

Hasil Penelitian

**PENGARUH ELEKTROLIT Li_2SO_4 , Na_2SO_4 dan K_2SO_4 TERHADAP
NILAI KAPASITANSI SPESIFIK KARBON TEMPURUNG KEMIRI
(*Aleurites moluccana*) TERAKTIVASI KOH SEBAGAI PENYIMPANAN
ENERGI SUPERKAPASITOR**

ANDI NOVI SETIA BUDIANTI

H31115506



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**



Optimization Software:
www.balesio.com

**PENGARUH ELEKTROLIT Li_2SO_4 , Na_2SO_4 dan K_2SO_4 TERHADAP
NILAI KAPASITANSI SPESIFIK KARBON TEMPURUNG KEMIRI
(*Aleurites moluccana*) TERAKTIVASI KOH SEBAGAI PENYIMPANAN
ENERGI SUPERKAPASITOR**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar sarjana sains*

Oleh

ANDI NOVI SETIA BUDIANTI

H311 15 506



MAKASSAR

2020





SKRIPSI

UJIAN LARUTAN ELEKTROLIT Li_2SO_4 , Na_2SO_4 DAN K_2SO_4
PADA NILAI KAPASITANSI SPESIFIK KARBON TEMPURUNG
AKTIF (Aleurites moluccana) TERAKTIVASI KOH SEBAGAI
PENYIMPANAN ENERGI SUPERKAPASITOR

Disusun dan diajukan oleh:

ANDI NOVI SETIA BUDIANTI

131115506

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh:



Pembimbing Utama

Dr. Muhammad Zakir, M.Si
NIP. 19701103 199903 1 001



Pembimbing Pertama

Dr. Paulina Taba, M.Phil
NIP. 19571115 198810 2 001



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

- Nama : Andi Novi Setia Budianti
- Nomor Mahasiswa : H31115506
- Program Studi : Kimia

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 11 Oktober 2020

Andi Novi Setia Budianti

RAKATA

Alhamdulillah Rabbil 'alamin, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah *Subhanahu wa Ta'ala* yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian ini dengan judul **"Pengaruh Elektrolit Li_2SO_4 , Na_2SO_4 dan K_2SO_4 Terhadap Nilai Kapasitansi Spesifik Karbon Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*) Teraktivasi KOH Sebagai *enyimpanan Energi Superkapasitor"**. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Kimia S1, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Asshalatu wassalam 'ala Rasulillah, salam dan shalawat semoga tetap tercurah kepada Nabi Muhammad *Shallallahu 'Alaihi wasallam*, seorang manusia terbaik yang pernah ada di muka bumi ini, dialah utusan Allah yang membawa perbaikan bagi alam semesta dan seisinya terkhusus kepada manusia agar tak salah arah dalam menentukan hidupnya.

Kemudian, penulis dengan tulus hati dan rasa hormat menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua tercinta, Ibunda **Andi Naidah Abdullah**, dan Tante penulis yang tercinta **Andi Saidah, S.Pd**, atas do'a dan dorongan semangat yang telah diberikan. Demikian pula keluarga besar penulis atas dukungannya yang senantiasa mengiringi langkah penulis.

Ucapan terimakasih kepada dosen pembimbing, Bapak **Dr. Sci. Muhammad Zakir, M.Si** selaku pembimbing utama dan Ibu **Dr. Paulina Taba,**

selaku pembimbing pertama yang telah sabar memberikan bimbingan dan mulai dari pembuatan proposal sampai penyelesaian skripsi penelitian ini.

terimakasih juga kepada:



1. Ketua dan Sekertaris Jurusan Kimia Bapak **Dr. Abdul Karim, M. Si** dan Ibu **Dr. St. Fauziah, M.Si** dan seluruh Dosen jurusan Kimia, serta staf dan pegawai atas bimbingan dan bantuan dalam proses perkuliahan maupun dalam penyelesaian skripsi penelitian ini.
2. Dosen Penguji, Ibu **Prof. Dr. Nunuk Hariani S, MS.** sekaligus selaku Penasehat Akademik yang selalu menuntun penulis dalam kesulitan yang dihadapi selama perkuliahan.dan Ibu **Erna Mayasari, S.Si, M.Si,** terima kasih atas saran dan masukannya.
3. **Pak Sugeng, Kak Fibi, Ibu Tini, Kak Linda, Kak Hanna, Kak Anti, Kak Rahma** dan **Pak Iqbal,** terima kasih atas bantuan yang diberikan.
4. Partner penelitian **Andi Nurul Mujahidah M.** atas bantuan dan kerja samanya dalam proses penelitian dan penyelesaian skripsi penelitian ini.
5. Rekan-rekan **Peneliti Kimia Fisika S1 (Eka, Ghia, Nanda, Cica, Irwan, Ikkawati, Santini, Yasinta, Gita, Fira, Ojan dan Magets).**
6. Saudara tak sedarah penulis **Polihedra 2015** dan **MIPA 2015,** seluruh teman-teman angkatan kimia 2015, rekan-rekan seperjuangan yang telah menyertai perjalanan semasa penulis menempuh ilmu di kampus merah.
7. Segenap **KM (Keluarga Mahasiswa) FMIPA Unhas** dan **KMK (Keluarga Mahasiswa Kimia) FMIPA Unhas** yang telah banyak memberi ilmu non-akademik, pengalaman dan pelajaran hidup, serta cerita yang tak ternilai harganya yang akan selalu dikenang menjadi sebuah kisah klasik yang takkan pernah terlupakan selama penulis berjuang di kampus merah.



8. Kanda Kimia Angkatan 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 dan Adik-adik angkatan 2016, 2017, 2018 dan 2019.
9. Kanda **Titration 2013** dan Adik **Alifatik 2017** yang telah banyak membantu dan mengingatkan penulis dalam hal akademik maupun non-akademik.
10. Terima kasih kepada kanda **Adhan Apriadi Putra, S,Si** senior yang merambat sebagai kakak penulis yang senantiasa memberikan semangat dan motivasi serta bantuan-bantuan tak terduga lainnya.
11. Terima kasih kepada **Kak Zakir** dan **Kak Helen** yang selalu membantu dari awal penelitian hingga selesai.
12. Terima kasih kepada seluruh **OPPA BTS (Namjoon/RM, Seokjin/JIN, Yoongi/SUGA, Hoseok/J-HOPE, JIMIN, Taehyung/V, dan Jungkook/JK)** yang senantiasa menemani penulis selama ini dengan berbagai mahakarya yang indah.
13. Saudara Seper-KPOP-an penulis **Cici, Faje** dan **Melan** yang telah memberikan banyak semangat kepada penulis
14. Keluarga Ceramah penulis **AVENGERS HIJRAH** yang menjadi saksi hidup perjalanan penulis, para pejuang tangguh yang merangkap menjadi ojek offline penulis : **Irwan** (Manusia bureng yang sangat baik hati), **Magets** (Manusia tak kalem yang selalu menghibur hati), **Aksa** (Anak tunggal yang selalu siaga menjadi kakak yang paling melindungi), **Khaeril** (Saudara lelaki yang siaga mengayomi) dan **Yogie** (Manusia es yang ternyata paling mengasih). Para wanita reaktif yang menjadi *support*

system penulis : **Uti** (Kimiawan yang lebih cocok menjadi dokter pen-
incare-an), **Wirda** (Perempuan kalem yang paling panik-an), **Fira**



