C}$ proses karbonisasi belum sempurna, sedangkan suhu di atas $340\text{ }^{\circ}\text{C}$ sudah mulai terjadi pengabuan. Karbon yang dihasilkan selanjutnya digerus dan diayak dengan ayakan 100 mesh untuk menghasilkan karbon yang berukuran homogen dan ukuran partikel yang lebih kecil sehingga luas permukaan karbon menjadi lebih besar. Karbon hasil karbonisasi ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil karbonisasi 100 mesh

4.3 Aktivasi Karbon Tempurung Kelapa

Setelah dihasilkan karbon tempurung kelapa, proses selanjutnya adalah aktivasi. Aktivasi adalah proses untuk menghilangkan hidrokarbon yang melapisi permukaan karbon sehingga meningkatkan porositas karbon atau suatu perlakuan terhadap karbon yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga karbon mengalami perubahan

sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Juliandini dan Trihadiningum, 2008). Pada penelitian ini dilakukan aktivasi dengan larutan H_3PO_4 . Pemilihan H_3PO_4 sebagai aktivator kimia didasarkan dari penelitian sebelumnya dimana penggunaan larutan asam posfat (H_3PO_4) sebagai zat aktivator kimia karena aktivator asam posfat adalah mineral anorganik yang dapat digunakan sebagai bahan pengaktif yakni sebagai proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik. Selain itu, unsur-unsur mineral dari persenyawaan kimia yang ditambahkan tersebut akan meresap kedalam karbon dan membuka permukaan yang tertutupi oleh komponen kimia sehingga luas permukaan yang aktif bertambah besar (Ketaren, 1986 dalam Kurniawan 2014).

Aktivasi dilakukan dengan mencampurkan H_3PO_4 85 % dan karbon tempurung kelapa dengan perbandingan volume H_3PO_4 /massa karbon adalah 4:1, 5:1 dan 6:1 dan direndam selama 24 jam untuk memaksimalkan proses interaksi antara karbon dengan zat pengaktivator sehingga proses aktivasi terjadi secara maksimal, setelah itu dilakukan pencucian dengan akuades hingga pH netral untuk menghilangkan sisa-sisa aktivator yang kemungkinan masih ada. Karbon tempurung kelapa selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk menghilangkan sisa-sisa air yang masih terdapat pada karbon aktif.

4.4 Penentuan Luas Permukaan Karbon Tempurung Kelapa Sebelum dan Setelah Aktivasi

Salah satu cara yang digunakan untuk mengetahui sifat permukaan suatu material adalah dengan menentukan luas permukaannya. Luas permukaan suatu karbon aktif adalah perbandingan antara luas permukaan dengan massanya.

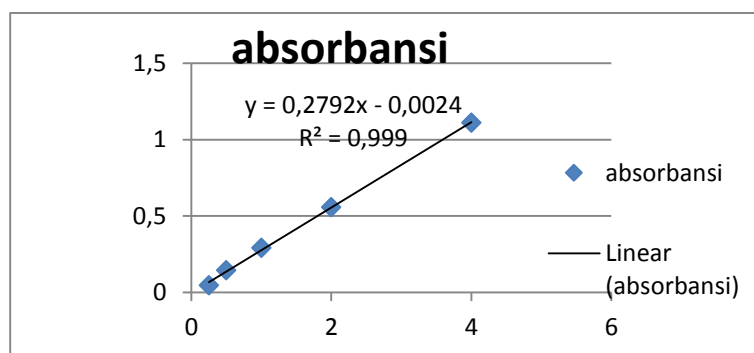
Penentuan luas permukaan karbon tempurung kelapa sebelum dan sesudah aktivasi ditentukan berdasarkan kemampuan adsorpsi karbon terhadap larutan

metieln biru. Intensitas warna metilen biru yang terserap oleh sampel diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis, untuk menentukan panjang gelombang maksimum dilakukan dengan menggunakan larutan metilen biru 2 ppm yang diukur absorbansinya pada rentang panjang gelombang 610-640 nm. Panjang gelombang maksimum yang diperoleh adalah pada 630 nm dengan absorbansi maksimum sebesar 0,265. Deret standar metilen biru dibuat berdasarkan absorbansi dari berbagai konsentrasi larutan standar metilen biru yaitu 0,5, 1, 2, 4, dan 8 ppm pada panjang gelombang maksimum. Nilai absorbansi deret standar metilen biru dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai absorbansi deret standar metilen biru pada λ_{maks} 630 nm.

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0,5	0,047
1	0,145
2	0,292
4	0,558
8	1,110

Tabel 2 menunjukkan hubungan antara konsentrasi larutan metilen biru dengan absorbansi dimana semakin besar konsentrasi metilen biru, semakin besar pula nilai absorbansinya. Deret standar ini kemudian dihasilkan kurva kalibrasi yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kurva kalibrasi deret standar metilen biru

Dari persamaan garis inilah konsentrasi setelah adsorpsi bisa di tentukan.

Luas permukaan dari karbon dihitung menggunakan persamaan

$$X_m = \frac{(C_o - C_e) \times V}{g}$$

$$S = \frac{X_m \cdot N \cdot a}{M_r}$$

X_m adalah adsorbat teradsorpsi (mg/g), C_o dan C_e masing-masing adalah konsentrasi awal dan konsentrasi akhir (ppm), V adalah volume metilen biru (L), g adalah massa karbon (g), N adalah volume Avogadro ($6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$), M adalah berat molekul metilen biru (320,5 g/mol), A adalah luas permukaan oleh 1 molekul metilen biru ($197 \times 10^{-20} \text{ m}^2$) dan S adalah luas permukaan adsorben (m^2/g).

Pengukuran luas permukaan dengan metilen biru yang telah dilakukan diperoleh data luas permukaan karbon aktif sebelum dan sesudah aktivasi. Hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Luas Permukaan Karbon Tempurung Kelapa

Sampel	Luas Permukaan (m^2/g)
Karbon Tempurung Kelapa sebelum Aktivasi	103.4342
Karbon Tempurung Kelapa Sesudah Aktivasi (4:1)	104.9846
Karbon Aktivasi Tempurung Kelapa Sesudah Aktivasi (5:1)	109.1928
Karbon Tempurung Kelapa Sesudah Aktivasi (6:1)	105.6490

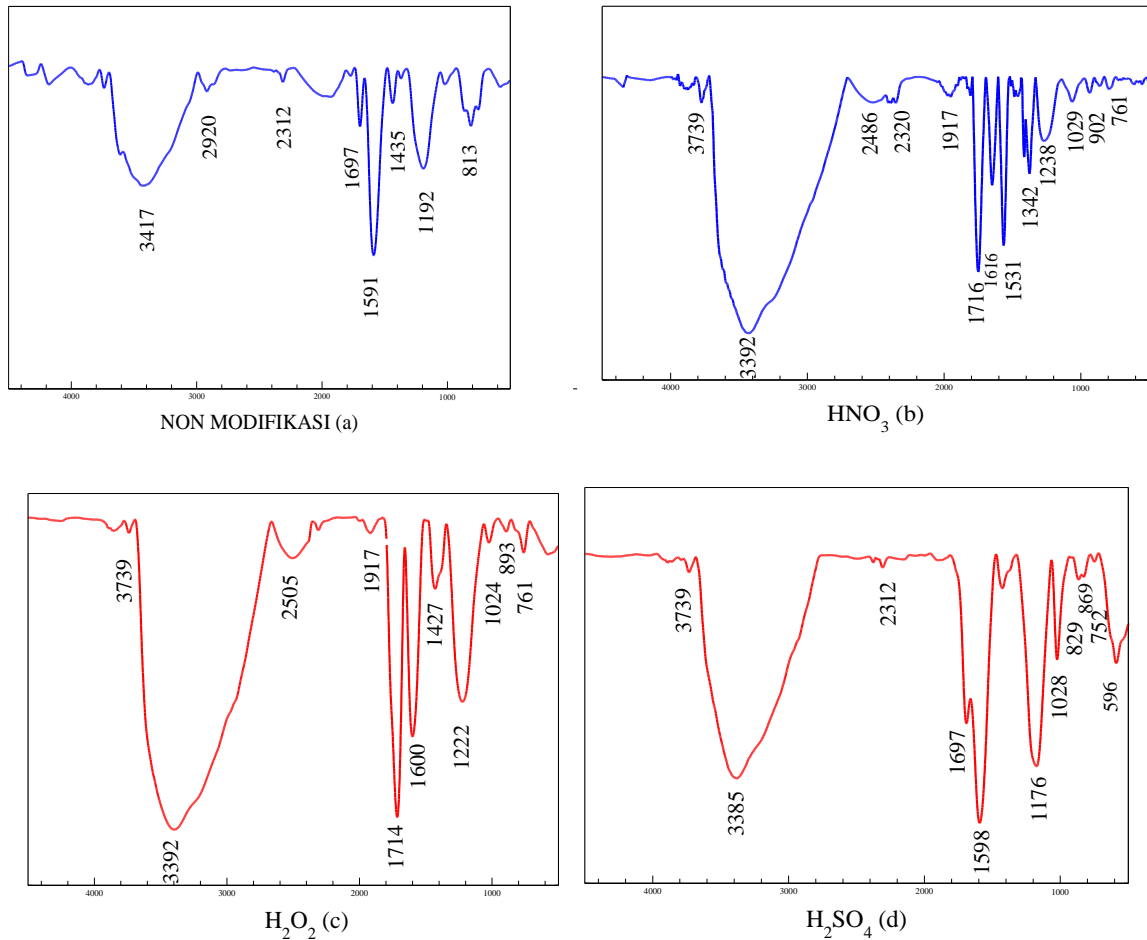
Tabel 3 menunjukkan luas permukaan yang dihasilkan dari uji metilen biru. Nilai luas permukaan karbon aktif tempurug kelapa sesudah aktivasi lebih besar yakni $104.9846 \text{ m}^2/\text{g}$ (4:1), $109.1928 \text{ m}^2/\text{g}$ (5:1) dan $105.6490 \text{ m}^2/\text{g}$ (6:1) dari pada karbon aktif tempurung kelapa sebelum aktivasi yakni sebesar $103.4342 \text{ m}^2/\text{g}$. Meskipun perbedaannya tidak terlalu signifikan. Perubahan yang tidak signifikan ini

dikarenakan metode aktivasi yang digunakan tidak sesuai dengan kondisi suhu aktivator yang digunakan, sehingga perubahan luas permukaan yang dihasilkan tidak maksimal. Menurut Ip dkk (2008), aktivator H_3PO_4 berada pada rentang suhu aktivasi 600 dan 900 $^{\circ}C$ tanpa kehadiran oksigen. Jika suhu aktivasi tidak digunakan pada suhu tersebut, maka aktivator tidak dapat bereaksi dengan secara optimum dengan karbon saat proses aktivasi untuk membentuk pori-pori.

