



**SURAT KEPUTUSAN REKTOR**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU**  
Nomor: 1585/R/2017

Tentang  
**PENETAPAN PENELITI PENELITIAN CLUSTER INDIVIDU TAMBAHAN**  
**PADA LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**  
**UIN SULTAN SYARIF KASIM RIAU**  
**TAHUN ANGGARAN 2017**

**REKTOR UIN SULTAN SYARIF KASIM RIAU**

- Menimbang :
- a. bahwa dalam rangka untuk kelancaran kegiatan penelitian Cluster Individu Tambahan pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UIN Sultan Syarif Kasim Riau Tahun 2017, maka dipandang perlu menunjuk Peneliti penelitian Cluster Individu;
  - b. bahwa mereka yang namanya tercantum dalam Lampiran Surat Keputusan ini dianggap mampu dan cakap serta memenuhi syarat untuk melaksanakan tugas tersebut;
  - c. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a dan huruf b perlu menetapkan Surat Keputusan Rektor tentang Penunjukan sebagai Peneliti penelitian Cluster Individu Tambahan pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UIN Sultan Syarif Kasim Riau Tahun 2017.

- Mengingat :
1. Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
  2. Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
  3. Undang-Undang Nomor 5 Tahun 2014 tentang Aparatur Sipil Negara;
  4. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
  5. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 2 Tahun 2005 tentang Perubahan IAIN Susqa menjadi UIN Sultan Syarif Kasim Riau;
  6. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 9 Tahun 2013 jo Peraturan perubahannya No.74 Tahun 2013 tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Sultan Syarif Kasim Riau;
  7. Keputusan Menteri Keuangan RI Nomor 77/KMK.05/2009 tentang Penetapan UIN Sultan Syarif Kasim Riau pada Departemen Agama sebagai Instansi Pemerintah yang melaksanakan Pola Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum;
  8. Keputusan Menteri Agama RI Nomor B.II/3/13847 tanggal 18 Juni 2014 tentang Pengangkatan Rektor UIN Sultan Syarif Kasim Riau Periode 2014-2018;
  9. Surat Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi RI Nomor B/2718.1/M.PAN RB/9/2012 tentang Penataan Organisasi dan Tata Kerja Perguruan Tinggi Agama Negeri di Lingkungan Kementerian Agama;
  10. Surat Pengesahan Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran Badan Layanan Umum Petikan Tahun Anggaran 2017 Nomor SP DIPA-025.04.2.424157/2017, Tanggal 7 Desember 2016.

**MEMUTUSKAN**

**Menetapkan :** SURAT KEPUTUSAN REKTOR TENTANG PENETAPAN PENELITI PENELITIAN CLUSTER INDIVIDU TAMBAHAN PADA LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT UIN SULTAN SYARIF KASIM RIAU TAHUN 2017.

**Pertama :** Menetapkan Peneliti penelitian Cluster Individu Tambahan pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UIN Sultan Syarif Kasim Riau Tahun 2017 sebagaimana tercantum dalam lampiran surat keputusan ini.

- Kedua** : Tugas Peneliti adalah:
1. Melaksanakan penelitian.
  2. Mengikuti seminar awal dan seminar akhir penelitian.
  3. Mengikuti peraturan yang ditetapkan oleh LPPM.
  4. Mengumpulkan laporan hasil penelitian.
  5. Mengumpulkan laporan keuangan penelitian.
  6. Melaporkan hasilnya kepada Rektor.
- Ketiga** : Biaya pelaksanaan dibebankan kepada DIPA BLU UIN Sultan Syarif Kasim Riau tahun Anggaran 2017 Nomor SP DIPA-025.04.2.424157/2017, Tanggal 7 Desember 2016, dengan rincian:  
Penelitian Cluster Individu Rp. 12.000.000,-
- Keempat** : Surat Keputusan ini mulai berlaku mulai Juli s.d Desember 2017.
- Kelima** : Segala sesuatu akan diubah dan dibetulkan kembali sebagaimana mestinya, apabila terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

**KUTIPAN** Surat Keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan.

Ditetapkan di : Pekanbaru  
Pada Tanggal : 27 Nopember 2017  
Rektor,



Prof. Dr. H. Munzir Hitami, MA  
NIP. 19540422 198603 1002

g

Tembusan Keputusan ini disampaikan kepada :

1. Sekretaris Jenderal Kementerian Agama RI Jakarta;
2. Direktur Jenderal Pendidikan Islam Kementerian Agama RI Jakarta;
3. Inspektur Jenderal Pendidikan Islam Kementerian Agama RI Jakarta;
4. Direktur Pendidikan Tinggi Agama Islam Kementerian Agama RI Jakarta;
5. Wakil Rektor di Lingkungan UIN Sultan Syarif Kasim Riau;
6. Dekan Fakultas di Lingkungan UIN Sultan Syarif Kasim Riau;
7. Kepala Biro di lingkungan UIN Sultan Syarif Kasim Riau;
8. Kepala Kantor Pelayanan Perbendaharaan Negara Pekanbaru;
9. Kepala Bagian Keuangan dan Akuntansi UIN Sultan Syarif Kasim Riau;
10. Bendahara Pengeluaran DIPA BLU UIN Sultan Syarif Kasim Riau.