(Gadis cempeng yang penyayang), **Cici** (Wanita baik hati yang paling menenangkan), **Kholia** (Manusia rewa yang paling bias dipegang kata-katanya) , **Fajriah** (Sosol perempuan sebagai perwujudan hidup dari tabung gas LPG yang diberi nyawa), **Ica** (Partner jalan dan tempat curhat paling nyaman), **Saenab** (Perempuan dengan kadar ke-ibu-an yang sangat menyejukkan), **Rosida** (Manusia penuh penjelasan yang melebihi ensiklopedia), **Sinar** (Perempuan santuy yang penuh kejutan) dan **Yani** (Wanita lemah lembut dengan gejolak *ARMY* yang membara).

15. Semua pihak yang tidak sempat tertulis namanya yang telah memberikan dukungan maupun bantuan kepada penulis.

Sebaik-baik penulis pasti ia pernah berbuat kesalahan, dan sebaik-baik manusia adalah yang bersegera memperbaiki dirinya ketika ia mengetahui ia bersalah. Maka penulis mengucapkan terima kasih atas kritik dan saran yang bersifat membangun dalam penulisan selanjutnya.

Akhirnya penulis berharap semoga isi skripsi ini dapat bermanfaat dalam perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya kimia fisika. Aamiin allohumma aamiin.

Makassar, 20 Juni 2020

Penulis



ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan karbon aktif dari tempurung kemiri. Pembuatan karbon aktif dari tempurung kemiri ini melewati proses karbonisasi dan aktivasi karbon. Karbonisasi dilakukan dengan suhu 600 °C selama 120 menit dan aktivasi dilakukan perendaman dengan KOH 10 %. Efek dari aktivator KOH dapat menurunkan kelembapan, kadar abu, serta meningkatkan luas permukaan material karbon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas sebagian besar arang aktif yang dihasilkan telah memenuhi standar nasional Indonesia SNI. Analisis dengan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan guna mengetahui gugus fungsi, morfologi permukaan material karbon serta struktur dan ukuran kristal. Efek dari aktivator KOH juga dapat meningkatkan nilai kapasitansi spesifik dengan nilai tertinggi pada larutan elektrolit Li_2SO_4 pada laju scan 10 mV/s. Nilai kapasitansi spesifik KATK dalam larutan elektrolit Li_2SO_4 , Na_2SO_4 dan K_2SO_4 .

Kata kunci: Tempurung Kemiri, Aktivator KOH, Li_2SO_4 , Na_2SO_4 , K_2SO_4 , Kapasitansi Spesifik.



ABSTRACT

In this research, the manufacture of activated carbon from candlenut shells was carried out. The making of activated carbon from the candlenut shell passes through carbonization and carbon activation processes. Carbonization was carried out at 600 °C for 120 minutes and activation was immersed with 10% KOH. The effect of KOH activator can reduce humidity, ash content, and increase the surface area of carbon material. The results showed that the quality of most of the activated charcoal produced had met the Indonesian national SNI standard. *Analysis with Fourier Transform Infra-Red (FTIR), Scanning Electron Microscope (SEM) and X-Ray Diffraction (XRD)* was carried out to determine the functional groups, the surface morphology of carbon material and the structure and size of crystals. The effect of the KOH activator can also increase the specific capacitance value with the highest value in the Li_2SO_4 electrolyte solution at a scan rate of 10 mV / s. The specific capacitance values of KATK in Li_2SO_4 , Na_2SO_4 , and K_2SO_4 electrolyte solutions.

Keywords: Candlenut Shell, KOH Activator, Li_2SO_4 , Na_2SO_4 , K_2SO_4 , Specific Capacitance.



DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	6
1.3.1 Maksud Penelitian.....	6
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Superkapasitor.....	8
2.2 Karbon Aktif.....	11
2.3 Tempurung Kemiri (<i>Aleurites moluccana</i>) sebagai Sumber Karbon Aktif.....	16
2.4 Elektrolit Superkapasitor.....	18
2.5 Pengukuran Kapasitansi Spesifik.....	21
	x



3.4.2.1 Preparasi Sampel	27
3.4.2.2 Karbonisasi Tempurung Kemiri	28
3.4.2.3 Aktivasi Tempurung Kemiri.....	28
3.4.3 Pembuatan Elektroda	28
3.4.4 Karakterisasi Material	29
3.4.4.1 Penentuan Kadar Air	29
3.4.4.2 Penentuan Kadar Abu	29
3.4.4.3 Penentuan Luas Permukaan.....	29
3.4.4.4 Penentuan Gugus Fungsi Asam dan Basa Total dengan Metode Titrasi Boehm.....	31
3.4.4.5 Karakterisasi Permukaan Material dengan SEM.....	32
3.4.4.6 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR	32
3.4.4.7 Karakterisasi Kristalinitas dengan XRD	32
3.4.4.8 Penentuan Kapasitansi Spesifik dengan Metode <i>Cyclic Voltammetry</i>	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Analisis Kadar Air dan Kadar Abu	34
4.2 Analisis Permukaan Material	36
4.2.1 Analisis Luas Permukaan dengan Metilen Biru	36
4.2.2 Analisis Gugus Fungsi dengan Titrasi Boehm	37
4.2.3 Analisis Gugus Fungsi dengan FTIR.....	39
4.2.4 Analisis Permukaan Karbon dengan SEM.....	41
4.2.5 Analisis Kristalinitas dengan XRD	42
4.3 Analisis Kapasitansi Spesifik.....	44
KESIMPULAN DAN SARAN.....	48



5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	56



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Standar Kualitas Karbon Aktif menurut SNI 0258-1995	15
2. Komponen Kimia Tempurung Kemiri (<i>Aleurites moluccana (L.) Willd.</i>)	17
3. Gugus Fungsi Pada Permukaan Sampel Berdasarkan Titrasi Boehm .	38
4. Spektrum IR sampel Karbon Tempurung Kemiri (KTK) dan Karbon Aktif Tempurung Kemiri (KATK).....	39