4.5 Modifikasi Permukaan Karbon Aktif Tempurung Kelapa

Modifikasi permukaan karbon aktif bertujuan untuk menciptakan gugus fungsi pada permukaan karbon. Modifikasi permukaan karbon aktif pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan larutan oksidasi HNO_3 , H_2SO_4 , dan H_2O_2 . Hasil modifikasi permukaan dengan HNO_3 , H_2SO_4 , dan H_2O_2 dikarakterisasi dengan menggunakan metode titrasi Boehm (*back titration*) dan dianalisis menggunakan FTIR. Pada karbon aktif modifikasi mengandung gugus karbonil, gugus hidroksil dan gugus karboksil yang merupakan beberapa kelompok fungsional yang memberikan efek positif kinerja elektroda berbasis karbon aktif.

Permukaan karbon aktif modifikasi dan karbon aktif non modifikasi memiliki perbedaan. Pada karbon aktif non modifikasi diketahui terdapat pori-pori tetapi tidak rata dan tidak bersih dibandingkan karbon aktif modifikasi, hal tersebut kemungkinan karena pengotor yang masih terdapat pada permukaan. Sedangkan karbon aktif termodifikasi HNO_3 , H_2SO_4 dan H_2O_2 pori-pori lebih bersih dan rata, hal tersebut diasumsikan bahwa pengotor telah hilang karena perlakuan menggunakan HNO_3 , H_2SO_4 dan H_2O_2 pada saat modifikasi, pencucian dan pemanasan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Spektrum FTIR karbon aktif (a) non modifikasi, (b) termodifikasi HNO₃, (c) termodifikasi H₂O₂, dan (d) termodifikasi H₂SO₄

Hasil spektrum FTIR menunjukkan perbedaan serapan gugus fungsi pada karbon aktif modifikasi dan non modifikasi. Selama proses modifikasi terjadi penguraian struktur kimia. Pada karbon aktif tempurung kelapa yang diperlihatkan adanya perubahan spektrum serapan, perubahan tersebut dalam bentuk penurunan intensitas serapan, serapan hilang, serapan bergeser dan terbentuk serapan baru di daerah serapan bilangan gelombang FTIR.

Pada Gambar 7, spektrum FTIR sampel karbon aktif tempurung kelapa non modifikasi menunjukkan adanya gugus OH dari fenol pada daerah serapan 3417cm⁻¹ yang diperkuat oleh adanya gugus C-O pada daerah serapan 1192 cm⁻¹ dan vibrasi gugus C=C aromatik dengan serapan yang tajam dan intensitas yang kuat pada

daerah serapan 1591 cm^{-1} . Setelah modifikasi dengan H_2SO_4 menunjukkan adanya pita serapan yang lebar pada daerah 3385 cm^{-1} yang merupakan rentangan hidroksil ($-\text{OH}$) cm^{-1} dari asam karboksilat yang diperkuat oleh adanya gugus C-O pada daerah serapan 1176 cm^{-1} dan vibrasi rentangan C=C aromatik pada daerah serapan 1598 cm^{-1} . Setelah modifikasi dengan H_2O_2 menunjukkan adanya pita serapan lebar pada daerah 3392 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya gugus OH dari asam karboksilat yang diperkuat oleh gugus C-O pada daerah serapan 1222 cm^{-1} , vibrasi rentangan C=O menunjukkan pita serapan tajam dengan intensitas yang kuat pada daerah 1714 cm^{-1} dan vibrasi rentangan C=C aromatik dengan intensitas yang kuat pada daerah serapan 1600 cm^{-1} . Sampel karbon aktif tempurung kelapa setelah modifikasi HNO_3 menunjukkan adanya pita serapan yang lebar dengan intensitas yang kuat pada daerah serapan 3392 cm^{-1} yang mengindikasikan rentangan hidroksil ($-\text{OH}$) cm^{-1} dari asam karboksilat, vibrasi rentangan C=O dengan serapan yang tajam pada daerah serapan 1716 dan vibrasi rentangan C=C aromatik pada daerah serapan 1531 cm^{-1} . Gugus C=O yang terdapat pada daerah serapan $1640\text{-}1770\text{ cm}^{-1}$ yang diperkuat oleh serapan pada daerah $1300\text{-}1000\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya gugus C-O. Daerah pita serapan ini hadir pada semua karbon aktif sesudah modifikasi dan non modifikasi walaupun intensitas yang ditunjukkan sangat kecil. Hal tersebut dapat disebabkan karena jumlah gugus yang cukup kecil sehingga sulit terdeteksi

4.6 Karakterisasi Karbon Aktif Berdasarkan Titrasi Boehm

Titration Boehm terdiri dari dua analisis yaitu analisis sifat asam dan sifat basa. Konsentrasi gugus asam dan gugus basa pada karbon aktif tempurung kelapa sebelum dan sesudah modifikasi ditentukan melalui metode titration Boehm seperti yang ditunjukkan data pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil titrasi Boehm

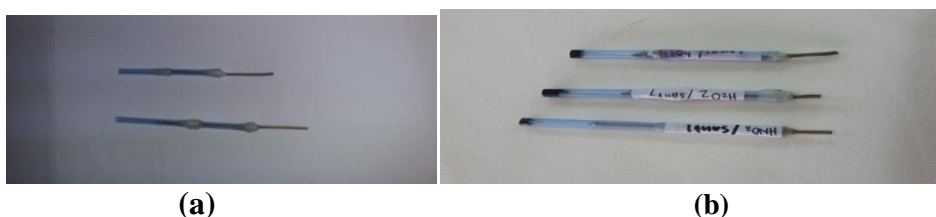
Sampel	Gugus asam (meg/g)			Total	Gugus Basa (meg/g)
	Karboksil	Lakton	Fenol		
Karbon aktif termodifikasi HNO ₃	0,027	0,778	0,000	0,805	1,235
Karbon aktif termodifikasi H ₂ O ₂	1,037	0,000	0,000	1,037	2,069
Karbon aktif Termodifikasi H ₂ SO ₄	0,886	0,000	0,000	0,886	2,069
Karbon aktif non modifikasi	0,078	0,727	0,01	0,805	1,235

Hasil titrasi Boehm pada Tabel 4 diatas menunjukkan adanya penambahan gugus fungsi asam. Gugus asam yang bertambah yaitu gugus karboksil, gugus lakton dan gugus fenol. Karbon aktif tempurung kelapa sebelum modifikasi menunjukkan hasil dengan total gugus basa yang tinggi dan peningkatan konsentrasi gugus asam yakni pada gugus karboksil, gugus lakton dan fenol. Sedangkan karbon aktif tempurung kelapa setelah modifikasi tiap perlakuan menunjukkan adanya perubahan terhadap gugus fungsi. Karbon aktif termodifikasi HNO₃ menunjukkan peningkatan konsentrasi gugus asam yakni pada gugus karboksil dan gugus lakton, namun mengalami penurunan pada gugus fenol, adapun pada gugus basa mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena HNO₃ mampu mengoksidasi atom karbon sehingga karbon akan kehilangan elektron dan menjadi bermuatan positif dengan demikian molekul oksigen yang bersifat nukleofilik dapat membentuk kelompok gugus oksigen baru seperti karboksil dan lakton (Setyadhi, dkk., 2005). Karbon aktif termodifikasi H₂SO₄ mengalami penurunan konsentrasi pada gugus asam yaitu gugus lakton dan gugus fenol, dan mengalami peningkatan pada gugus basa. Karbon aktif termodifikasi H₂O₂ mengalami peningkatan pada gugus asam yaitu gugus karboksil,

namun mengalami penurunan pada gugus lakton dan fenol sedangkan pada gugus basa mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena modifikasi permukaan karbon aktif dengan H_2O_2 mampu meningkatkan kelompok gugus oksigen pada permukaan karbon aktif. Nilai konsentrasi gugus basa yang tinggi pada analisis dengan titrasi Boehm pada sampel disebabkan karena pemilihan indikator yang kurang tepat sehingga titik akhir titrasi yang diperoleh kurang tepat dan cukup jauh dari angka pada gugus asam.

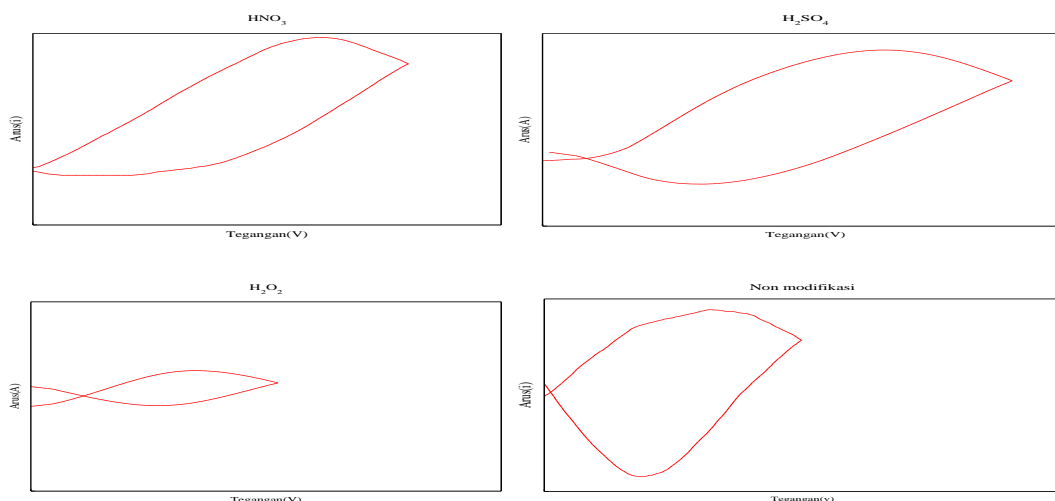
4.7 Pengukuran Kapasitansi Spesifik

Kapasitansi adalah kemampuan suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron atau energi secara elektrokimia. Pengukuran kapasitansi spesifik pada penelitian ini menggunakan alat Potentiostats EA161 dengan tiga elektroda yaitu elektroda Pt, elektroda Ag/AgCl dan elektroda pasta karbon. Elektroda Ag/AgCl berfungsi sebagai elektroda referensi, elektroda Pt berfungsi sebagai elektroda pembanding dan elektroda pasta karbon berfungsi sebagai elektroda kerja. Elektroda kerja yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Elektroda kerja sebelum elektrodeposisi (a) dan sesudah elektrodeposisi (b)

Pengukuran nilai kapasitansi dilakukan menggunakan *cyclic voltammetry* dan didapatkan hasil berupa data voltammogram untuk masing-masing elektroda. Pengujian elektroda dilakukan dengan laju scan 50 mV/s menggunakan larutan elektrolit H_2SO_4 0,1 M.