Lampiran : Surat Keputusan Rektor  
 Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim  
 Nomor : /R/2017  
 Tanggal : Nopember 2017

PENELITIAN KLUSTER INDIVIDU (TAMBAHAN)  
 LPPM Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim TAHUN 2017  
 DANA Rp. 12.000.000

NAMA PENELITI	JUDUL PENELITIAN	SKOR
Bambang Kuntoro, S.Pt, M.Si	KARAKTERISTIK MUTU TELUR ASIN ASAP DENGAN METODE HURDLE TECHNOLOGY DITINJAU DARI ASPEK KIMIA DAN ORGANOLEPTIK SERTA UMUR SIMPAN	462
Irwan Taslapratama	ANALISIS SIFAT FISIKA TANAH DAN KANDUNGAN Hg DI AREA PASKA TAMBANG EMAS ILEGAL, KABUPATEN KUANTAN SINGINGI	458
Martius	Verba Transitif dengan Afiks Suprasegmental dalam Bahasa Melayu Kampar: Kajian Struktur dan Semantik	447
Nurhasnawati	PENGARUH ANTARA IKLIM ORGANISASI DAN KEPUASAN KERJA DENGAN ORGANIZATIOANAL CITIZENSHIP BEHAVIOUR PADA GURU MIN SE KOTA PEKANBARU	430
Saidul Amin	GENEOLOGI PETA PEMBAHARUAN PEMIKIRAN ISLAM DI INDIA	417
Desma Husni, S.Pd.I, S.Psi, MA	KONSTRUKSI INSTRUMEN RENDAH HATI DENGAN RELIGIUSITAS DAN KESEJAHTERAAN PSIKOLOGIS	414
Musfaldy, S.Sos, M.Si	ANALISIS PENGARUH GOOD CORPORATE GOVERNANCE, CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY DAN UKURAN PERUSAHAAN TERHADAP NILAI PERUSAHAAN (STUDI PADA PERUSAHAAN PERBANKAN DI BURSA EFEK INDONESIA)	413
Asmuri	Pola Perilaku Profesional Guru Madrasah Sabilal Muhtadin Tembilahan	410
Dr. Rika, S.Si, M.Sc	PEMANFAATAN LIMBAH PELEPAH KELAPA SAWIT UNTUK PEMBUATAN ELEKTRODA SUPERKAPASITOR	407
Febi Yanto, S.Kom, M.Kom	ANALISA PERFORMA ALGORITMA DEPTH FIRST SEARCH PADA ROBOT LINE MAZE	404
Nesdi Evrilyan Rozanda, S.Kom, M.Sc	RANCANG BANGUN MODEL PENILAIAN KINERJA RANTAI PASOK BIOMASSA KELAPA SAWIT	402

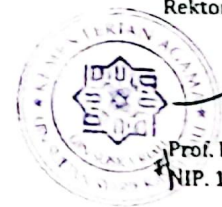


Annsah Kurniati, S.Pd.I, M.Pd	Pengembangan Buku Keajaiban Angka dalam Alqur'an Dilengkapi Media Kartu Angka	402
Alwis Nazir	Pola Pemakalan Internet Pada Murid Sekolah Dasar Islam Terpadu di Pekanbaru (Studi Kasus : SDIT ABC dan SDIT XYZ Pekanbaru)	395
Amirah Diniaty, M.Pd.Kons	MENINGKATKAN KEMAMPUAN DOSEN ILMU MURNI NONKEPENDIDIKAN MENANGANI DESTRUCTIVE BEHAVIOR MAHASISWA DALAM PERKULIAHAN DI UIN SUSKA RIAU	393
Devi Megawati	Studi Banding Audit Syariah Pada Organisasi Pengelola Zakat Di Indonesia	392
Heri Sunandar	EKSISTENSI DAN PENGEMBANGAN BAITUL MAL WATTAMWIL (BMT) UNTUK MENINGKATKAN EKONOMI MASYARAKAT DALAM KEBIJAKAN HUKUM POSITIF DI INDONESIA SUATU KAJIAN TENTANG BAITUL MAL WATTAMWIL (BMT) DI PROVINSI RIAU	382
Dr. Nursalim, M.Pd	PENGUNAAN RAGAM BAHASA DALAM SKRIPSI (Studi Penggunaan Ragam Bahasa dalam Skripsi Mahasiswa FTK Jurusan PGMI Tahun 2015 - 2017)	374
Mahyudin Syukri, M.Ag	Pengembangan Bahan Ajar Melalui Metode Karya Wisata untuk Meningkatkan Pemahaman Mahasiswa pada Mata Kullah Sejarah Peradaban Islam Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Suska Riau	366
Bambang Hermanto, MA	TINJAUAN HUKUM PENGALIHAN TANGGUNG JAWAB TERHADAP KEHILANGAN DALAM KLAUSULA BAKU KARCIS PARKIR DI RUMAH SAKIT UMUM ARIFIN AHMAD PEKANBARU	365
Zulamri	Kontribusi Perencanaan Karir Terhadap Semangat Kerja Pegawai di Perpustakaan UIN SUSKA RIAU	360
Devi Arisanti, M.Ag	Pengaruh Media Internet Terhadap Minat Belajar Siswa SMP Pekanbaru	360
Muslim	POLA PENDIDIKAN PESANTREN ( ISLAMIC BOARDING SCHOOL) DALAM MEMBENTUK KARAKTER SISWA STUDI PADA PONDOK PESANTREN DAARUN NAHDHAH TAWALIB BANGKINANG, KAMPAR, RIAU	357
Dr. Elviradi, SPI, M. Si	EVALUASI PEMBANGUNAN cAnAl BIOcKing Perspektif Soslologis pada Masyarakat Desa Sungal Tohor Kabupaten Meranti	356
Drs. Edi Yusrianto, M.Pd	MODEL LOCAL WISDOM PENGELOLAAN PELESTARIAN LINGKUNGAN HIDUP OLEH NINIK MAMAK DAN NILAI-NILAI PENDIDIKAN ISLAMNYA DI KABUPATEN KUANTAN SINGINGI PROPINSI RIAU	356