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Taksonomi Superkapasitor.....	10
2. Struktur Mikro Karbon dan Karbon Yang Teraktivasi KOH	12
3. Diagram Umum Pembuatan Karbon Aktif	12
4. Tempurung Kemiri.....	17
5. Diagram Persentase Hasil Analisis Kadar Air dan Kadar Abu Sampel	35
6. Hasil Analisis Luas Permukaan Sampel Melalui Metode Metilen Biru	37
7. Spektrum FTIR KTK dan KATK	40
8. Struktur Mikro dari KTK dan KATK.....	41
9. Grafik karakterisasi XRD KTK (suhu karbonisasi 600 °C) dan KATK (setelah diaktivasi dengan KOH).....	43
10. Kurva nilai kapasitansi spesifik dari material elektroda KTK dalam elektrolit Li ₂ SO ₄ 0,5 M; Na ₂ SO ₄ 0,5 M dan K ₂ SO ₄ 0,5 M.....	45
11. Kurva nilai kapasitansi spesifik dari material elektroda KATK dalam elektrolit Li ₂ SO ₄ 0,5 M; Na ₂ SO ₄ 0,5 M dan K ₂ SO ₄ 0,5 M.....	46



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Diagram Alir Penelitian	56
2. Perhitungan Pembuatan Larutan Pereaksi	58
3. Dokumentasi Penelitian.....	61
4. Hasil Analisis Proksimat	63
5. Hasil Analisis Luas Permukaan.....	65
6. Hasil Analisis Gugus Fungsi dengan Titrasi Boehm	68
7. Hasil Analisis Kapasitansi Spesifik	74
8. Hasil Analisis SEM	76
9. Hasil Analisis dengan FTIR	78
10. Hasil Analisis dengan XRD	80



DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/Singkatan	Arti
Csp	Kapasitansi Spesifik
CV	<i>Cyclic Voltammetry</i>
CNT	<i>Carbon Nano Tube</i>
EES	<i>Electrochemical Energy Storage</i>
EDLC	<i>Electrochemical Double Layer Capacitor</i>
GWh	<i>Giga Watt hour</i>
U	Tegangan
Q	Muatan
C	Kapasitansi
TW	<i>Tera Watt</i>
TPa	<i>Tera Pascal</i>
GPa	<i>Giga Pascal</i>
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>
CVD	<i>Chemical Vapor Deposition</i>
JCPDS	Joint Committee on Powder Diffraction Standards



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masyarakat saat ini membutuhkan energi dalam jumlah besar seiring dengan semakin bertambahnya ilmu pengetahuan dan teknologi. Namun, ketersediaan bahan bakar fosil sebagai salah satu sumber energi yang paling banyak digunakan semakin menipis. Oleh karena itu, dilakukan pengalihan penggunaan sumber energi fosil ke sumber energi terbarukan.

Selama beberapa dekade terakhir, berbagai teknologi ramah lingkungan telah dikembangkan, dan sumber energi terbarukan telah merevolusi industri energi (Twidell dan Weir, 2006; Farret dan Simoes, 2006). Selain sumber energi terbarukan, diperlukan sistem penyimpanan energi yang efisien, dalam bentuk baterai kinerja tinggi dan superkapasitor yang dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan perangkat penyimpanan energi yang efisien (Beguin dkk., 2014).

Permintaan energi yang terus meningkat dan menipisnya bahan bakar fosil telah menimbulkan minat yang signifikan terhadap sumber energi terbarukan (Balat, 2007). Pengembangan teknologi penyimpanan energi yang berkelanjutan dan efisien telah menjadi salah satu pendekatan yang penting bagi komunitas ilmu pengetahuan dan teknologi (Kim dkk., 2015). Teknologi baru yaitu superkapasitor, telah muncul dengan potensi yang memungkinkan kemajuan besar dalam penyimpanan energi. Superkapasitor memiliki prinsip dasar yang sama

kapasitor konvensional, tetapi menggunakan elektroda dengan area permukaan yang lebih luas dan material dielektrik yang lebih tipis untuk



mencapai kapasitansi yang lebih besar. Hal tersebut memungkinkan densitas energi yang lebih besar daripada kapasitor konvensional dan densitas daya yang lebih besar daripada baterai, sehingga superkapasitor dapat menjadi solusi daya yang menarik untuk kebutuhan energi yang semakin meningkat (Halper dan Ellenbogen, 2006).

Salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat keefektifan superkapasitor adalah penggunaan bahan elektroda. Karbon aktif adalah salah satu jenis bahan yang secara luas telah digunakan sebagai bahan elektroda untuk superkapasitor karena memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi, ketahanan kimia, konduktivitas listrik yang baik dan harga yang terjangkau (Babel dan Jurewicz 2004; Fellman 2010; Aripin dkk., 2010).

Superkapasitor memiliki kerapatan daya yang lebih tinggi dibandingkan dengan baterai dan kerapatan energi yang lebih tinggi daripada kapasitor konvensional. Kerapatan energi dari superkapasitor adalah jumlah energi yang tersimpan per satuan massa atau volume, dan bergantung pada luas permukaan spesifik dari bahan elektroda aktif serta tegangan operasionalnya. Kerapatan daya adalah tingkat dimana energi diubah per unit massa atau volume, dan sangat dipengaruhi oleh struktur bahan aktif yang mengatur tingkat transportasi ion elektrolit ke dan dari permukaan bahan aktif elektroda (Kim dkk., 2012).

Sifat kapasitansi suatu superkapasitor dipengaruhi oleh struktur material penyusunnya. Salah satu bahan elektroda superkapasitor yang saat ini banyak digunakan adalah karbon aktif melalui pemanfaatan pori-pori, yang berukuran

nanometer. Material karbon mempunyai sifat konduktivitas listrik tinggi,



luas permukaan dan porositas besar (Fitriana, 2004) dan dapat memberikan kapasitas sebesar 100 F/g (Baertschi dkk, 2004).

Pada tahun 2014 produksi perkebunan rakyat tanaman kemiri mencapai 107,3 ribu ton. Seiring banyaknya hasil produksi yang melibatkan tanaman kemiri ini maka, banyak pula kegiatan produksi dari pengolahan tanaman kemiri untuk dijadikan beberapa produk atau dijual langsung di pasaran. Hal ini tidak terjadi pada cangkang kemiri yang dibiarkan saja menumpuk menjadi limbah. Untuk mengatasi peningkatan limbah dari cangkang kemiri maka upaya untuk mengolah cangkang kemiri perlu dikembangkan sehingga nilai ekonomisnya menjadi tinggi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah pengolahan limbah cangkang kemiri menjadi karbon aktif. Cangkang kemiri memang merupakan limbah organik yang dapat diuraikan namun dengan tekstur yang cukup keras, membutuhkan waktu yang lama untuk menguraikannya secara alamiah. Dengan memperhatikan faktor tersebut, maka cangkang kemiri dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Karbon aktif adalah karbon yang sudah diaktifkan sehingga pori-porinya terbuka sehingga daya serapnya lebih besar dari pada karbon biasa (Susi dkk, 2017)

Karbon aktif dapat dibuat dari semua bahan alam yang mengandung karbon, baik karbon organik maupun karbon anorganik dengan syarat bahan tersebut mempunyai struktur yang berpori seperti tempurung kelapa, tempurung kelapa sawit, kulit buah kopi, sekam padi, tempurung biji karet, tempurung biji jarak. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai karbon aktif adalah

cangkang kemiri. Limbah cangkang kemiri sangat baik digunakan sebagai karbon



aktif karena cangkang kemiri memiliki sifat keras dengan nilai kalor 4164 kal/g (Austin, 1984).