Gambar 9. Voltammogram elektroda kerja

Kapasitansi spesifik dari elektroda dapat diketahui dari kurva tegangan dan arus yang diperoleh, semakin besar luas daerah arus *charge* dan *discharge cyclic voltammetry* maka semakin besar pula nilai kapasotansi spesifiknya. Nilai arus *charge* dan *discharge* dari elektroda dapat diketahui dari voltammogram yang diperoleh sehingga dapat dihitung nilai kapasitansi spesifik.

$$C_s = \frac{I_c - I_d}{v.m}$$

Nilai kapasitansi spesifik untuk karbon aktif tempurung kelapa tanpa modifikasi dan yang dimodifikasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengukuran kapasitansi spesifik

Elektroda pasta karbon	Laju scan (v/s)	Massa(g)	I _c (μA)	I _d (μA)	C _s (μF/g)
HNO ₃	0,05	0,0171	3,28	-2,79	7099,415
H ₂ O ₂	0,05	0,0208	2,12	-1,92	3884,615
H ₂ SO ₄	0,05	0,0246	4,65	-1,39	4910,569
Non modifikasi	0,05	0,0226	3,99	-1,38	4752,212

Tabel 5 menunjukkan nilai kapasitansi spesifik untuk karbon aktif tempurung kelapa tanpa modifikasi yaitu 4752,212 μF/g dan nilai kapasitansi spesifik yang termodifiaksi HNO₃: 7099,415 μF/g, H₂SO₄: 4910,569 μF/g dan H₂O₂: 3884,615

$\mu\text{F/g}$. Nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan masih rendah dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ismanto dkk (2011) mengenai karbon aktif yang dibuat dari kulit singkong sebagai material elektroda untuk kapasitor elektrokimia dengan nilai kapasitansi spesifik berturut-turut sebesar $\text{HNO}_3 = 264,08 \text{ F/g}$, $\text{H}_2\text{SO}_4 = 210,98 \text{ F/g}$, $\text{H}_2\text{O}_2 = 240,67 \text{ F/g}$. Hal ini disebabkan karena metode pembuatan elektroda berbeda dan jumlah karbon yang digunakan pada elektroda terlalu sedikit.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Luas permukaan karbon aktif tempurung kelapa sesuai perbandingan aktivator H_3PO_4 masing-masing adalah $103,4342 \text{ m}^2/\text{g}$ (sebelum aktivasi); sesudah aktivasi $104,9846 \text{ m}^2/\text{g}$ (4:1); $109,1928 \text{ m}^2/\text{g}$ (5:1); dan $105,6490 \text{ m}^2/\text{g}$ (6:1).
2. Modifikasi permukaan karbon aktif tempurung kelapa dengan HNO_3 , H_2SO_4 , dan H_2O_2 dapat mengalami perubahan gugus fungsi.
3. Nilai kapasitansi spesifik karbon aktif tempurung kelapa sebelum dan setelah modifikasi masing-masing adalah non modifikasi: $4752,212 \text{ }\mu\text{F/g}$ dan termodifikasi HNO_3 : $7099,415 \text{ }\mu\text{F/g}$; H_2SO_4 : $4910,569 \text{ }\mu\text{F/g}$ dan H_2O_2 : $3884,615 \text{ }\mu\text{F/g}$.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan pengukuran luas permukaan dengan metode BET menggunakan gas nitrogen, serta perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai cara pembuatan elektroda karbon serta jenis dan pengaruh konsentrasi elektrolit dalam penentuan kapasitansi spesifik karbon aktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Asbahani, 2013, Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu sebagai Karbon Aktif untuk Menurunkan Kadar Besi pada Air Sumur, *Jurnal Teknik Sipil*, **13** (1), Universitas Tanjungpura.
- Austin, G. T., 1996, *Industri Proses Kimia*, Erlangga, Jakarta.
- Agung, M.G.F., Hanafie, S.M.R., dan Mardina, P., 2013, Ekstraksi Silika dari AbuSekam Padi dengan Pelarut KOH, *Konversi*, **2** (1), 28-31.
- Andaka, G., 2008, Penurunan Kadar Tembaga pada Limbah Cair Industri Kerajinan Perak dengan Presipitasi menggunakan Natrium Hidroksida, *Jurna Teknologi.*, **1** (2), 127-134.
- Ariyanti, D., Budiyati, C.S., dan Kumoro, A.C., 2014, Modifikasi Tepung Umbi Talas Bogor (*Colocasia Esculentum (L) Schott*) dengan Teknik Oksidasi sebagai Bahan Pangan Pengganti Tepung Terigu, *Reaktor*, **15**(1), 1-9.
- Bakri, R., Utari, T., dan Sari, I.P., 2008, Kaolin sebagai Sumber SiO₂ untuk Pembuatan Katalis Ni/SiO₂: Karakterisasi dan Uji Katalis pada Hidrogenasi Benzena menjadi Sikloheksana, *Makara Sains*, **12** (1), 37-43.
- Cotton, F.A., dan Wilkinson, G., 1989, *Kimia Anorganik Dasar*, Terjemahan oleh Sahati Sunarto, 2013, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Chandra, A., Miryanti, A., Widjaja, L.B., dan Pramudita, A., 2012, *Isolasi dan Karakterisasi Silika dari Sekam Padi*, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Katolik Prahayangan.
- Cholifah, S., 2008, Penggunaan Metode FTIR (Fourier Transform Infra red) untuk Studi Analisis Gugus Fungsi Sampel Minyak Goreng dengan perlakuan Variasi Pemanasan, Universitas Diponegor.
- Chmiola, J., Yushin, G., Gogotsi, Y., Portet, C., Simon, P., dan Taberna, P.L., 2006, Anomious Increase in Carbon Capacitance at pore sizex Less Than I Nanometer, *Science*, 311, 1760-1763.
- Dien, S.A., 2011, *Modifikasi Permukaan Plastik Menggunakan Nanopartikel Au dan Studi Aplikasinya sebagai Sensor Oksigen*, Skripsi S1 Universitas Indonesia.
- Dell, R.M., and Rand. D.A.J., 2001, Energy Strorage – A Key Technology for Glibal Energy Sustainability, *J. Power Sources*, **100**, 2-7.
- Diantariani, N.P., 2010, Peningkatan Potensi Batu Padas Ladgestone Sebagai Adsorben Ion Logam Berat Cr (III) dalam Air Melalui Aktivitas Asam dan Basa, *Jurnal Kimia*, **4** (1), 91-100.

- Frackowiak, E., and Beguin, F., 2001. Carbon Materials for The Electrochemical Storage of Energy in Capacitors, *Carbon*, **39**, 937-950.
- Goertzen, S.L., Theriault, K.D., Oickle, A.M., Tarasuk, A.C., and Andreas, H.A., 2010, Standarization of The Boehm Titration Part 1. CO₂ Expulsion and Endpoint Determination, *Carbon*, **48**, 1252-1261.
- Harti, R., Allwar., dan Fitri, N., 2014, Karakterisasi dan Modifikasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sawit dengan Asam Nitrat untuk Menjerap Logam Besi dan Tembaga dalam Minyak Nilam, *Indonesian Journal of Chemical*, **2** (1).
- Ismanto, A.E., Wang, S., Soetaredjo, F.E., dan Ismadji, S., 2010, Preparation of Capacitor's Electrode from Cassava Peel Waste, *Bioresource Technology*, **101**, 3534-3540.
- Jamaluddin, A., dan Adiantoro, D., 2012, Analisis Kerusakan X-Ray Fluoresence (XRF), 09-10 / Tahun V, ISSN 1979-2409.
- Juliandini, F., Trihadiningrum, Y., 2008, *Uji Kemampuan Karbon Aktif dari Limbah Kayu dalam Kota untuk Penyisihan Fenol*, Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi VII, D-2-1-D-2-12.
- Kurniawan, R., Lutfi, M., dan Agung, W., 2014, Karakterisasi Luas Permukaan BET (Braunear, Emmelt dan Teller) Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Aktivasi Asam Posfat (H₃PO₄), *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, **2**(1), 15-20.
- Labanni, A., Zakir, M., dan Maming, 2015, Sintesis dan Karakterisasi Karbon Nanopori Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) dengan Aktivator ZnCl₂ melalui Iradiasi Ultrasonik sebagai Bahan Penyimpan Energi Elektrokimia, *Indonesian Chemical Acta*, **8** (1).
- Mursyida, H., 2006, *Karakterisasi MEA (Membrane Electrode Assembly) Hasil integrasi Bahan-Bahan Komersial pada Stack PEMFC*, Universitas Padjadjaran.
- Mulyani, R., Buchari, Noviandri, Ciptati, 2012, Studi Voltametri Siklik Sodium Dodecyl Benzen Sulfonat dalam Berbagai Elektroda dan Elektrolit Pendukung, *Teknologi Pengelolaan Limbah*, **15** (1), 51-56.
- Mujiyanti, D.R., Nuryono dan Kunarti, E.S., 2010, Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi yang Diimobilisasi dengan 3-(Trimetoksisilil)-1-Propantiol, *Sains Ter. Kim.*, **4** (2), 150-167.
- Nurdiansah, H., dan Susanti, D., 2013, Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi dan temperatur Aktivasi Fisika dari Elektroda Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak Terhadap Nilai Kapasitansi Electric Double Layer Capacitor (EDLC), *Jurnal Teknik Pomits*, **2**(1), 2337-3539.