Nelsi Arisandy	Pengaruh Fatwa Majelis Ulama Indonesia (MUI) Nomor 4 Tahun 2016 Tentang Imunisasi Terhadap Keputusan Orang Tua Dalam Melaksanakan Imunisasi Dasar Anak Di Kecamatan Senapelan Kota Pekanbaru	356
Firdaus	PERLINDUNGAN HUKUM TERHADAP ANAK KORBAN KEKERASAN DALAM RUMAH TANGGA DI KABUPATEN SIAK	355
Dr. Triani Adelina,S.Pt, MP	Peningkatan Kualitas Nutrisi Produk Silase Asal Limbah Ampas Kelapa dan Kulit Buah Kakao Dalam Mendukung Ketersediaan Pakan Ruminansia	351
Pangoloan Soleman Ritonga, S.Pd. M.Si	IDENTIFIKASI MISKONSEPSI MAHASISWA PADA KONSEP IKATAN KIMIA DENGAN MENGGUNAKAN TES DIAGNOSTIK FOUR-TIER TEST MULTIPLE CHOICE	350
Usman, S.Sos, M.I.Kom	PELAYANAN ADMINISTRASI DESA DALAM MENINGKATKAN BIROKRASI PERKANTORAN DI DESA PARIT BARU KECAMATAN TAMBANG KABUPATEN KAMPAR	341
Irsyadi Sirajuddin, SP, M.Si	VIABILITAS BAKTERI ASAM LAKTAT ISOLASI DARI SILASE KULIT BUAH PISANG DENGAN PENAMBAHAN BERBAGAI KONSENTRAT YANG BERBEDA	338
Junaidi Lbs	ARON SEBAGAI KEARIFAN LOKAL BERKEBUN TANAMAN KERAS DI BEDENG SUNGAI MANDAU SIAK	326
Rahman, M.Ag	KOLUSI DAN NEPOTISME DALAM PERSPEKTIF AL-QUR'AN (Studi Analisis Deskriptif Dengan Pendekatan Tafsir Tematik)	319
Edi Erwan, S.Pt, M.Sc, Ph.D	STUDI PENGGANTIAN SEBAGIAN RANSUM KOMERSIAL DENGAN JAGUNG TERHADAP PERFORMAN DAN KADAR KOLESTROL AYAM KAMPUNG SUPER	300

Rektor,



Prof. Dr. H. Munzir Hitami, MA  
NIP. 19540422 198603 1002

S

LAPORAN PENELITIAN  
*CLUSTER INDIVIDU*

PEMANFAATAN LIMBAH PELEPAH KELAPA  
SAWIT UNTUK PEMBUATAN ELEKTRODA  
SUPERKAPASITOR

Peneliti :  
Dr. Rika, M.Sc  
NIDN: 2022047903



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT (LPPM)  
UIN SULTAN SYARIF KASIM RIAU 2017

**LAPORAN HASIL PENELITIAN**

***CLUSTER* INDIVIDU**



**PEMANFAATAN LIMBAH PELEPAH KELAPA SAWIT UNTUK  
PEMBUATAN ELEKTRODA SUPERKAPASITOR**

**PENGUSUL**

**NAMA : Dr. Rika, S.Si, M.Sc**

**NIDN: 2022047903**

**BIDANG ILMU: SAINS INDUSTRI**

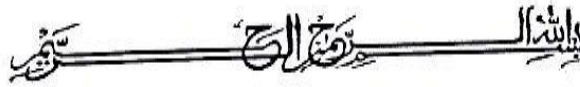
**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
(LP2M)**

**UIN SULTAN SYARIF KASIM RIAU**

**TAHUN 2017**



## KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, penulis haturkan kehadiran Allah S.W.T, atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan Laporan Penelitian yang ditaja oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM). Shalawat dan salam selalu disampaikan kepada Baginda Nabi Muhammad S.A.W yang membawa umatnya dari zaman kebodohan ke zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan seperti saat ini. Judul penelitian ini adalah “Pemanfaatan Limbah Pelepah Kelapa Sawit Untuk Pembuatan Elektroda Superkapasitor. Dengan diselesaikannya penelitian ini, apresiasi dan terimakasih ditujukan kepada pihak-pihak yang memberikan kontribusi sehingga penelitian ini dapat diselesaikan, diantaranya:

1. Prof.Dr. Munzir Hitami, M.A. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
2. Bapak Drs. H. Promadi, M.A., Ph.D selaku Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) UIN Suska Riau
3. Bapak Dr. Hartono, M.Pd selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
4. Bapak/Ibu Narasumber di lingkungan UIN Suska Riau dan Dr. Erman Taer, M.Si selaku rekan kolaborator penelitian kami di Universitas Riau
5. Mahasiswa-mahasiswa kami yang turut memberikan kontribusinya demi terselenggaranya penelitian ini.

Akhirnya, semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi landasan untuk meneruskan penelitian ini dimasa mendatang, aamiin.

Peneliti,

Dr. Rika, S.Si., M.Sc.

## ABSTRAK

Propinsi Riau merupakan daerah penghasil sawit terbesar di Indonesia yang juga berpotensi menghasilkan limbah yang cukup besar, diantaranya limbah tandan kosong, cangkang kelapa sawit, dan pelepah daun. Limbah ini dapat diolah salah satunya dengan menghasilkan elektroda dari piranti penyimpan energi yaitu superkapasitor. Penelitian ini mengkaji potensi limbah kelapa sawit yaitu pelepah daun untuk di jadikan elektroda superkapasitor. Proses pembuatan elektroda superkapasitor meliputi beberapa langkah seperti, prakarbonisasi, pengilingan, pengayakan, pencetakan dan karbonisasi-aktivasi fisika. Pada penelitian ini difokuskan pada tinjauan ukuran partikel limbah pelepah daun sawit pada sifat fisika dan elektrokimia yang dihasilkan. Sifat fisika yang dianalisa meliputi kerapatan elektroda, luas permukaan, sedangkan sifat elektrokimia yang diselidiki adalah kapasitansi spesifik sel superkapasitor yang dihasilkan. Pengujian densitas dilakukan dengan meninjau berat, tebal dan diameter elektroda sebelum dan setelah proses aktivasi dijalankan. Pengujian luas permukaan elektroda diuji menggunakan metode serapan gas  $N_2$ . Sifat elektrokimia (kapasitansi spesifik) diuji menggunakan alat siklik voltametri. Hasil pengujian menunjukkan bahwa limbah pelepah daun kelapa sawit berpotensi dikembangkan sebagai elektroda superkapasitor dengan nilai kapasitansi spesifik sel yang dihasilkan adalah sebesar 50 F/g untuk butiran partikel  $< 100 \mu m$  yang dihasilkan dari pengayakan serbuk karbon aktif. Melalui beberapa penelitian lanjutan diyakini bahwa limbah pelepah daun kelapa sawit berpotensi dikembangkan sebagai bahan asal pembuatan elektroda sel superkapasitor.

# DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>1</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>3</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>4</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>6</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>7</b>
<b>DAFTAR RUMUS</b> .....	<b>8</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 LatarBelakang .....	9
1.2 Perumusan Masalah.....	13
1.3 Tujuan Penelitian.....	13
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	13
1.5 Kontribusi Penelitian.....	13
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Sejarah Kapasitor.....	14
2.2 Kapasitor Lapisan Ganda .....	14
2.3 Superkapasitor.....	15
2.4 Struktur KEDL .....	17
2.5 Karbon Aktif.....	18
2.6 Biomassa dari Limbah Perkebunan Kelapa Sawit.....	19
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>21</b>
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Sifat Fisis Elektroda Karbon.....	23
4.1.a Pengukuran Densitas Elektroda .....	23
4.1.b Sifat Panas Karbon Aktif Pelepah Sawit.....	25
4.1.c Pengukuran Serapan Gas N <sub>2</sub> .....	26
4.2 Pengujian Sifat Elektrokimia Sel Superkapasitor .....	27



**BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran.....	29

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN- LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1.1 Peningkatan Publikasi Superkapasitor.....	12
2.1 Taksonomi Superkapasitor .....	15
2.2 Perkembangan Penyelidikan Bahan Elektroda Superkapasitor .....	16
2.3 Struktur Superkapasitor .....	18
2.4 Pelepah Sawit.....	20
3.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian .....	22
4.1 Perbandingan Densitas Sebelum dan Sesudah Karbonisasi .....	24
4.2 Kurva DTG dan TG Limbah Pelepah Sawit .....	27
4.3 Absorpsi Isoterm Karbon Aktif.....	23
4.4 Distribusi Pori Karbon Aktif Menggunakan Metode BJH.....	24
4.5 Perbandingan Nilai Kapasitansi pada Semua Variasi.....	28

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
4.1 Densitas Elektroda Sebelum Karbonisasi.....	23
4.2 Densitas Elektroda Setelah Karbonisasi dan Aktivasi Fisika.....	23
4.3 Densitas Elektroda Setelah Pemolesan.....	24
4.4 Densitas Elektroda Sebelum Karbonisasi, Setelah Karbonisasi, dan Setelah Pemolesan .....	24
4.5 Rekapitulasi Data Pengukuran Serapan Gas N <sub>2</sub> .....	26
4.6 Rekapitulasi Kapasitansi Spesifik Limbah Pelepah Sawit.....	28



## DAFTAR RUMUS

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
2.1 Kapasitan Dwi Lapisan.....	17
2.2 Energi.....	18
2.3 Daya .....	18

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Keberlangsungan berbagai macam bentuk aktivitas dalam masyarakat serta sektor industri sangat tergantung terhadap tersedianya energi listrik. Hal ini yang menyebabkan energi listrik merupakan faktor keharusan untuk selalu ada dalam setiap aktifitas manusia dewasa ini dan kebutuhan serta ketergantungan manusia terhadap energi ini pun semakin meningkat. Oleh karena itu sektor ketenagalistrikan mempunyai peranan yang sangat strategis dalam menentukan upaya peningkatan kesejahteraan masyarakat serta mendorong berjalannya roda perekonomian nasional (Fandari, dkk. 2014).

Indonesia sebagai negara agraris merupakan produsen biomassa yang sangat melimpah. Biomassa adalah material yang berasal dari makhluk hidup dalam jangka relatif pendek yakni kurang dari 100 tahun (Suharto, 2013). Proses konversi biomassa telah menarik minat banyak peneliti untuk menggunakannya sebagai alternatif peralihan penggunaan produk berbasis minyak atau fosil kepada produk biomassa yang dapat menghasilkan listrik, panas, dan *biofuel* (Sa'don et al, 2017).

Pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi dapat dipakai secara langsung maupun melalui serangkaian proses berbasis teknologi terlebih dahulu. Tentu saja dengan memberi sentuhan teknologi dalam pemanfaatan biomassa nilai manfaat yang diperoleh dapat lebih dioptimalkan. Misalkan, matahari sebagai sumber energi terbesar di alam ini dapat dipergunakan langsung sebagai sumber energi panas dan cahaya pada siang hari, namun manfaat ini tidak dapat kita rasakan di malam hari. Untuk itu teknologi energi konversi seperti sel surya dan teknologi energi storasi semisal baterai dan kapasitor merupakan teknologi yang mesti menjadi perhatian demi ketersediaan dan *sustainability* energi, khususnya energi listrik. Demikian juga untuk menghasilkan energi panas dengan membakar kayu, energi yang dihasilkan kurang optimal jika dibandingkan bila kayu tersebut diproses menjadi arang briket. Dalam skala besar briket dapat di gunakan sebagai sumber energi listrik dengan mengubah energi termal yang dihasilkannya menjadi

energi listrik melalui pembangkit listrik tenaga termal atau melalui *boiler*. Dari beberapa proses penghasil energi tersebut tentu saja piranti penyimpan energi merupakan sebuah keharusan untuk jaminan ketersediaan energi sehingga energi dapat dikelola dengan baik.

Piranti penyimpan energi selain baterai dan *fuel cell*, kapasitor merupakan piranti penyimpan energi yang banyak mendapat perhatian beberapa peneliti, khususnya yang dapat menyimpan energi dalam jumlah banyak dalam waktu yang singkat. Menurut Burke (2008), kapasitor memiliki kemampuan penyimpanan energi yang rendah akan tetapi memiliki daya yang tinggi. Hal ini berbanding terbalik dengan *fuel cell* yang memiliki kemampuan menyimpan energi yang tinggi namun memiliki daya yang rendah. Seiring berjalannya waktu, ditemukan suatu penyimpan energi yang memiliki kemampuan menyimpan energi tinggi serta memiliki daya tinggi yang dinamakan dengan superkapasitor. Superkapasitor merupakan suatu piranti penyimpanan energi yang dapat menyimpan muatan dengan kapasitas yang lebih besar dibandingkan dengan piranti penyimpan energi lainnya seperti kapasitor, *fuel cell*, dan baterai.