Sifat karbon aktif dipengaruhi oleh jenis bahan baku, luas permukaan, penyebaran pori dan sifat kimia permukaan arang aktif, proses aktivasi yang digunakan (Austin, 1984). Pada tahap aktivasi, karbon direndam terlebih dahulu dengan menggunakan bahan pengaktif antara lain $ZnCl_2$, KOH , $NaCl$, H_2SO_4 dan H_3PO_4 (Aritonang dan Hestina, 2018). Darmawan dkk (2016) melaporkan bahwa tempurung kemiri tinggi akan kandungan lignoselulosa (selulosa 25,77%, hemiselulosa 28,73% dan lignin 36,02%) sebagai sumber karbonnya. Menurut Tambunan dkk (2014) arang tempurung kemiri mengandung 76,315% karbon terikat, 9,56% abu, 8,73% senyawa mudah menguap dan 5,35% air.

Prosedur pembuatan karbon aktif diawali dengan aktivasi bahan melalui aktivasi fisika atau aktivasi kimia. Kemudian, bahan dikarbonisasi dan dicuci untuk menghilangkan sisa dari zat aktivator. Melania (2012) menyatakan bahwa pada proses aktivasi, karbon dicampur dengan larutan kimia dan akan terjadi oksidasi sehingga merusak bagian dalam karbon akibatnya jumlah pori menjadi lebih besar. Proses aktivasi juga mengakibatkan hilangnya karbon karena membentuk gas karbondioksida. Salah satu larutan kimia yang bisa digunakan sebagai aktivator karbon adalah larutan KOH .

Pada saat-saat karbonisasi, permukaan telah terbuka tetapi kemampuan untuk mengadsorpsi masih relatif rendah. Hal ini disebabkan oleh adanya residu tar yang menutupi pori. Pada aktivasi kimia, tar akan larut saat dilakukan

aktif dengan larutan KOH (Redjeki dan Rohmah, 2014).



Penelitian terbaru yang dilakukan oleh *Energy/Environment Group in CRMD* menunjukkan bahwa karbon aktif superkapasitor berdasarkan pada larutan natrium sulfat (Na_2SO_4) memungkinkan tegangan sel yang dicapai lebih tinggi (1,6 V) daripada larutan elektrolit H_2SO_4 atau KOH , di mana tegangan maksimum umumnya sekitar 0,7-0,8 V (Gao, 2013). Analisis elektrokimia karbon rumput laut dalam 0,5 mol/L Na_2SO_4 , menunjukkan bahwa bahan elektroda dan pH elektrolit mempengaruhi nilai kapasitansi dan stabilitas beda potensial karena adanya fungsi nitrogen dalam karbon ini, beda potensial yang dicapai 2,4 V dalam 0,5 mol/L Na_2SO_4 (Bichat dkk., 2010). Secara keseluruhan, penggunaan alkali sulfat sebagai elektrolit menghilangkan sebagian efek korosi, dan ini memberikan peluang untuk mewujudkan superkapasitor kepadatan energi tinggi yang ramah lingkungan, hemat biaya, dan aman (Gao, 2013).

Beberapa penelitian mengenai kinerja elektrokimia karbon aktif sebagai penyimpanan energi superkapasitor dalam elektrolit telah dilakukan seperti larutan elektrolit organik (Gao, 2013), larutan elektrolit netral (Bichat dkk., 2010), larutan elektrolit ionik (Lin dkk., 2011), elektrolit asam dan basa (Lee dkk., 2013), larutan elektrolit asetat (Piwek dkk., 2016), dan elektrolit *redoks-additive* (Zhang dkk., 2018). Larutan garam seperti alkali asetat (Li_2SO_4 , Na_2SO_4 , dan K_2SO_4) belum banyak diaplikasikan sebagai larutan elektrolit terutama dalam penentuan kapasitansi spesifik karbon aktif.

Pada penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan pengembangan material elektroda karbon aktif tempurung kemiri sehingga dapat meningkatkan

asitansinya. Karakterisasi yang dilakukan terdiri atas analisis kadar air, kadar abu, karakterisasi permukaan dengan SEM, analisis gugus fungsi



denagn metode titrasi Boehm dan FTIR serta XRD untuk derajat kristalinitas, penentuan luas permukaan spesifiknya dengan metode adsorpsi metilen biru dan spektrofotometer UV-Vis serta penentuan kapasitansi spesifik elektroda menggunakan metode *Cyclic Voltammetry*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. bagaimana pengaruh aktivator KOH terhadap sifat fisik dan kimia karbon aktif tempurung kemiri ?
2. bagaimana pengaruh elektrolit Li_2SO_4 , Na_2SO_4 , dan K_2SO_4 terhadap nilai kapasitansi karbon aktif tempurung kemiri?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk membandingkan nilai kapasitansi spesifik karbon aktif tempurung kemiri dalam berbagai elektrolit yaitu Li_2SO_4 , Na_2SO_4 , dan K_2SO_4 .

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. menentukan pengaruh KOH terhadap sifat fisik dan kimia karbon aktif tempurung kemiri
2. membandingkan nilai kapasitansi spesifik karbon aktif tempurung kemiri dalam berbagai elektrolit yaitu Li_2SO_4 , Na_2SO_4 , dan K_2SO_4 .



1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terhadap pembuatan karbon aktif dari tempurung kemiri, memberikan data mengenai pengaruh aktivator terhadap sifat fisik dan kimia karbon aktif tempurung kemiri, dan memberikan informasi mengenai metode sintesis dan data karakteristik karbon aktif tempurung kemiri dalam berbagai elektrolit Li_2SO_4 , Na_2SO_4 , dan K_2SO_4 sebagai bahan penyimpanan energi elektrokimia.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Superkapasitor

Superkapasitor juga dikenal sebagai ultrakapasitor atau kapasitor elektrokimia yang memanfaatkan material elektroda dengan luas permukaan yang lebih tinggi dan dielektrik yang lebih tipis untuk mencapai kapasitansi yang lebih besar dari kapasitor konvensional. Sehingga superkapasitor dapat mencapai densitas energi yang lebih besar dan tetap mempertahankan karakteristik kepadatan daya tinggi dari kapasitor konvensional (Halper dan Ellenbogen, 2006).