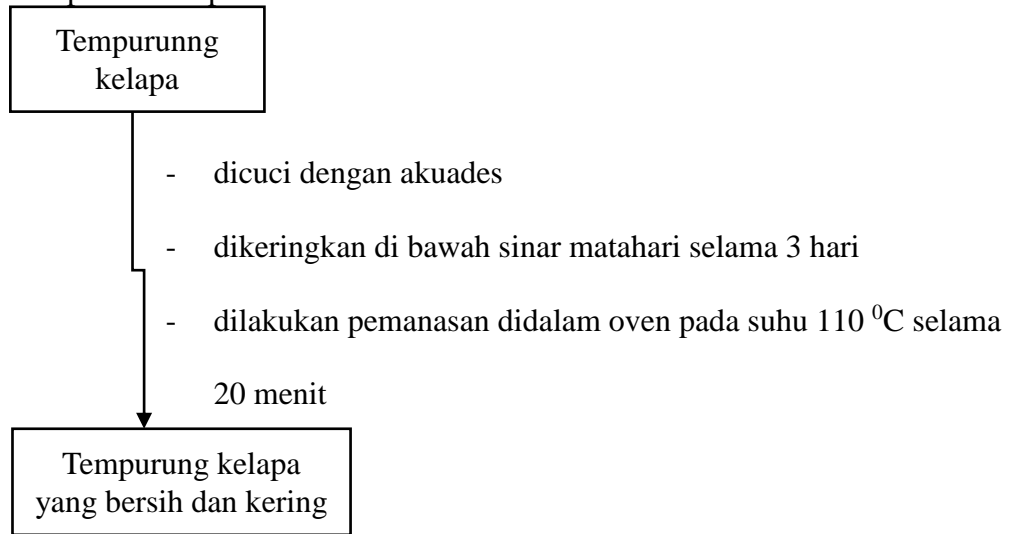
- Najma., 2012, Pertumbuhan Nanokarbon Menggunakan Karbon Aktif dari Limbah Kulit Pisang dengan Metode Pirolisis Sederhana dan Dekomposisi metana, Skripsi, Universitas Indonesia, Depok.
- Pausa, Y., Malino, M.B., dan Arman, Y., 2015, Optimasi Tingkat Kemurnian Silika, SiO₂, Dari Abu Cangkang Sawit Berdasarkan Konsentrasi Pengasaman, *Prisma Fisika*, **3** (1), 01-04.
- Prandika, L., dan Susanti, D., 2013, Analisa Sifat Kapasiti Kapasitor Elektrokimia WO₃ Hasil Sintesa Sol Gel dengan Variasi Temperatur Kalsinasi, *Jurnal Teknik Pomits*, **2** (2), 372-377.
- Pambayun, G.S., Remigijs, Y.E., Yulianto, Rachimoellah, M. dan Putri, E.M.M., 2013, Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator ZnCl₂ dan Na₂CO₃ sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah, *Jurnal Teknik Pomits*, **2** (1), 2337-3539.
- Purbo, C., Racman, F., Teguh, K.B., Sukma, R.N., Fadhila, U.R., dan Kurniawati, Y., 2009, *X-Ray Difraktometer (XRD)*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Suhartana, 2006, Pemanfaatan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya untuk Penjernihan Air Sumur di Desa Belor Kecamatan Ngaringan Kabupaten Grobogan, *Pemanfaatan Tempurung Kelapa*, **9** (3), 151-156.
- Setyawan, M., dan Jamilatun, S., 2014 Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair, *Spektrum Industri*, **1** (12), 1-11.
- Svehla, G., 1985, *Vogel: Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*, Edisi Kelima, Bagian I, Terjemahan oleh Setiono dan Aloysius Hadyana Putjaatmaka, 1990, Kalman Media Pustaka, Jakarta.
- Sembiring, M.T., dan Sinaga, T.S., 2003, *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*, USU Digital Library, Medan.
- Shofa, 2012, *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida*, Skripsi diterbitkan, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- Shen, W., Li, Z., dan Liu, Y., 2008, Surface Chemical Functional Groups Modification of Porous Carbon, *Recent Patents on Chemical Engineering*, **1**(1), 27-40.
- Suseno, J.E., dan Firdausi. K.S., 2008, Rancangan Bangunan Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared) untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi, *Berkala Fisika*, **11**(1), 23-28.

- Sastrohadimidjojo, 2001, *Spektroskopi*, Liberty, Yogyakarta.
- Suslic, K.S., Dedinko, Y., Fang, M.M., Hyeon, T., Kolbeck, K.J., dan Wong, M., 1999, Acoustic Cavitation and its Chemical Consequences, The Royal Society, 335-353.
- Tamado, D., Budi, E., Wirawan, R., dan Dwi, H., 2013, *Sifat Termal Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa*, Seminar Nasional Fisika, Universitas Negeri Jakarta.
- Yanuar, Iwantono, Taer, E., dan Andriani, R., 2010, *Pengaruh Ketebalan Elektroda Terhadap Nilai Kapasitansi Spesifik dan "Retained Ratio" Serbuk Gergaji Kayu Karet untuk Pembuatan Supercapacitor*, Prosiding Seminar Nasional Fisika II, **1**(1), 978-979.
- Taer, E., Oktviani, T., Taslim, R., dan Farma, R., 2015, *Karakterisasi Sifat Fisika Karbon Aktif Tempurung Kelapa dengan Variasi Konsentrasi Aktivator sebagai Kontrol Kelembaban*, Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2015, **IV**(1), 2339-0654.
- Tanaka, K., Aoki, H., Ago, H., Yamake, T., and Okahara, K., 1997, Interlayer Interaction of Two Graphene Sheets as A Model of Double Layer Carbon Nanotubes, *Carbon*, **35** (1), 121-125.
- Winter, M. and Brodd, R.J., 2004, What Are Batteries, Fuel Cells and Supercapacitors, *Chemical Rev*, **104** (10), 4245-4269.
- Wei, X., Xiao, L., Jin, Z., and Ping, Z.S., 2011, Nanoporous Carbon Derived from Rice Husk for Electrochemical Capacitor Application, *Adv. Mater. Res* 239-242.
- Wati, G.A., Rohmawati, L., dan Putri, N.P., 2015, Kapasitansi Elektroda Supercapacitor dari Tempurung Kelapa, *Jurnal Fisika*, **4**(1), 6-9.
- Wang, Q., 2000, An Introduction to Electrochemistry For Ungraduates Detection of Vitamin C (Ascorbic Acid) by Inexpensive Electrode Sensor, *Chemical Educator*, **5**(2), 58-60.
- Widyantoro, A.T.T., dan Susanti, D., 2013, Pengaruh Variasi Temperatur Kalsinasi terhadap Sifat Kapasitif Kapasitor Elektrokimia Tungsten Trioksida (WO₃) Hasil Sintesa Sol Gel, *Jurnal Teknik Pomits*, **2** (1), 1-6.
- Wibowo, N., Setiawan, J., Ismadji, S., 2004, Modifikasi Gugus Aktif Suatu Karbon Aktif dan Karakterisasinya, *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, **3** (1), 39-46.

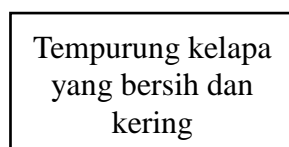
Zakir, M., Botahala, L., Ramang, M., Fauziah, S., dan Abdussamad, B., 2013, Elektrodeposisi Logam Mn pada Permukaan Karbon Aktif Sekam Padi dengan Iradiasi Ultrasonik, *Indonesian Journal of Chemical*, **6** (2), 9-18.

Lampiran 1. Bagan Kerja

1. Preparasi Sampel



2. Karbonasi



- Dikarbonisasi dalam tanur selama 1 jam pada suhu suhu 340 ° C selama 1 jam
- Didinginkan
- Digerus
- Diayak hingga berukuran 100 mesh.

Karbon tempurung
kelapa

3. Aktivasi

Karbon
Tempurung
Kelapa

- Dicampurkan dengan larutan H_3PO_4 85 % dengan perbandingan massa karbon dengan volume larutan H_3PO_4 85 % adalah 4:1, 5:1 dan 6:1
- Didiamkan selama 24 jam pada suhu kamar
- Disaring menggunakan corong Buchner disertai pencucian dengan akuades secara berulang-ulang hingga pH netral
- Dikeringkan dalam oven pada temperatur 110 °C selama 1 jam
- Didinginkan dalam desikator