Superkapasitor tersusun dari sepasang elektroda, elektrolit dan sebuah lapisan separasi yang dikategorikan sebagai kapasitorelektrokimia dwi lapisan (KEDL). Elektroda yang digunakan dalam piranti ini diolah dari bahan alam yang terdapat di sekitar kita yaitu biomassa. Biomassa merupakan bahan-bahan organik berumur relatif muda dan berasal dari tumbuhan, hewan, dan produk yang berasal dari limbah industri budidaya seperti pertanian, perkebunan, kehutanan, peternakan dan perikanan.

Beberapa penelitian yang memanfaatkan potensi biomassa dalam pembuatan elektroda superkapasitor diantaranya tandan kosong kelapa sawit (Taer dkk, 2013), bunga rumput gajah (Taer dkk, 2015), tempurung kelapa sawit (Galinski dkk, 2013), tempurung Kemiri (Darmawan dkk, 2013), tempurung kelapa sawit, tempurung Kluwak, bambu, ampas tebu (Rufford dkk, 2010), kulit buah kopi (Jisha dkk, 2009), dan limbah kulit pisang (Lv dkk, 2012).

Kelapa Sawit sebagai komoditi hasil perkebunan yang mempunyaiperan cukup penting dalam kegiatan perekonomian di Indonesia sebagai salah satu penghasil Devisa Negara (Indarti, 2014). Pengembangan kelapa sawit di



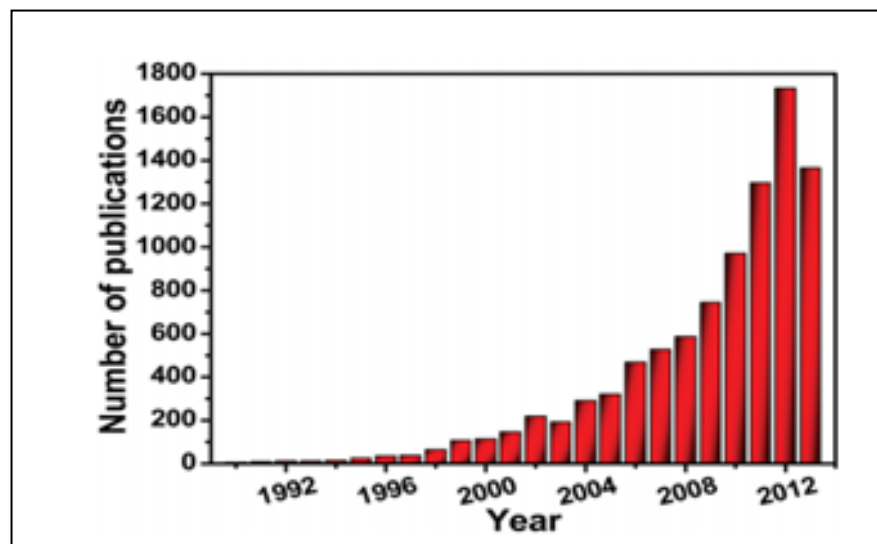
Indonesia dimulaisejak 1970. Perkebunan kelapa sawit saat ini merupakan salah satu komoditi ekspor yang sangat besar di Indonesia. Perkebunan kelapa sawit di Indonesia sebagian besar berada di pulau Sumatera diikuti oleh Kalimantan (Hadiguna, 2013). Sementara Riau merupakan salah satu provinsi di Sumatera merupakan penghasil minyak sawit terbesar di Indonesia dengan total luas lahan sebesar 2,2 juta ha (Taer, 2013). Provinsi Riau menjadi pelabuhan pengeksport *Crude Palm Oil* (CPO) yang berada di Kota Dumai bahkan juga merupakan provinsi pengeksport CPO terbesar di Indonesia. (Intan, 2013).

Luasnya perkebunan kelapa sawit memicu banyaknya limbah yang dihasilkan. Limbah pada dasarnya adalah bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu sumber hasil aktivitas manusia, maupun proses-proses alam yang belum mempunyai nilai ekonomi. Limbah yang berasal dari beberapa industri telah diketahui memiliki potensi besar yang dapat mencemari lingkungan. Adapun limbah dari industri perkebunan kelapa sawit itu dapat berupa limbah cair, padat dan gas (Putra, 2014). Tandan kosong, pelepah, dan cangkang merupakan jenis limbah padat yang dihasilkan di industri perkebunan kelapa sawit dengan jumlah yang luarbiasa banyak (Kamal, 2014).

Pelepah kelapa sawit merupakan limbah yang dihasilkan dari tanaman kelapa sawit mulai dari pra panen hingga proses pemanenan. Limbah pelepah kelapa sawit dihasilkan dari proses pemangkasan kelapa sawit dimana untuk satu pohon kelapa sawit dapat dihasilkan 22 – 26 pelepah setiap tahunnya, limbah pelepah kelapa sawit hasil pemangkasan biasanya dibuang begitu saja dan dibiarkan membusuk di bawah pohon kelapa sawit. Pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit mulai dikembangkan sebagai pakan ternak dan pupuk kompos, ditinjau dari komposisi yang dikandungnya dimana limbah pelepah kelapa sawit mengandung polisakarida dalam bentuk selulosa 35,88%, lignin 18,9% dan hemiselulose 26,47% diyakini mempunyai potensi yang cukup besar untuk diolah lebih lanjut menjadi produk yang bermanfaat dan bernilai ekonomis (Ambarita, 2015). Selulosa dan hemiselulosa yang merupakan bahan dasar pembentuk karbon ini memiliki persentase yang cukup besar dari pelepah sawit, untuk itu elektoda karbon aktif dari limbah biomassa pelepah sawit menjadi sebuah kandidat kajian yang harus dilakukan sebagai salah satu cara memanfaatkan limbah pelepah

kelapa sawit menjadi piranti penyimpan energi listrik yaitu superkapasitor sebagai aplikasi bagian teknologi terapan keilmuan sains.

Penelitian superkapasitor berbasis biomassa merupakan penelitian yang menarik minat banyak peneliti di seluruh dunia. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan publikasi di bidang superkapasitor berbasis biomassa dari tahun ke tahun seperti yang ditunjukkan Gambar 1.1 bahwa publikasi dengan tema superkapasitor menunjukkan peningkatan yang sangat signifikan dalam satu dekade (Zhuangjun, 2013) dan tentu saja terus mengalami peningkatan sampai sekarang mengingat prestasi yang ditunjukkan piranti ini membuat peneliti terus mencari inovasi dan hal-hal baru untuk terus di kembangkan dan dikaji.