Superkapasitor adalah kapasitor *double layer* (Jayalakshmi, 2008), yang memanfaatkan lapisan ganda listrik yang terbentuk pada permukaan lapisan antara elektroda dan elektrolit sebagai lapisan dielektrik untuk menyimpan energi. Jika tegangan diberikan, muatan terakumulasi pada permukaan elektroda. Mekanisme kerja superkapasitor sangat bergantung pada adanya ion yang memiliki muatan listrik. Ion yang digunakan diperoleh dari elektrolit yang berada diantara kedua elektroda karbon aktif (Conway, 1999; Winter dan Brodd, 2004).

Superkapasitor memiliki sifat yang melengkapi kekurangan dari baterai dan kapasitor konvensional. Baterai memiliki rapat energi yang sangat tinggi, namun demikian memiliki rapat daya yang sangat rendah. Sedangkan kapasitor konvensional pada umumnya memiliki rapat yang sangat tinggi namun rapat energinya sangat rendah. Superkapasitor menghasilkan rapat daya yang tinggi

at energi yang tinggi. Rapat daya berhubungan dengan “kekuatan” (Watt) kombinasi dari arus dan volt, sedangkan rapat energi berhubungan waktu pemakaian (Halper dan Ellenbogen, 2006).



Kapasitansi dari superkapasitor berkisar antara 1-1800 F yang lebih besar dibandingkan dengan beberapa milifarad dari kapasitor elektrolit biasa. Namun, nilai tegangan dari superkapasitor rendah, biasanya 2,5-15 V. Satu elektroda dari superkapasitor terbuat dari karbon dan yang lainnya terbuat dari cairan elektrolit. Ketika tegangan positif diterapkan ke lapisan karbon dan tegangan negatif diterapkan pada elektrolit cair maka lapisan dielektrik tipis terbentuk. Permukaan karbon yang berpori mengakibatkan luas pelat yang sangat besar (1.000 m²/g karbon). Selain itu, ketebalan lapisan dielektrik yang tipis (sekitar 1 nm) mengakibatkan efisiensi volumetrik yang diperoleh lebih tinggi. Kapasitansi kepadatan karbon yang dapat dicapai adalah sekitar 30 F/g atau 1 F/cm³ (Kazimierczuk, 1996).

Kapasitansi yang tinggi memungkinkan penyimpanan energi yang cukup besar pada pengaplikasiannya. Tegangan pada superkapasitor diberikan oleh persamaan (1),

$$V_c = \frac{Q}{C} \quad (1)$$

dimana, V adalah tegangan, Q adalah muatan yang disimpan dalam superkapasitor dan C adalah kapasitansi dari superkapasitor. Energi yang tersimpan dalam superkapasitor dinyatakan melalui persamaan (2),

$$E_c = \frac{1}{2} CV_c^2 \quad (2)$$

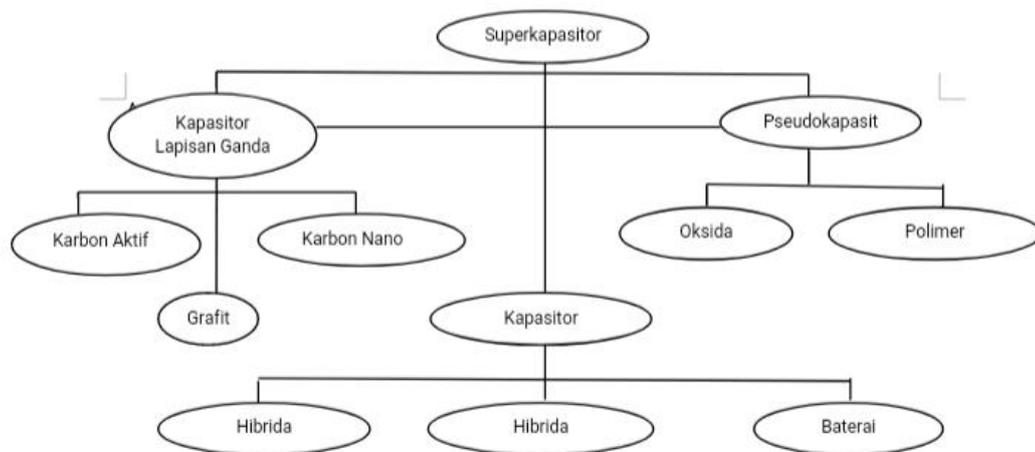
Jika superkapasitor digunakan, maka tegangannya menurun. Sirkuit elektronik daya diperlukan untuk mengontrol tegangan *output* dan arus superkapasitor

rczuk, 1996).

uperkapasitor telah dianggap sebagai perangkat penyimpanan energi k untuk menjembatani kesenjangan antara baterai dan kapasitor dielektrik



(He dkk., 2011; Niu dkk., 2013). Prinsip pengoperasian superkapasitor didasarkan pada penyimpanan energi dan distribusi ion yang berasal dari elektrolit ke area permukaan elektroda. Bahan elektroda yang digunakan bergantung pada kapasitansi dan penyimpanan muatan. Berdasarkan mekanisme penyimpanan energi, superkapasitor diklasifikasikan menjadi tiga kelas, seperti yang diberikan pada Gambar 1 (Iro dkk., 2016).



Gambar 1. Taksonomi superkapasitor (Iro dkk., 2016).

Pada dasarnya superkapasitor mengikuti prinsip-prinsip kapasitor konvensional. Namun, pada superkapasitor luas permukaan elektroda (A) dibuat lebih besar dan ketebalan bahan dielektrik dibuat jauh lebih tipis sehingga jarak (D) antara elektroda menjadi kecil (Halper dan Ellenbogen, 2006).

Kerja alat superkapasitor yang ditunjukkan oleh rapat daya maupun rapat energi yang besar bergantung pada sifat-sifat elektroda dan elektrolitnya. Salah satu material yang memberikan kerja yang tinggi untuk superkapasitor adalah karbon. Material karbon mempunyai sifat konduktivitas listrik tinggi, luas permukaan dan porositas besar (Fitriana, 2014). Karbon dengan luas



permukaan tinggi adalah bahan elektroda *EDLC* yang tidak mahal dengan kapasitansi diatas 100 F/g (Baertschi dkk, 2004).