Karbon aktif tempurung kelapa

4. Modifikasi Permukaan

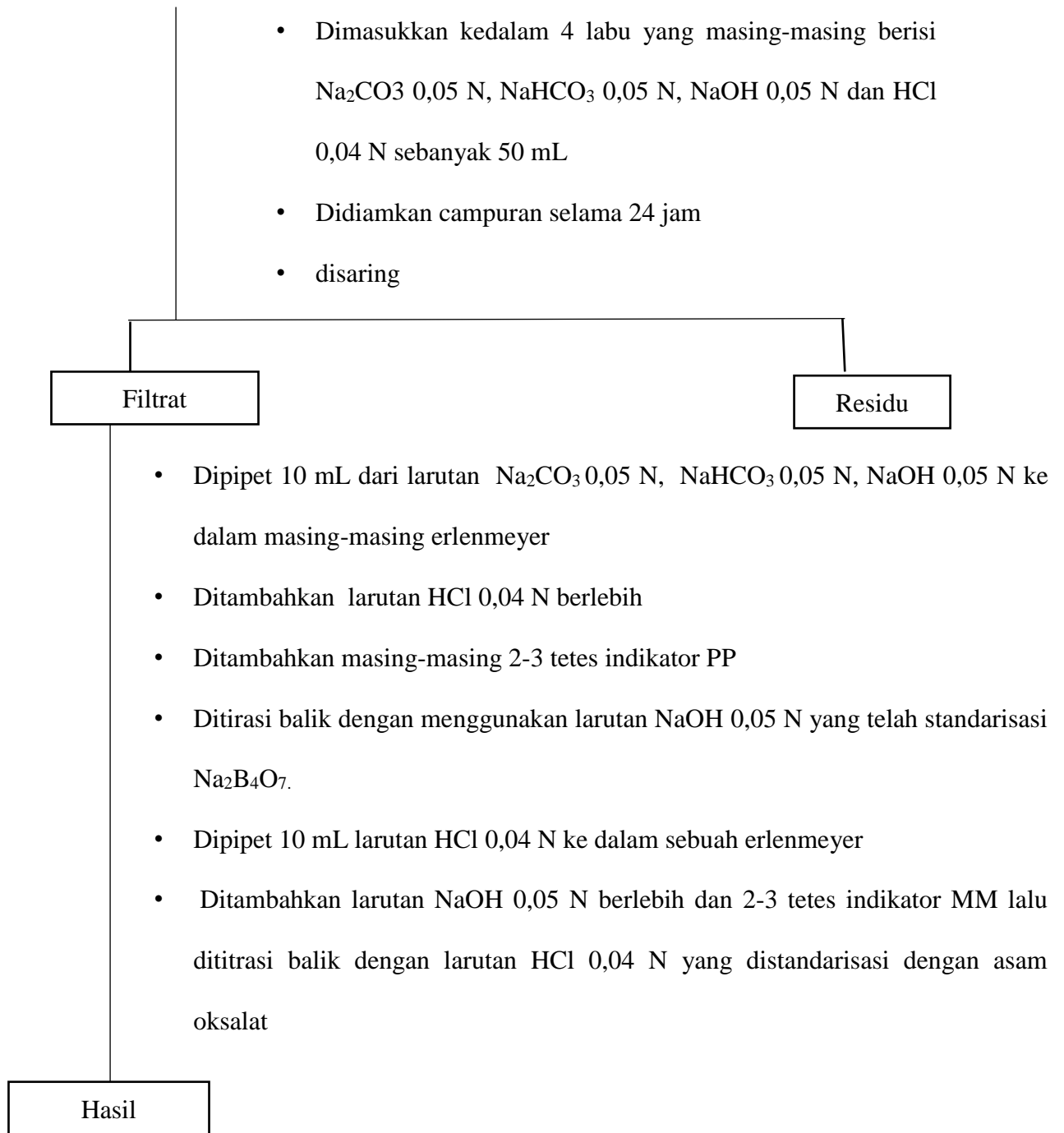
Karbon aktif tempurung kelapa

- Dicampur dengan larutan oksidasi HNO_3 65 %, H_2SO_4 95 %, H_2O_2 30 % dengan perbandingan massa 1:1 (volume zat kimia : massa karbon aktif).
- Dikocok dengan laju konstan (130 osilasi per menit) selama 24 jam pada suhu $110\text{ }^\circ\text{C}$
- Dicuci dengan akuades berulang-ulang sampai mendapatkan pH 6,5
- Dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu $110\text{ }^\circ\text{C}$

Karbon aktif tempurung
kelapa

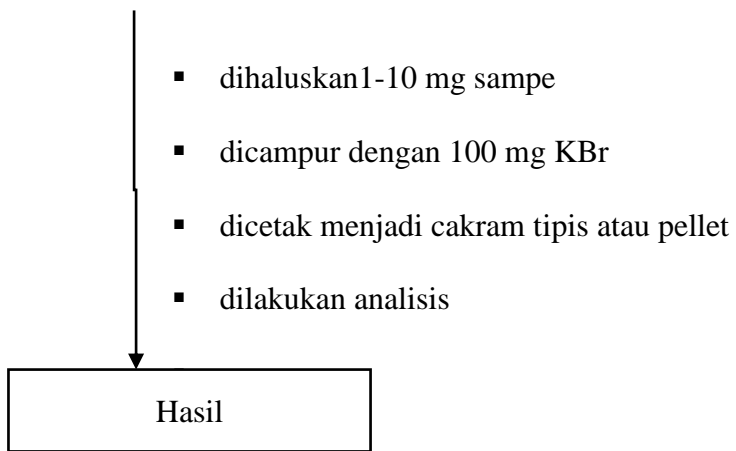
5. Karakterisasi Permukaan Karbon Aktif Secara Kimia Metode Boehm