Gambar 1.1 Peningkatan Publikasi Superkapasitor  
(Sumber: Zhuangjun, 2013)

Dengan demikian, dalam penelitian ini pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku pembuatan elektroda inti superkapasitor merupakan hal yang menantang dimana sejauh penelusuran kami, limbah ini belum diteliti secara menyeluruh untuk digunakan sebagai elektroda superkapasitor dan juga mengingat limbah ini adalah limbah yang perlu diperhitungkan jumlahnya dalam perkebunan kelapa sawit khususnya di Provinsi Riau.

## 1.2 Perumusan Masalah

Adapun permasalahan yang dapat dirumuskan berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya yaitu mengkaji pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit sebagai bahan dasar elektroda superkapasitor

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini antara lain:

*Mengkaji potensi limbah pelepah kelapa sawit sebagai elektroda superkapasitor dengan meneliti nilai kapasitansi yang dihasilkan oleh piranti tersebut.*

## 1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Memanfaatkan limbah pelepah kelapa sawit sebagai biomassa untuk elektroda superkapasitor
2. Membuat karbon aktif dari limbah pelepah kelapa sawit untuk elektroda superkapasitor.
3. Membuat karakterisasi Fisika seperti *Scanning Electron Micrograph* (SEM)
4. Memfabrikasi elektroda karbon aktif dengan membuat sel superkapasitor yang lengkap.
5. Menguji sel superkapasitor dan menghitung nilai kapasitansi yang diperoleh dari uji alat *Cyclic Voltametry* (CV)

## 1.5 Kontribusi Penelitian

1. Kajian ini diharapkan memberikan kontribusi dibidang keilmuan sains tentang pemanfaatan limbah lokal yang belum mendapat perhatian baik oleh pemerintah maupun masyarakat industri.
2. Kajian ini juga diharapkan dapat memberikan masukan pada pihak-pihak yang terkait khususnya pelaku industri dan pemerintah untuk dapat memperhatikan nilai ekonomis yang ditimbulkan oleh limbah yang awalnya dianggap tidak bernilai dapat bernilai lebih apabila diolah dengan sentuhan teknologi sehingga lebih bermanfaat untuk kehidupan manusia.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

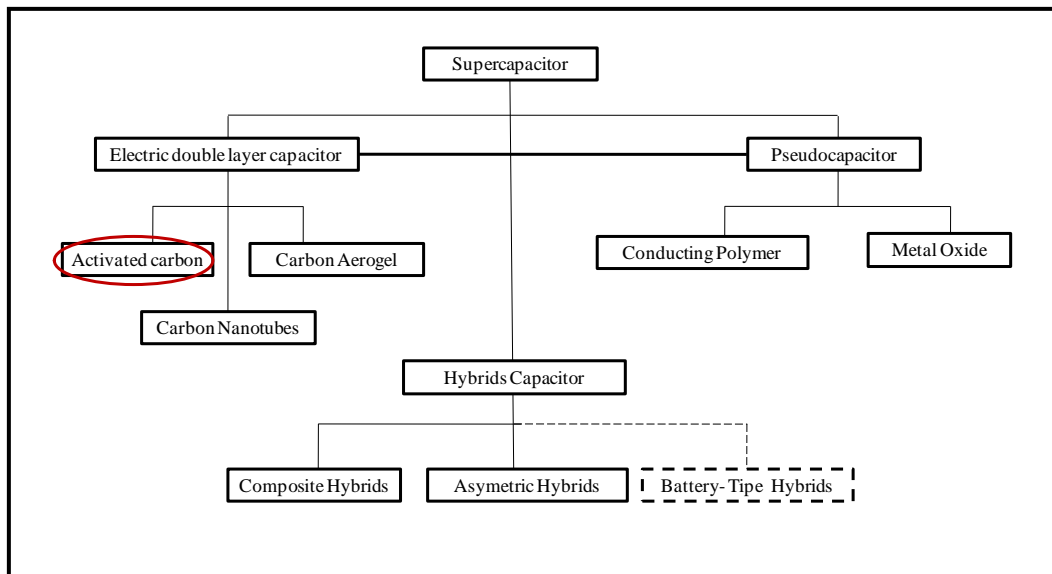
#### **2.1 Sejarah Kapasitor**

Teknologi kapasitor ditemukan oleh Stoples Leiden pada tahun 1745. Sejak itu, telah ada kemajuan luar biasa dalam bidang ini. Pada awalnya, kapasitor yang digunakan terutama dalam produk listrik dan elektronik, tapi saat ini digunakan dalam bidang mulai dari aplikasi industri untuk mobil, pesawat, kedokteran, komputer, permainan dan kekuatan pasokan sirkuit. Kapasitor terbuat dari dua elektroda metalik (terutama Si) ditempatkan saling bertentangan dengan bahan isolator (dielektrik) antara elektroda untuk mengumpulkan muatan listrik (Jayalaxmi, Balasubramanian, 2008).

Kapasitor konvensional menghasilkan kapasitansi dalam kisaran 0.1 untuk 1 F dengan rentang tegangan dari 50 hingga 400 V. Kapasitor konvensional memiliki kerapatan daya yang relatif tinggi, namun kepadatan energirelatif rendah bila dibandingkan dengan baterai elektrokimia dan sel bahan bakar (*fuel cell*). Baterai dapat menyimpan lebih banyak energi daripada kapasitor, tapi tidak bisa mengantarkannya dengan sangat cepat, yang berarti punya rapat daya yang rendah. Di sisi lain, penyimpanan energi kapasitor relatif kurang yaitu per satuan massa atau volume, tapi energi listrik yang disimpan dengan cepat menghasilkan banyak tenaga, sehingga kerapatan tenaga yang dihasilkan biasanya tinggi (Helper, James, 2006).