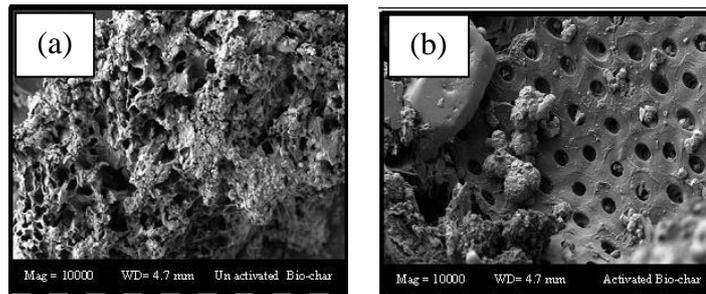
2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah suatu bahan yang berbentuk amorf dan atom-atomnya tersusun dan terikat secara kovalen dalam tatanan atom-atom heksagonal (Sudibandriyo, 2003). Karbon aktif merupakan suatu bentuk arang yang telah melalui aktivasi secara termal atau kimia sehingga luas permukaannya (porositas) meningkat (Jacob, 2009). Luas permukaan karbon aktif umumnya berkisar antara 300-2000 m²/g (Danarto dan Samun, 2008). Struktur pori karbon aktif terdiri atas mikropori (diameter < 2 nm), mesopori (diameter 2-50 nm), dan makropori (diameter > 50 nm).

Beberapa bahan yang banyak digunakan sebagai sumber bahan baku pembuatan karbon aktif adalah batubara, kayu, tulang, serbuk gergaji dan limbah pertanian seperti tempurung, kulit biji, sekam, sabut kelapa, tongkol jagung, ampas pembuatan kertas serta ampas penggilingan tebu (Sembiring dan Sinaga, 2003; Lempang dkk, 2012).

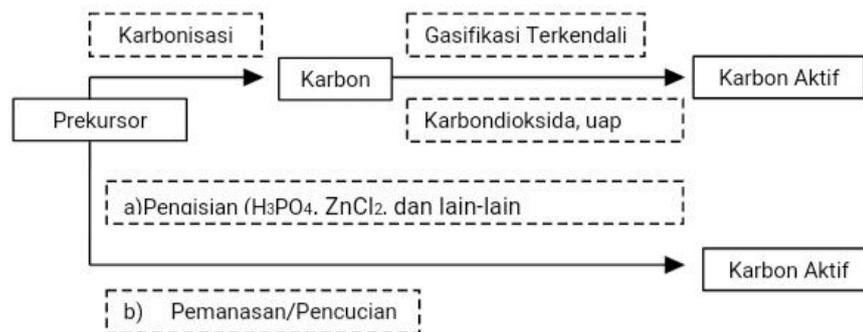
Karbon aktif terdiri atas 87% hingga 97% karbon dan juga mengandung unsur lain yang bergantung pada metode pengolahan yang digunakan dan sumber bahan bakunya (Jankowska dkk., 1991). Karbon aktif mempunyai permukaan dalam (*internal surface*) sehingga mempunyai kemampuan daya serap (*adsorption*) yang baik (Surtamtomo dkk., 1997). Material ini mampu menyerap kation, anion, dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, baik berupa larutan maupun gas (Pari, 1996).





Gambar 2. Struktur mikro (a) karbon dan (b) karbon teraktivasi KOH (Hamid dkk., 2014).

Karbon aktif dapat dibedakan dari karbon berdasarkan sifat pada permukaannya. Permukaan pada karbon masih ditutupi oleh deposit hidrokarbon yang dapat menghambat keaktifannya, sedangkan pada karbon aktif permukaannya relatif telah bebas dari deposit sehingga mampu mengadsorpsi karena permukaannya luas dan pori-porinya telah terbuka, seperti yang terlihat pada Gambar 2 (Serrano dkk., 2003). Karbon aktif dihasilkan dari hampir semua bahan organik yang mengandung karbon (Jankowska dkk., 1991).



Gambar 3. Diagram umum pembuatan karbon aktif (Reinoso, 2002).

Karbon aktif memiliki bentuk mikrokristalin dan non-grafit dengan pori-pori yang telah diproses untuk mengembangkan porositas internalnya. Karbon aktif memiliki porositas tinggi, luas permukaan, dan tingkat reaktivitas



permukaan yang tinggi. Luas permukaan spesifiknya yang besar (sekitar 500-2000 m²/g) adalah sifat fisik karbon aktif yang paling penting yang memungkinkan penyerapan fisik gas atau uap air dan zat terlarut atau terdispersi dari cairan (Khah dan Ansari, 2009). Menurut Ariyani dkk (2017), ada 3 tahapan dalam pembuatan karbon aktif, yaitu : dehidrasi, karbonisasi dan aktivasi.

1. Proses dehidrasi adalah proses penghilangan air pada bahan baku. Bahan baku dipanaskan sampai temperatur 170 °C.
2. Proses karbonisasi adalah proses pembakaran bahan baku dengan menggunakan udara terbatas dengan temperatur udara antara 300 °C sampai 900 °C sesuai dengan kekerasan bahan baku yang digunakan. Proses ini menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk metanol, uap asam asetat, tar, dan hidrokarbon. Material padat yang tertinggal setelah proses karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang dengan permukaan spesifik yang sempit.
3. Arang yang dihasilkan melalui proses karbonisasi bahan baku, sebahagian besar pori-porinya masih tertutup oleh hidrokarbon, tar dan komponen lain, seperti abu, air, nitrogen, dan sulfur, sehingga keaktifannya atau daya serapnya rendah. Untuk meningkatkan daya serap arang, maka bahan tersebut dapat diubah menjadi arang aktif melalui proses aktivasi. Pada prinsipnya arang aktif dapat dibuat dengan dua cara, yaitu cara kimia dan cara fisika. Menurut Lempang (2014), mutu arang aktif yang dihasilkan sangat tergantung dari bahan baku yang digunakan, bahan pengaktif, suhu dan cara

aktifannya.



- a. Proses aktivasi fisika, biasanya menggunakan oksidator lemah, misalnya uap air, gas CO₂, N₂, O₂ dan gas pengoksidasi lainnya. Pada proses ini tidak terjadi oksidasi terhadap atom-atom karbon penyusun arang, akan tetapi oksidator tersebut hanya mengoksidasi komponen yang menutupi permukaan pori arang. Prinsip aktivasi ini dimulai dengan mengaliri gas-gas ringan seperti uap air, CO₂, atau udara ke dalam retort yang berisi arang dan dipanaskan pada suhu 800-1000°C (Lempang, 2014).
- b. Proses aktivasi kimia merujuk pada pelibatan bahan-bahan kimia atau reagen pengaktif. Aktivasi kimia dilakukan pada suhu yang lebih rendah (400-700 °C) menggunakan agen pengaktivasi seperti natrium hidroksida, kalium hidroksida, seng klorida dan asam fosfat (Pandolfo dan Hollenkamp, 2006). Struktur berpori dari karbon aktif yang diperoleh menggunakan proses aktivasi memiliki distribusi ukuran pori yang luas, yang terdiri atas mikropori (< 2 nm), mesopori (2-50 nm) dan makropori (> 50 nm) (Marsh dan Reinoso, 2006). Kalium hidroksida yang biasanya digunakan untuk pembuatan adsorben karbon dari produk lignoselulosa memungkinkan untuk mengembangkan karbon mikropori dan mesopori dengan luas permukaan spesifik, bergantung pada suhu aktivasinya (Jianzhong dkk , 2014).