0,5 gram karbon aktif

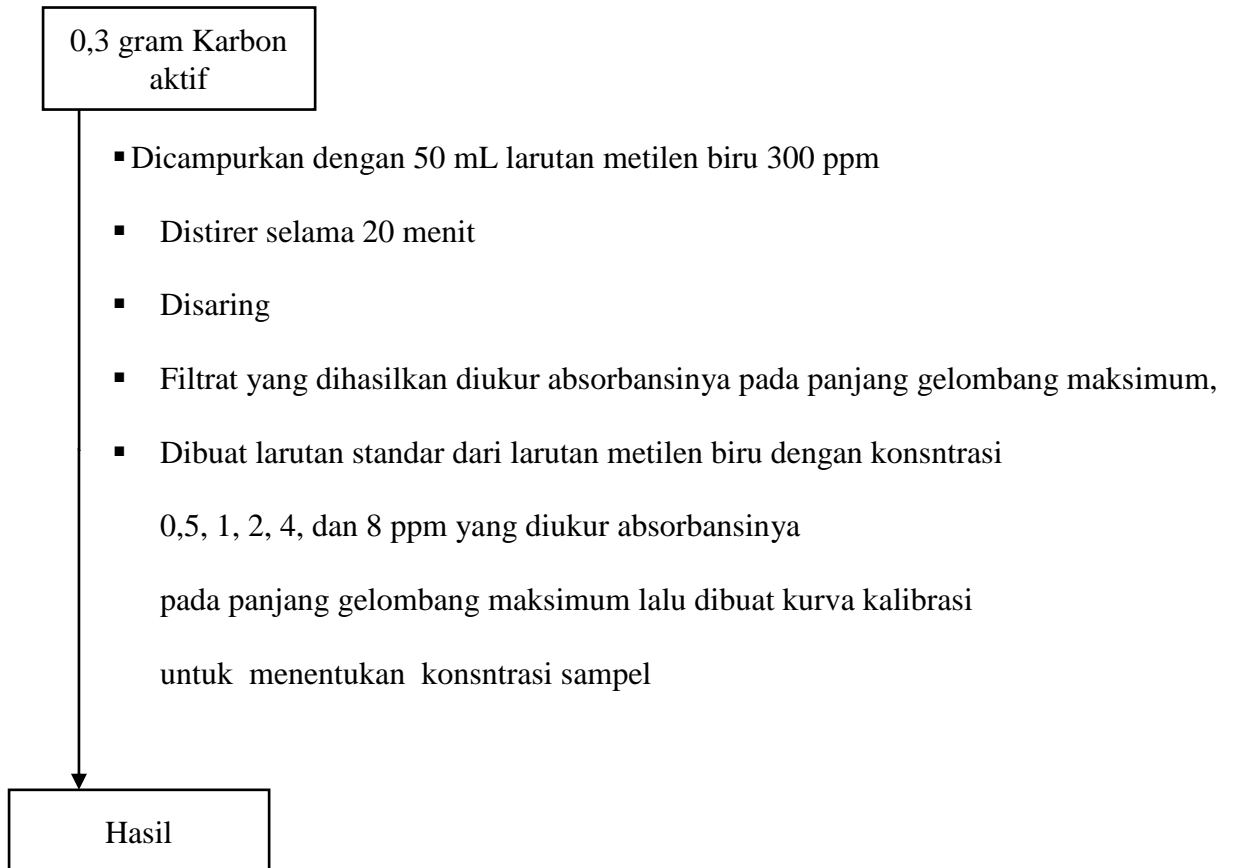


6. Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR

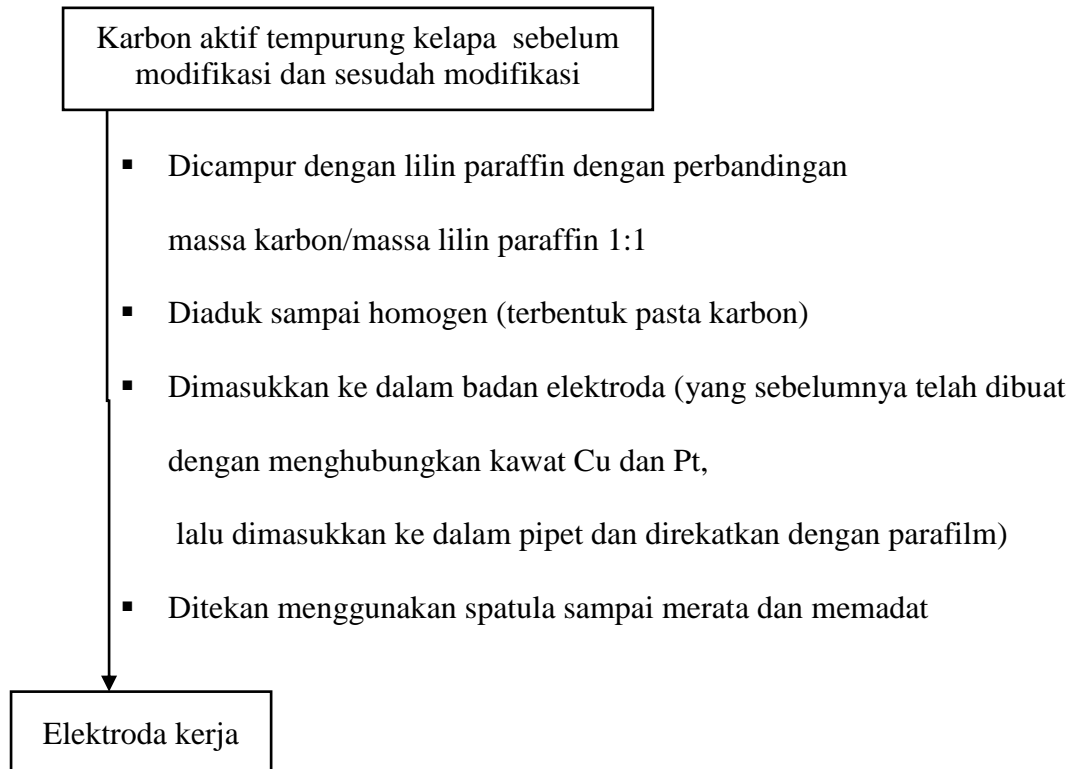
Karbona ktif tempurung kelapa



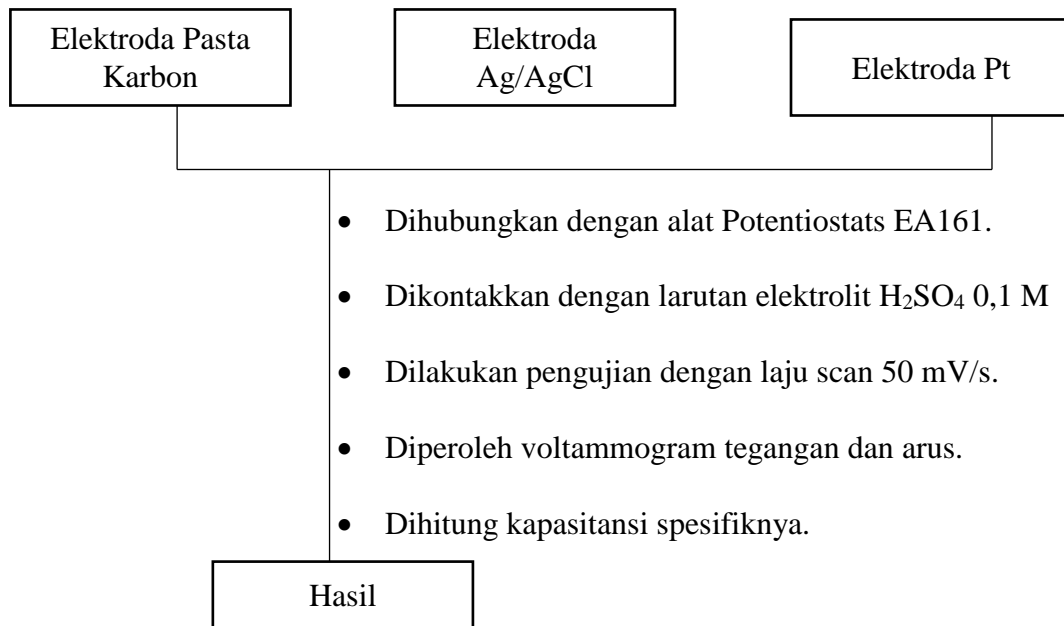
7. Karakterisasi Luas Permukaan dengan Metode Metilen Biru



8. Pembuatan Elektroda Pasta Karbon



9. Penentuan Kapasitansi dengan menggunakan Instrumen *Cyclic Voltammetry*



Lampiran 2. Perhitungan Luas Permukaan Karbon

$$X_m = \frac{(C_o - C_t) \times V \text{ larutan (L)}}{\text{massa karbon aktif (g)}}$$

$$S = \frac{X_m \cdot N \cdot a}{M_r}$$

1. Luas permukaan Karbon Tempurung kelapa

$$y = 0.279x - 0.002$$

$$C_t = \frac{A - 0,002}{0,279} \times 100$$

$$C_o - C_t = 300 - C_t$$

$$X_m = \frac{(C_o - C_t)}{gr} \cdot 0,05$$

$$S = \frac{X_m \times 6,02 \times 197}{319,86}$$

A. Luas permukaan karbon aktif tempurung kelapa sebelum aktivasi

$$C_t = \frac{0,372 - 0,002}{0,279} \times 10$$

$$= 132.6164875$$

$$C_o - C_t = 300 - 132.6164875$$

$$= 167.3835125$$

$$X_m = \frac{167,3835125}{0,3} \cdot 0,05$$

$$= 27.89725209 \text{ mg/g}$$

$$S = \frac{27,89725209 \times 6,02 \times 197}{319,86}$$

$$= 103.4342123 \text{ m}^2/\text{g}$$

B. Luas permukaan karbon aktif tempurung kelapa (4:1)

$$C_t = \frac{0,365 - 0,002}{0,279} \times 100$$

$$= 130.1075269$$

$$C_o - C_t = 300 - 130.1075269$$

$$= 169.8924731$$

$$X_m = \frac{169,8924731}{0,3} \times 0,05$$

$$= 28.31541219 \text{ mg/g}$$

$$S = \frac{28,31541219 \times 6,02 \times 197}{319,86}$$

$$= 104,984618 \text{ m}^2/\text{g}$$

C. Luas permukaan karbon aktif tempurung kelapa (5:1)

$$C_t = \frac{0,346 - 0,002}{0,279} \times 100$$

$$= 123.297491$$

$$C_o - C_t = 300 - 123.297491$$

$$= 176,702509$$

$$X_m = \frac{176,702509}{0,3} \times 0,05$$

$$= 29,45041816 \text{ mg/g}$$

$$S = \frac{29,45041816 \times 6,02 \times 197}{319,86}$$

$$= 109.1928622 \text{ m}^2/\text{g}$$

D. Luas permukaan karbon aktif tempurung kelapa (6:1)

$$\begin{aligned}
C_t &= \frac{0,362 - 0,002}{0,279} \times 100 \\
&= 129,0322581 \\
C_o - C_t &= 300 - 129,0322581 \\
&= 170,9677419 \\
X_m &= \frac{170,9677419}{0,3} \times 0,05 \\
&= 28,49462366 \text{ mg/g} \\
S &= \frac{28,49462366 \times 6,02 \times 197}{319,86} \\
&= 105,6490777 \text{ m}^2/\text{g}
\end{aligned}$$

Lampiran 3. Perhitungan Titrasi Boehm

$$n_{\text{csf}} = \frac{[V_{\text{NaHCO}_3} \times N_{\text{NaHCO}_3} - (C_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}} - C_{\text{NaOH}} \times V_t)] \frac{V_{\text{NaHCO}_3}}{V_s}}{w}$$

Ket: N NaHCO ₃ = 0,0502 N	C NaOH = 0,0505 N
N Na ₂ CO ₃ = 0,0504 N	C HCl = 0,0417 N
N NaOH = 0,0505 N	
N HCl = 0,0464 N	

1. Titrasi Boehm HNO₃

a. NaHCO₃

$$n_{\text{csf}} = \frac{[V_{\text{NaHCO}_3} \times N_{\text{NaHCO}_3} - (C_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}} - C_{\text{NaOH}} \times V_t)] \frac{V_{\text{NaHCO}_3}}{V_s}}{w}$$

$$= \frac{[(10 \text{ mL} \times 0,0502 \text{ N}) - (0,0417 \text{ N} \times 15 \text{ mL} - 0,0505 \text{ N} \times 2,5 \text{ mL})] 50/10}{0,5 \text{ g}}$$

$$= \frac{0,502 \text{ meq} - (0,6255 \text{ meq} - 0,1262 \text{ meq}) 5}{0,5 \text{ g}}$$

$$= \frac{0,502 \text{ meq} - 0,4993 \text{ meq} \times 5}{0,5 \text{ g}}$$

$$= 0,027 \text{ meq/g}$$

b. Na₂CO₃

$$n_{\text{csf}} = \frac{[V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \times N_{\text{Na}_2\text{CO}_3} - (C_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}} - C_{\text{NaOH}} \times V_t)] \frac{V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{V_s}}{w}$$

$$= \frac{[(10 \text{ mL} \times 0,0504 \text{ N}) - (0,0417 \text{ N} \times 15 \text{ mL} - 0,0505 \text{ N} \times 4 \text{ mL})] 50/10}{0,5 \text{ g}}$$

$$= \frac{0,504 \text{ meq} - (0,6255 \text{ meq} - 0,202 \text{ meq}) 5}{0,5 \text{ g}}$$

$$= \frac{0,0805 \text{ meq} \times 5}{0,5 \text{ g}}$$

$$= 0,805 \text{ meq/g}$$

c. NaOH

$$n_{\text{csf}} = \frac{[V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} - (C_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}} - C_{\text{NaOH}} \times V_t)] \frac{V_{\text{NaOH}}}{V_s}}{w}$$

$$= \frac{[(10 \text{ mL} \times 0,0505 \text{ N}) - (0,0417 \text{ N} \times 15 \text{ mL} - 0,0505 \text{ N} \times 3,5 \text{ mL})]50/10}{0,5 \text{ g}}$$

$$= \frac{0,505 \text{ meq} - (0,6255 \text{ meq} - 0,1767 \text{ meq}) \cdot 5}{0,5 \text{ g}}$$

$$= \frac{0,505 \text{ meq} - 0,4488 \text{ meq} \times 5}{0,5 \text{ g}}$$

$$= 0,562 \text{ meq/g}$$

d. HCl

$$n_{\text{csf}} = \frac{[V_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}} - (C_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} - C_{\text{HCl}} \times V_t)] \frac{V_{\text{HCl}}}{V_s}}{w}$$

$$= \frac{[(10 \text{ mL} \times 0,0464 \text{ N}) - (0,0505 \text{ N} \times 15 \text{ mL} - 0,0417 \text{ N} \times 10 \text{ mL})]50/10}{0,5 \text{ g}}$$

$$= \frac{0,464 \text{ meq} - (0,7575 \text{ meq} - 0,417 \text{ meq}) \cdot 5}{0,5 \text{ g}}$$

$$= 1,235 \text{ meq/g}$$

2. Titrasi Boehm H₂O₂

a. NaHCO₃

$$\begin{aligned}
n_{\text{csf}} &= \frac{[V_{\text{NaHCO}_3} \times N_{\text{NaHCO}_3} - (C_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}} - C_{\text{NaOH}} \times V_t)] \frac{V_{\text{NaHCO}_3}}{V_s}}{w} \\
&= \frac{[(10 \text{ mL} \times 0,0502 \text{ N}) - (0,0417 \text{ N} \times 15 \text{ mL} - 0,0505 \text{ N} \times 4,5)] 50/10}{0,5 \text{ g}} \\
&= \frac{0,502 \text{ meq} - (0,6255 \text{ meq} - 0,2272 \text{ meq}) 5}{0,5 \text{ g}} \\
&= 1,037 \text{ meq/g}
\end{aligned}$$