#### **2.2 Kapasitor Lapisan Ganda**

Superkapasitor dapat dibagi menjadi tiga kelas taksonomi yaitu kapasitor elektrokimia dwi lapisan (KEDL), *pseudocapacitors*, dan hibridaKapasitor. GrafisTaksonomi kelas dan subkelas superkapasitor yang berbeda disajikan pada Gambar 2.1. Dari gambar dapat dilihat bahwa pada kapasitor elektrokimia dwi lapisan elektroda dari karbon aktif memainkan peranan yang sangat penting dalam bagian piranti superkapasitor selain elektrolit dan separator.



Gambar 2.1 Taksonomi Superkapasitor  
(Sumber: Helper, James, 2006)

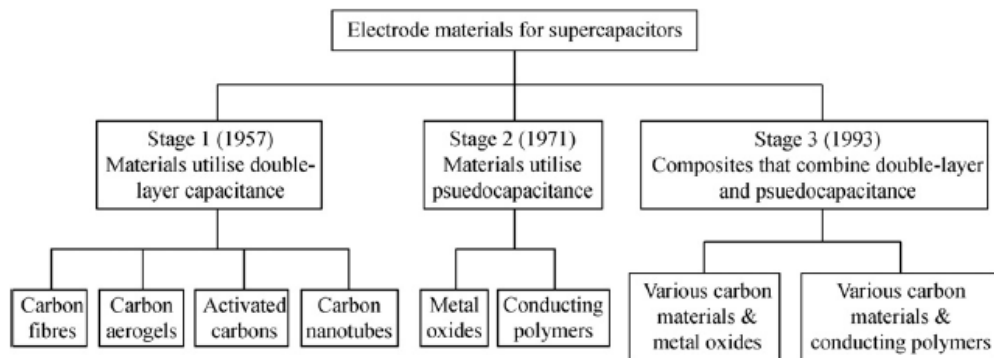
Kapasitor elektrokimia dwi lapisan (KEDL) dibangun dari dua elektroda berbasis karbon, elektrolit, dan separator. Seperti kapasitor konvensional, EDLC menyimpan muatan secara elektrostatik, dan tidak ada transfer muatan antara elektroda dan elektrolit. EDLC memanfaatkan lapisan ganda elektrokimia untuk menghemat energi. Sebagai tegangan yang diaplikasikan, muatan terakumulasi pada permukaan elektroda. Mengikuti daya tarik muatan yang tidak biasa, ion dalam larutan elektrolit berdifusi melintasi pemisah ke dalam pori-pori elektroda yang berlawanan muatannya. Namun, elektroda direkayasa untuk mencegah rekombinasi ion. Dengan demikian, muatan pada dwi lapisan (*double layer charge*) diproduksi di setiap elektroda. Pada elektroda lapisan ganda ini, ditambah dengan peningkatan luas permukaan dan penurunan jarak antar elektroda, memungkinkan EDLC untuk mencapai energi yang lebih tinggi (Helper, James, 2006).

### 2.3 Superkapasitor

Superkapasitor atau ultrakapasitor (Frankowiak & Beguin, 2001) adalah istilah yang digunakan untuk piranti penyimpanan energi listrik yang mempunyai nilai kapasitan mencapai ribuan farad. Superkapasitor menjadi piranti penyimpanan energi listrik yang baik untuk penyimpanan energi. Komersial produk superkapasitor mempunyai spesifik energi dibawah  $10 \text{ Wh kg}^{-1}$ , lebih rendah jika



dibandingkan dengan baterai litium ion baterai dapat mencapai  $150 \text{ Wh kg}^{-1}$ . Superkapasitor mempunyai spesifik daya yang lebih tinggi dari betterai. Sisi positif lain adalah siklus hidup yang lebih tinggi, dapat dioperasikan pada jangkauan temperatur yang lebih besar dan cas serta dis cas yang cepat.



Gambar 2.2 Perkembangan penyelidikan bahan elektroda superkapasitor.

Penelitian dibidang superkapasitor dapat dibagi dalam dua kelompok berdasarkan pada cara penyimpanan energi yang disebut: 1) superkapasitor redox dan 2) kapasitor elektrokimia dua lapisan. Superkapasitor redox (juga dikenal dengan istilah *pseudocapacitor*), dimana sebuah tipe transfer muatan refersibel Faradaic yang menghasilkan kapasitan, yang bukan elektrostatik murni (sehingga diberi awalan ‘pseudo’ yang membedakan dari kapasitan electric statik). Sedangkan, penyimpanan tenaga pada kapasitor elektrokimia dua lapisan (KEDL) hampir menyerupai kapasitor tradisional yaitu melalui pemisahan muatan.

Superkapasitor dapat menyimpan lebih banyak energi per unit masa atau volume dari pada kapasitor konvensional karena: 1) pemisahan muatan terjadi pada jarak yang sangat kecil pada KEDL yang terjadi pada perbatasan elektoda dan elektrolit (Conway, 1999).2) jumlah muatan yang dapat tersimpat dapat ditingkatkan dengan luas permukaan yang tinggi. Mekanisemen penyimpanan energi berlangsung secara cepat karena melibatkan perpindahan ion dari dan keluar permukaan elektroda. Pembagian lengkap tentang jenis bahan elektroda ditampilkan pada Gambar 1. Superkapasitor jenis KEDL adalah kategori superkapasitor yang sangat maju dikembangkan. Karbon dalam berbagai bentuk,

secara intensif terus di kaji dan digunakan secara meluas sebagai materila elektrod pada KEDL yang pengembangan di fokuskan pada pencapaian luas permukaan yang lebih tinggi dengan berbagai bahan asal yang lebih murah, limbah perkotaan merupakan bahan asal yang potensial dijadikan bahan asal elektroda superkapasitor dengan harga yang relatif murah.