Reaksi yang terjadi selama proses aktivasi dengan menggunakan kalium hidroksida ditunjukkan oleh persamaan (3) dan (4),



Selama proses aktivasi, kalium akan berdifusi ke dalam matriks karbon untuk memperbesar volume pori karbon sehingga meningkatkan kemampuan adsorpsinya. Kalium karbonat yang dihasilkan dapat mencegah pembakaran sampel yang berlebihan sehingga dihasilkan porositas yang berkembang dengan baik (Collins dkk., 2006).

Sabio dan Reinoso (2004), melakukan penelitian tentang preparasi butiran karbon aktif menggunakan agen pengaktivasi KOH tanpa pengolahan butiran karbon menjadi bubuk. Hasil dari aktivasi dengan KOH adalah (i) reaktan bertindak setelah pembakaran prekursor pada suhu di atas 700 °C; (ii) pengembangan porositas berkaitan dengan tingkat peresapan dengan KOH; (iii) mikroporositas sempit terbentuk diikuti oleh mikroporositas yang lebih luas; (iv) aktivasi dapat berlangsung tanpa pengolahan butiran karbon menjadi bubuk.

Kualitas karbon aktif dapat dinilai berdasarkan persyaratan Standar Industri Indonesia (SII) No. 0258-1995 pada Tabel 1 (Laos dkk., 2006).

Tabel 1. Standar kualitas karbon aktif berdasarkan persyaratan SII No. 0258-1995 (Laos dkk., 2006).

Uraian	Persyaratan Kualitas	
	Butiran	Serbuk
Kadar air (%)	Maks. 4,5	Maks. 15
Kadar abu (%)	Maks. 2,5	Maks. 10
Daya serap terhadap Iodium (mg/g)	Min 750	Min 750

Biaya produksi karbon aktif yang meningkat telah mendorong minat untuk menggunakan bahan baku yang lebih murah untuk proses produksi karbon aktif (Rengarag dkk., 2002). Berbagai produk sampingan dan limbah pertanian telah diselidiki sebagai prekursor untuk produksi karbon aktif. Prekursor

masuk tempurung kelapa dan kayu (Laine dkk., 1989), ampas tebu



(Ahmedna dkk., 2000), biji palem (Rengarag dkk., 2002) dan tempurung kemiri (Lempang, dkk., 2011).

2.3 Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*) sebagai Sumber Karbon Aktif

Bahan baku yang sering digunakan untuk memproduksi karbon aktif sebagian besar berasal dari minyak bumi dan batubara karena memiliki luas permukaan spesifik dan volume pori-pori yang besar dalam matriks karbonnya (Mendez dkk, 2008; Cuhadaroglu dan Uygun, 2008), tetapi karena ketersediaannya yang terbatas dan tidak dapat didaur ulang, maka bahan alternatif lain yang berpotensi diperlukan untuk memproduksi karbon aktif.

Menurut Sudrajat dan Pari (2011) bahan baku yang dapat digunakan adalah limbah perkebunan seperti tempurung kelapa, tempurung kelapa sawit, kulit buah kopi, sekam padi, tempurung biji karet, tempurung kemiri dan lain-lain. Bahan-bahan tersebut mempunyai karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan bahan non biomas atau fosil.

Kemiri adalah tanaman yang berasal dari Hawaii. Tanaman ini kemudian menyebar ke seluruh negara, termasuk Indonesia (Arlene dkk., 2010). Di Indonesia, kemiri telah lama ditanam, baik untuk tujuan komersial maupun subsisten untuk menunjang kehidupan masyarakat sehari-hari. Tanaman ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan, bijinya dapat digunakan sebagai bahan masakan dan obat-obatan (Krisnawati dkk., 2011).

Menurut Krisnawati dkk., (2011), taksonomi tanaman kemiri adalah

sebagai berikut:

Kingdom : *Aleurites moluccana* L.

Familia : Euphorbiaceae



Submarga : Crotonoideae

Sinonim : *Aleurites javanica* Gand., *Aleurites remyi* Sherff, *Aleurites triloba* Forster & Forster f., *Camirium moluccanum* L., *Croton moluccanus* L., *Jatropha moluccana* L.



Gambar 4. Tempurung Kemiri (Tambunan dkk., 2014).

Tempurung kemiri memiliki kandungan lignin tertinggi. Sehingga kandungan lignin tinggi dalam kemiri memberikan hasil yang sama tinggi untuk karbon aktifnya. Adapun kadar untuk masing-masing senyawa tersebut dalam kemiri ditunjukkan pada tabel berikut (Darmawan dkk., 2016).

Tabel 2. Komponen kimia tempurung kemiri (Darmawan dkk., 2016).

Senyawa	Kadar (%)
Selulosa	25,77
Hemiselulosa	28,73
Total lignin	36,02
Alkohol-benzena terlarut	8,53

Hasil analisis tempurung kemiri pada Tabel 2 menunjukkan kandungan lignin yang tinggi. Kandungan lignin pada tempurung kemiri menyumbangkan hasil yang sangat tinggi untuk karbon aktif dengan baik, sementara selulosa memiliki kontribusi yang baik dalam pembentukan mikropori pada karbon aktif yang dihasilkan (Cagnon dkk., 2009; Peters, 2011). Kandungan karbon dalam lebih besar dari pada selulosa dan hemiselulosa (Cao dkk., 2014). Lignin



juga lebih tahan terhadap panas dibandingkan selulosa dan hemiselulosa (Poletto dkk., 2012).

Zakir dkk. (2018) melakukan penelitian mengenai potensial tempurung kemiri sebagai material karbon superkapasitor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivasi karbon tempurung kemiri meningkatkan luas permukaan material karbon. Peningkatan luas permukaan terjadi karena pembentukan pori-pori baru setelah aktivasi. Luas permukaan karbon aktif tempurung kemiri sebelum dan sesudah modifikasi masing-masing adalah $105,13 \text{ m}^2/\text{g}$ dan $135,17 \text{ m}^2/\text{g}$.