b. Na₂CO₃

$$\begin{aligned}
n_{\text{csf}} &= \frac{[V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \times N_{\text{Na}_2\text{CO}_3} - (C_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}} - C_{\text{NaOH}} \times V_t)] \frac{V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{V_s}}{w} \\
&= \frac{[(10 \text{ mL} \times 0,0504 \text{ N}) - (0,0417 \text{ N} \times 15 \text{ mL} - 0,0505 \text{ N} \times 3 \text{ mL})] 50/10}{0,5 \text{ g}} \\
&= \frac{0,504 \text{ meq} - (0,6255 - 0,1515) 5}{0,5 \text{ g}} \\
&= \frac{0,1937 \text{ meq} \times 0,474 \text{ meq} \times 5}{0,5 \text{ g}} \\
&= 0,3 \text{ meq/g}
\end{aligned}$$

c. NaOH

$$\begin{aligned}
n_{\text{csf}} &= \frac{[V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} - (C_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}} - C_{\text{NaOH}} \times V_t)] \frac{V_{\text{NaOH}}}{V_s}}{w} \\
&= \frac{[(10 \text{ mL} \times 0,0505 \text{ N}) - (0,0417 \text{ N} \times 15 \text{ mL} - 0,0505 \text{ N} \times 3 \text{ mL})] 50/10}{0,5 \text{ g}} \\
&= \frac{0,505 \text{ meq} - (0,6255 \text{ meq} - 0,1515 \text{ meq}) 5}{0,5 \text{ g}}
\end{aligned}$$

$$= \frac{0,505 \text{ meq} - 0,474 \text{ meq} \times 5}{0,5 \text{ g}}$$

$$= 0,31 \text{ meq/g}$$

d. HCl

$$n_{\text{csf}} = \frac{[V_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}} - (C_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} - C_{\text{HCl}} \times V_t)] \frac{V_{\text{HCl}}}{V_s}}{w}$$

$$= \frac{[(10 \text{ mL} \times 0,0464 \text{ N}) - (0,0505 \text{ N} \times 15 \text{ mL} - 0,0417 \text{ N} \times 12)]50/10}{0,5 \text{ g}}$$

$$= \frac{0,464 \text{ meq} - (0,7575 \text{ meq} - 0,5004 \text{ meq}) 5}{0,5 \text{ g}}$$

$$= \frac{0,464 \text{ meq} - 0,2571 \text{ meq} \times 5}{0,5 \text{ g}}$$

$$= 2,069 \text{ meq/g}$$

3. Titration Boehm H₂SO₄

a. NaHCO₃

$$n_{\text{csf}} = \frac{[V_{\text{NaHCO}_3} \times N_{\text{NaHCO}_3} - (C_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}} - C_{\text{NaOH}} \times V_t)] \frac{V_{\text{NaHCO}_3}}{V_s}}{w}$$

$$= \frac{[(10 \text{ mL} \times 0,0502 \text{ N}) - (0,0417 \text{ N} \times 15 \text{ mL} - 0,0505 \text{ N} \times 4,2 \text{ mL})]50/10}{0,5 \text{ g}}$$

$$= \frac{0,502 \text{ meq} - (0,6255 \text{ meq} - 0,2121 \text{ meq}) 5}{0,5 \text{ g}}$$

$$= \frac{0,502 \text{ meq} - 0,4134 \text{ meq} \times 5}{0,5 \text{ g}}$$

$$= 0,886 \text{ meq/g}$$

b. Na₂CO₃

$$\begin{aligned}
n_{\text{csf}} &= \frac{[V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \times N_{\text{Na}_2\text{CO}_3} - (C_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}} - C_{\text{NaOH}} \times V_t)] \frac{V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{V_s}}{w} \\
&= \frac{[(10 \text{ mL} \times 0,0504 \text{ N}) - (0,0417 \text{ N} \times 15 \text{ mL} - 0,0505 \text{ N} \times 4 \text{ mL})]50/10}{0,5 \text{ g}} \\
&= \frac{0,504 \text{ meq} - (0,6255 \text{ meq} - 0,202 \text{ meq}) 5}{0,5 \text{ g}} \\
&= \frac{0,504 \text{ meq} - 0,4235 \times 5}{0,5 \text{ g}} \\
&= 0,805 \text{ meq/g}
\end{aligned}$$

c. NaOH

$$\begin{aligned}
n_{\text{csf}} &= \frac{[V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} - (C_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}} - C_{\text{NaOH}} \times V_t)] \frac{V_{\text{NaOH}}}{V_s}}{w} \\
&= \frac{[(10 \text{ mL} \times 0,0505 \text{ N}) - (0,0417 \text{ N} \times 15 \text{ mL} - 0,0505 \text{ N} \times 3,3)]50/10}{0,5 \text{ g}} \\
&= \frac{0,505 \text{ meq} - (0,6255 \text{ meq} - 0,1667 \text{ meq}) 5}{0,5 \text{ g}} \\
&= \frac{0,505 \text{ meq} - 0,4588 \times 5}{0,5 \text{ g}} \\
&= 0,462 \text{ meq/g}
\end{aligned}$$

d. HCl

$$\begin{aligned}
n_{\text{csf}} &= \frac{[V_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}} - (C_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} - C_{\text{HCl}} \times V_t)] \frac{V_{\text{HCl}}}{V_s}}{w} \\
&= \frac{[(10 \text{ mL} \times 0,0464 \text{ N}) - (0,0505 \text{ N} \times 15 \text{ mL} - 0,0417 \text{ N} \times 12)]50/10}{0,5 \text{ g}} \\
&= \frac{0,464 \text{ meq} - (0,7575 \text{ meq} - 0,5004 \text{ meq}) 5}{0,5 \text{ g}}
\end{aligned}$$

$$= \frac{0,464 \text{ meq} - 0,2571 \text{ meq} \times 5}{0,5 \text{ g}}$$

$$= 2,069 \text{ meq/g}$$

4. Titrasi Boehm Non Modifikasi

a. NaHCO_3

$$n_{\text{csf}} = \frac{[V_{\text{NaHCO}_3} \times N_{\text{NaHCO}_3} - (C_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}} - C_{\text{NaOH}} \times V_t)] \frac{V_{\text{NaHCO}_3}}{V_s}}{w}$$

$$= \frac{[(10 \text{ mL} \times 0,0502 \text{ N}) - (0,0417 \text{ N} \times 15 \text{ mL} - 0,0505 \text{ N} \times 2,6 \text{ mL})] 50/10}{0,5 \text{ g}}$$

$$= \frac{0,502 \text{ meq} - (0,6255 \text{ meq} - 0,1313 \text{ meq}) \times 5}{0,5 \text{ g}}$$

$$= \frac{0,502 \text{ meq} - (0,4942 \text{ meq}) \times 5}{0,5 \text{ g}}$$

$$= 0,078 \text{ meq/g}$$

b. Na_2CO_3

$$n_{\text{csf}} = \frac{[V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \times N_{\text{Na}_2\text{CO}_3} - (C_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}} - C_{\text{NaOH}} \times V_t)] \frac{V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{V_s}}{w}$$

$$= \frac{[(10 \text{ mL} \times 0,0504 \text{ N}) - (0,0417 \text{ N} \times 15 \text{ mL} - 0,0505 \text{ N} \times 4 \text{ mL})] 50/10}{0,5 \text{ g}}$$

$$= \frac{0,504 \text{ meq} - (0,6255 \text{ meq} - 0,202 \text{ meq}) \times 5}{0,5 \text{ g}}$$

$$= \frac{0,504 \text{ meq} - 0,4235 \text{ meq} \times 5}{0,5 \text{ g}}$$

$$= 0,805 \text{ meq/g}$$

c. NaOH

$$\begin{aligned}n_{\text{csf}} &= \frac{[V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} - (C_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}} - C_{\text{NaOH}} \times V_t)] \frac{V_{\text{NaOH}}}{V_s}}{w} \\&= \frac{[(10 \text{ mL} \times 0,0505 \text{ N}) - (0,0417 \text{ N} \times 15 \text{ mL} - 0,0505 \text{ N} \times 4 \text{ mL})] 50/10}{0,5 \text{ g}} \\&= \frac{0,505 \text{ meq} - (0,6255 \text{ meq} - 0,202 \text{ meq}) 5}{0,5 \text{ g}} \\&= 0,815 \text{ meq/g}\end{aligned}$$

d. HCl

$$\begin{aligned}n_{\text{csf}} &= \frac{[V_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}} - (C_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} - C_{\text{HCl}} \times V_t)] \frac{V_{\text{HCl}}}{V_s}}{w} \\&= \frac{[(10 \text{ mL} \times 0,0464 \text{ N}) - (0,0505 \text{ N} \times 15 \text{ mL} - 0,0417 \text{ N} \times 10 \text{ mL})] 50/10}{0,5 \text{ g}} \\&= \frac{0,464 \text{ meq} - (0,7575 \text{ meq} - 0,417 \text{ meq}) 5}{0,5 \text{ g}} \\&= \frac{0,464 \text{ meq} - 0,3405 \text{ meq} \times 5}{0,5 \text{ g}} \\&= 1,235 \text{ meq/g}\end{aligned}$$

Lampiran 4. Kelompok Fungsional pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa

$$n_{\text{CSf}} \text{NaHCO}_3 = m_e \text{Karboksilat}$$

$$n_{\text{CSf}} \text{Na}_2\text{CO}_3 = m_e \text{Karboksilat} + m_e \text{Lakton}$$

$$n_{\text{CSf}} \text{NaOH} = m_e \text{Karboksilat} + m_e \text{Fenol} + m_e \text{Lakton}$$