2.4 Elektrolit Superkapasitor

Selain elektroda, elektrolit juga menjadi salah satu komponen superkapasitor yang paling penting. Elektrolit dalam sebuah superkapasitor tidak hanya memainkan peranan penting dalam pembentukan lapisan ganda listrik pada *electric double-layer (EDLC)* dan proses redoks reversibel untuk penyimpanan muatan pada pseudokapasitor, tetapi juga menentukan kinerja superkapasitor (Zhong dkk, 2015). Persyaratan untuk elektrolit dalam superkapasitor meliputi konduktivitas ionic yang tinggi, lebar jendela tegangan yang lebar, stabilitas elektrokimia dan termal yang tinggi, konsentrasi ion tinggi dan jari-jari ion terlarut yang kecil, resistivitas rendah, viskositas rendah, volatilitas yang rendah, toksisitas rendah, biaya rendah serta kemurnian tinggi (Wang dkk, 2012; Gao, 2013). Sifat-sifat elektrolit seperti jenis dan ukuran ion; konsentrasi ion dan pelarut; interaksi antara ion dan pelarut; interaksi antara elektrolit dan bahan elektroda; dan jendela potensial, memiliki pengaruh terhadap kapasitas, kerapatan energi serta siklus hidup superkapasitor (Zhong dkk, 2015). Dua faktor utama yang mempengaruhi konduktivitas



system elektrolit yakni kemampuan disosiasi garam untuk memberikan pembawa muatan bebas seperti kation dan anion dan mobilitas ion yang dipisahkan dalam sistem elektrolit (Zhang dan Zhao, 2009). Selain itu, interaksi antara ion dan pelarut, serta antara elektrolit dan bahan elektroda dapat mempengaruhi siklus hidup dan *self-discharge* dari superkapasitor (Zhong dkk, 2015).

Umumnya, dalam pertimbangan kerapatan energi, larutan elektrolit adalah pilihan yang rendah untuk produk superkapasitor komersial karena memiliki jendela tegangan yang sempit. Hal ini mungkin menjadi salah satu alasan utama mengapa superkapasitor yang paling komersial menggunakan elektrolit organik bukan larutan elektrolit (Zhong dkk, 2015). Namun, superkapasitor yang menggunakan larutan elektrolit dapat memberikan kapasitansi yang lebih tinggi dan kerapatan daya yang jauh lebih tinggi daripada elektrolit organik dan cairan ionik karena konsentrasi ion dan konduktivitas ionik yang lebih tinggi serta jari-jari ion yang lebih kecil (Qu dkk, 2009; Wang dkk, 2012; Zhang dkk, 2012; Zhong dkk, 2015).

Larutan elektrolit yang terdiri yang terdiri atas asam, basa dan garam dapat memberikan konsentrasi ion yang lebih tinggi dan resistensi yang lebih rendah. Di antara berbagai elektrolit asam, H_2SO_4 adalah elektrolit asam yang paling umum digunakan untuk superkapasitor karena konduktivitas ionik yang sangat tinggi. Konduktivitas ini sangat tergantung pada konsentrasi H_2SO_4 . Umumnya, konduktivitas ionik elektrolit dapat menurun jika konsentrasi terlalu rendah atau terlalu tinggi. Karena konduktivitas ionik maksimum elektrolit H_2SO_4 dicapai

konsentrasi 1,0 M pada 25 °C, sebagian besar penelitian menggunakan



1,0 M larutan elektrolit H_2SO_4 khususnya pada superkapasitor menggunakan bahan elektroda berbasis karbon (Zhong dkk, 2015).

Sampai saat ini, larutan elektrolit paling umum digunakan adalah 1 mol/L H_2SO_4 dan 6 mol/L KOH. Kapasitansi spesifik dan kepadatan energi superkapasitor yang menggunakan elektrolit KOH umumnya sama dengan elektrolit H_2SO_4 (Zhong dkk, 2015). Meskipun larutan elektrolit asam dan basa telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian terutama karena aktivitas elektrokimia yang tinggi, namun sifat korosif mereka sangat menghambat skala besar komersialisasi karena tingginya harga kolektor saat ini yang tahan korosi seperti emas atau platinum (Gao, 2013).

Larutan elektrolit netral seperti alkali sulfat dapat meningkatkan tegangan yang lebih tinggi dengan kapasitor karbon/karbon simetris daripada yang umumnya diperoleh dalam media asam atau basa. Dalam penelitian sebelumnya, jendela potensial stabilitas sekitar 2,0 V telah ditunjukkan dengan karbon aktif dalam $0,5 \text{ mol L}^{-1} \text{ Na}_2\text{SO}_4$ (Demarconnay dkk., 2010). Qu dkk (2008), melaporkan bahwa laju migrasi ion terhidrasi dalam elektrolit dan di dalam pori-pori karbon aktif meningkat dalam urutan $\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{K}^+$, dan bahwa kinerja laju meningkat dalam urutan $\text{Li}_2\text{SO}_4 < \text{Na}_2\text{SO}_4 < \text{K}_2\text{SO}_4$. Tegangan operasi tertinggi 2,2 V dengan stabilitas siklus yang luar biasa telah ditunjukkan dalam Li_2SO_4 ; Fic dkk (2012), telah menyarankan bahwa hidrasi yang lebih kuat dari Li^+ dibandingkan dengan ion Na^+ dan K^+ bertanggung jawab untuk tegangan yang lebih besar dalam larutan Li_2SO_4 .



2.5 Pengukuran Kapasitansi Spesifik

Penentuan kapasitansi spesifik superkapasitor berbasis karbon aktif dapat dilakukan dengan metode siklik voltametri. Siklik voltametri adalah salah satu metode pengukuran sifat elektrokimia superkapasitor yang menampilkan hubungan antara arus dan tegangan. Pengukuran dengan metode siklik voltametri ini berdasarkan variasi tegangan. Kurva yang dihasilkan pada metode siklik voltametri berbentuk *hysteresis* dimana semakin lebar bentuk kurvanya maka nilai kapasitansi yang dihasilkan akan semakin besar (Taer dkk, 2015). Pada voltametri dilakukan pengukuran arus dengan cara *scan* potensial, hasil yang didapatkan disebut voltamogram (Wang dkk, 2012).

Sel voltametri umumnya terdiri atas tiga elektroda, yaitu elektroda kerja, elektroda pembanding dan elektroda pembantu. Elektroda kerja berfungsi sebagai tempat terjadinya reaksi redoks dari analit yang bergantung pada potensial yang diberikan. Elektroda pembanding merupakan elektroda yang nilai potensialnya dibuat tetap selama pengukuran dan nilainya tidak bergantung pada jenis dan komposisi larutan yang digunakan. Elektroda pembantu berperan dalam melengkapi sirkuit dengan mengalirkan arus pada elektroda ini (Skoog, 2013).

Li dkk. (2011) menentukan daya konduktansi karbon aktif kulit biji bunga matahari menggunakan CV (*Cyclic Voltammetry*). Voltamogram menunjukkan kurva berbentuk persegi yang mengindikasikan kapasitas sampel memberikan hasil yang baik dan memperoleh nilai kapasitansi spesifik paling tinggi yaitu

Nurdiansah dan Susanti (2013) menentukan pengaruh variasi temperatur aktivasi dan aktivasi fisika dari elektroda karbon aktif tempurung kelapa dan



tempurung kluwak terhadap nilai kapasitansi spesifiknya. Hasil pengukuran menunjukkan nilai kapasitansi terbesar adalah 8 mF/g untuk tempurung kelapa dan 291 mF/g untuk tempurung kluwak.