1. HNO₃

$$a. \quad n_{\text{CSf}} \text{NaHCO}_3 = m_e \text{Karboksilat}$$

$$m_e \text{Karboksilat} = 0,027 \text{ meq/g}$$

$$b. \quad n_{\text{CSf}} \text{Na}_2\text{CO}_3 = m_e \text{Karboksilat} + m_e \text{Lakton}$$

$$0,805 \text{ meq/g} = 0,027 \text{ meq/g} + m_e \text{Lakton}$$

$$m_e \text{Lakton} = 0,805 \text{ meq/g} - 0,027 \text{ meq/g}$$

$$m_e \text{Lakton} = 0,778 \text{ meq/g}$$

$$c. \quad n_{\text{CSf}} \text{NaOH} = m_e \text{Karboksilat} + m_e \text{Fenol} + m_e \text{Lakton}$$

$$0,562 \text{ meq/g} = 0,027 \text{ meq/g} + m_e \text{Fenol} + 0,778 \text{ meq/g}$$

$$m_e \text{Fenol} = 0,562 \text{ meq/g} - 0,805 \text{ meq/g}$$

$$= 0 \text{ meq/g}$$

2. H₂O₂

$$a. \quad n_{\text{CSf}} \text{NaHCO}_3 = m_e \text{Karboksilat}$$

$$m_e \text{Karboksilat} = 1,037 \text{ meq/g}$$

$$b. \quad n_{\text{CSf}} \text{Na}_2\text{CO}_3 = m_e \text{Karboksilat} + m_e \text{Lakton}$$

$$0,3 \text{ meq/g} = 1,037 \text{ meq/g} + m_e \text{Lakton}$$

$$m_e \text{Lakton} = 0,3 \text{ meq/g} - 1,037 \text{ meq/g}$$

$$m_e \text{Lakton} = 0 \text{ meq/g}$$

$$c. \quad n_{\text{CSf}} \text{NaOH} = m_e \text{Karboksilat} + m_e \text{Fenol} + m_e \text{Lakton}$$

$$0,31 \text{ meq/g} = 1,037 \text{ meq/g} + m_e \text{Fenol} + 0 \text{ meq/g}$$

$$m_e \text{Fenol} = 0 \text{ meq/g}$$

3. H₂SO₄

$$a. \quad n_{\text{csf}} \text{NaHCO}_3 = m_e \text{Karboksilat}$$

$$m_e \text{Karboksilat} = 0,886 \text{ meq/g}$$

$$b. \quad n_{\text{csf}} \text{Na}_2\text{CO}_3 = m_e \text{Karboksilat} + m_e \text{Lakton}$$

$$0,805 \text{ meq/g} = 0,886 \text{ meq/g} + m_e \text{Lakton}$$

$$m_e \text{Lakton} = 0,805 \text{ meq/g} - 0,886 \text{ meq/g}$$

$$m_e \text{Lakton} = 0 \text{ meq/g}$$

$$c. \quad n_{\text{csf}} \text{NaOH} = m_e \text{Karboksilat} + m_e \text{Fenol} + m_e \text{Lakton}$$

$$0,462 \text{ meq/g} = 0,886 \text{ meq/g} + m_e \text{Fenol} + 0 \text{ meq/g}$$

$$m_e \text{Fenol} = 0,462 \text{ meq/g} - 0,886 \text{ meq/g}$$

$$m_e \text{Fenol} = 0 \text{ meq/g}$$

4. Non Modifikasi

$$a. \quad n_{\text{csf}} \text{NaHCO}_3 = m_e \text{Karboksilat}$$

$$m_e \text{Karboksilat} = 0,078 \text{ meq/g}$$

$$b. \quad n_{\text{csf}} \text{Na}_2\text{CO}_3 = m_e \text{Karboksilat} + m_e \text{Lakton}$$

$$0,805 \text{ meq/g} = 0,078 \text{ meq/g} + m_e \text{Lakton}$$

$$m_e \text{Lakton} = 0,805 \text{ meq/g} - 0,078 \text{ meq/g}$$

$$m_e \text{Lakton} = 0,727 \text{ meq/g}$$

$$c. \quad n_{\text{csf}} \text{NaOH} = m_e \text{Karboksilat} + m_e \text{Fenol} + m_e \text{Lakton}$$

$$0,815 \text{ meq/g} = 0,078 \text{ meq/g} + m_e \text{Fenol} + 0,727 \text{ meq/g}$$

$$m_e \text{Fenol} = 0,815 \text{ meq/g} - 0,805 \text{ meq/g}$$

$$= 0,01 \text{ meq/g}$$

Lampiran 5. Perhitungan Kapasitansi Spesifik Karbon Aktif Tempurung Kelapa

$$C_s = \frac{I_c - I_d}{v.m}$$

1. Perhitungan kapasitansi spesifik karbon aktif tempurung kelapa (HNO₃)

$$I_c = 3,28$$

$$I_d = -2,79$$

$$V = 0,05 \text{ V/s}$$

$$m = 0,0171 \text{ gram}$$

$$C_s = \frac{I_c - I_d}{v \cdot m}$$

$$C_s = \frac{3,28 - (-2,79) \mu\text{A}}{0,05 \text{V/s} \times 0,0171 \text{ gram}}$$
$$= 7099,415 \mu\text{F/g}$$

2. Perhitungan kapasitansi spesifik karbon aktif tempurung kelapa (H_2O_2)

$$I_c = 2,12 \mu\text{A}$$

$$I_d = -1,92 \mu\text{A}$$

$$V = 0,05 \text{ V/s}$$

$$m = 0,0208 \text{ gram}$$

$$C_s = \frac{I_c - I_d}{v \cdot m}$$

$$C_s = \frac{2,12 - (-1,92) \mu\text{A}}{0,05 \text{ V/s} \times 0,0208 \text{ gram}}$$
$$= 3884,615 \mu\text{F/g}$$

3. Perhitungan kapasitansi spesifik karbon aktif tempurung kelapa (H_2SO_4)

$$I_c = 4,65 \mu\text{A}$$

$$I_d = -1,39 \mu\text{A}$$

$$m = 0,0246 \text{ gram}$$

$$v = 0,05 \text{ V/s}$$

$$C_s = \frac{I_c - I_d}{v \cdot m}$$

$$C_s = \frac{4,65 - (-1,39) \mu\text{A}}{0,05 \text{ V/s} \times 0,0246 \text{ gram}}$$
$$= 4910,569 \mu\text{F/g}$$

4.Perhitungan kapasitansi spesifik karbon aktif tempurung kelapa Non modifikasi

$$I_c = 3,99 \mu A$$

$$I_d = -1,38 \mu A$$

$$V = 0,05 V/s$$

$$M = 0,0226 \text{ gram}$$

$$C_s = \frac{I_c - I_d}{v.m}$$

$$C_s = \frac{3,99 - (-1,38) \mu A}{0,05 V/s \times 0,0226 \text{ gram}}$$

$$= 4752,212 \mu F/g$$

Lampiran 6. Dokumentasi Hasil Penelitian



Tempurung Kelapa



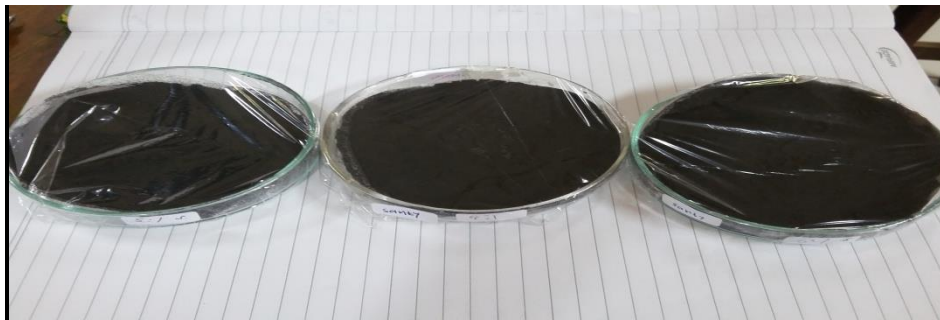
Hasil Karbonisasi ukuran 100 mesh



Proses Perendaman



Proses Penyaringan



Karbon aktif hasil aktivasi dengan 3 perbandingan

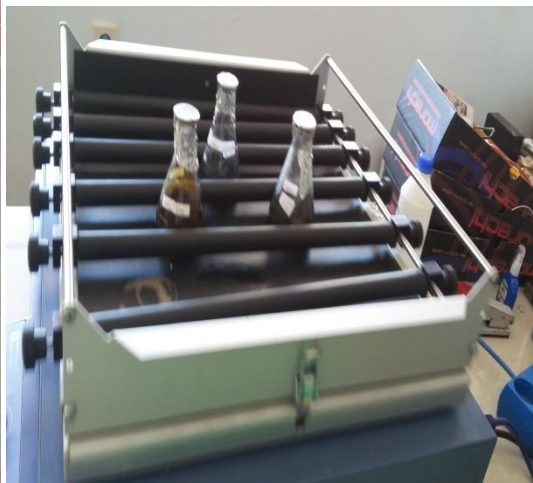


Deret Standar Metilen Biru

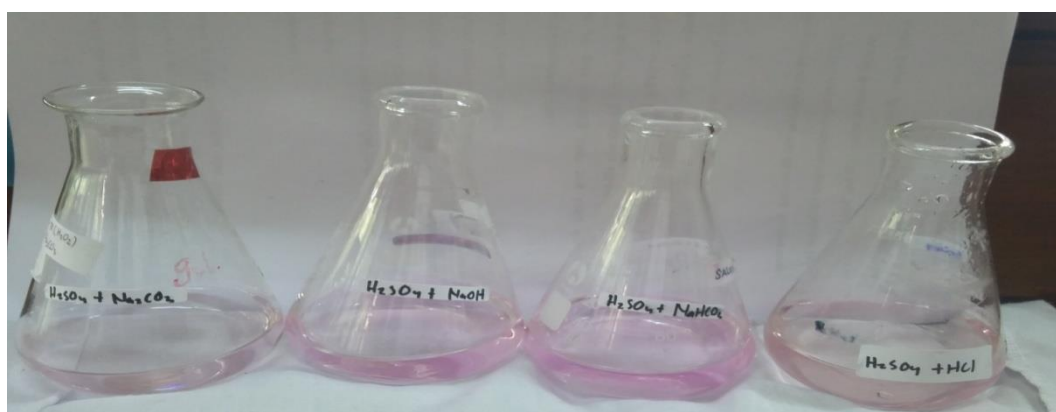
Modifikasi Permukaan karbon aktif Tempurung Kelapa



Sebelum di shaker



Sesudah di Shaker



Hasil Standarisasi Metode Boehm

Elektroda Pasta Karbon



Sebelum Elektrodeposisi

Sesudah Elektrodeposisi