#### 2.4. Struktur KEDL

Struktur superkapasitor terdiri dari dua buah elektroda yang terendam dalam elektrolit, dengan sebuah pemisah ion-permeabel yang terletak diantara kedua elektroda, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Dalam piranti seperti itu, masing-masing antar muka elektroda elektrolit mewakili sebuah kapasitor sehingga sebuah sell lengkap dapat dipandang sebagai dua kapasitor tesusun secara seri. Untuk kapasitor simetris (elektroda yang sama), kapasitan sell, ditunjukkan sebagai :

$$\frac{1}{C_{cell}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (1)$$

Dimana  $C_1$  dan  $C_2$  mewakili kapasitan untuk elektrod pertama dan kedua (Burke, 2000). Kapasitan dwi-lapisan ,  $C_{dl}$ , pada masing-masing antara muka elektroda ditunjukkan dengan rumusan

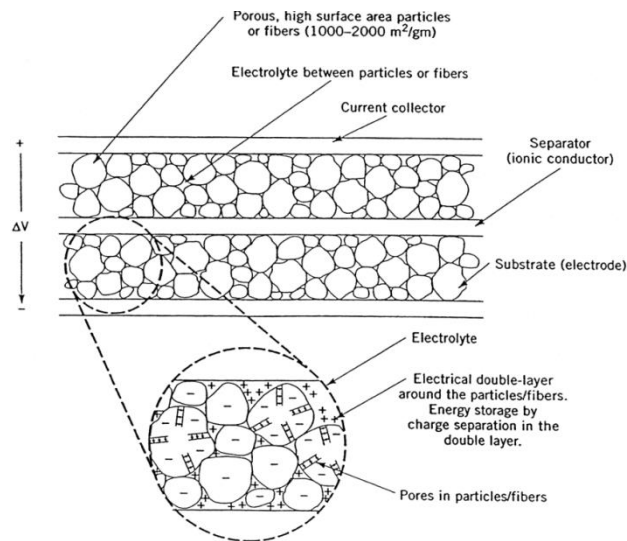
$$C_{dl} = \frac{\epsilon A}{4\pi t} \quad (2)$$

Dimana  $\epsilon$  adalah konstanta dielektrik dari daerah dwi-lapisan,  $A$  adalah luas permukaan dari elektroda dan  $t$  adalah tebal dari dwi-lapisan elektrik. Pada kapasitor dwi-lapisan, merupakan kombinasi dari luas permukaan yang tinggi (biasanya  $> 1500 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ ) dengan pemisahan muatan yang sangat kecil (Angstroms) yang dapat menghasilkan kapasitan yang tinggi [6]. Energi ( $E$ ) dan daya ( $P_{max}$ ) dari superkapasitor dapat ditentukan berdasarkan

$$E = \frac{1}{2} CV^2 \quad (3)$$

$$P_{max} = \frac{V^2}{4R} (4)$$

Dimana C adalah kapasitan dc dalam Farads, V adalah tegangan dan R adalah ekuivalen tahanan series (ESR) dalam ohm [6].



Gambar 2.3. Struktur superkapasitor (Burke, 2008)

## 2.5 Karbo Aktif

Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon. Karbon Aktif memiliki luas permukaan (*surface area*) sebesar  $1,95 \times 10^6 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ , dengan total volume pori-pori sebesar  $10,28 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ mg}^{-1}$ , dan diameter rata-rata  $21,6 \text{ \AA}$ . Bahan diperoleh dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Karbon aktif diperoleh dengan proses aktivasi. Proses aktivasi merupakan proses yang bertujuan untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang melapisi permukaan arang sehingga meningkatkan porositas karbon aktif. Semakin luas permukaan pori-pori dari karbon aktif, maka daya serapnya semakin tinggi. Daya serap karbon aktif ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan. Selain itu, peningkatan kemampuan karbon aktif juga dapat dilakukan dengan aktivasi menggunakan aktivator bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi, sehingga pada karbon aktif akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia.

## 2.6 Biomassa dari Limbah Perkebunan Sawit

Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai bahan biomassa. Beberapa biomassa yang mengandung unsur karbon apabila mengalami proses karbonisasi

atau pengarangan seperti, tempurung kelapa, kayu, sekam padi, kulit biji kopi dan lain-lain. Kriteria bahan yang dipilih sebagai bahan karbon aktif diantaranya memiliki unsur anorganik yang rendah, ketersediaan bahan mudah didapat dan tidak mahal, memiliki daya tahan yang baik, dan mudah untuk daktivasi.

Pemilihan bahan dasar yaitu limbah biomassa. Pertimbangannya untuk memanfaatkan bahan yang dianggap tidak bernilai menjadi sesuatu yang bisa dipergunakan kembali setelah diolah dengan tahapan-tahapan sistematis. Biomassa merupakan bahan-bahan organik berumur relatif muda dan berasal dari tumbuhan, hewan, produk dan limbah industri budidaya (pertanian, perkebunan, kehutanan, peternakan, perikanan). Unsur utama dari biomassa adalah bermacam-macam zat kimia (molekul) yang sebagian besar mengandung atom karbon (C). Biomassa secara garis besar tersusun dari selulosa dan lignin (sering disebut lignin selulosa). Komposisi elementer biomassa bebas abu dan bebas air kira-kira 53% massa karbon, 6% hidrogen dan 42% oksigen, serta sedikit nitrogen, fosfor dan belerang (biasanya masing-masing kurang dari 1%). Kadar abu kayu biasanya kurang dari 1% (Arni,dkk, 2014).

Pelepah sawit merupakan salah satu bagian dari limbah biomassa yang tergolong kepada limbah padat. Pelepah kelapa sawit dapat diperoleh bersamaan dengan proses pemanenan tandan buah kelapa sawit. Menurut Winanti (2014) dalam Ambarita (2015) potensi jumlah limbah kelapa sawit di Indonesia sebanyak 81.887.936 ton per tahun. Diketahui bahwa komponen penyusun terbesar pelepah kelapa sawit adalah serat kasar. Serat kasar tersusun dalam tiga komponen yaitu selulose, hemiselulose, lignin, dan silika. Komponen pelepah sawit dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Kandungan Kimia Pelepah Sawit

Komponen Serat Kasar	Kandungan (%)
Selulosa	35,88
Lignin	18,9
Hemiselulosa	26,47
Zat Ekstraktif	9,05
Air	9,7

Sumber: Ambarita dkk, 2015



Gambar 2.4 Pelepah Sawit  
(Sumber: Pengumpulan Data, 2017)

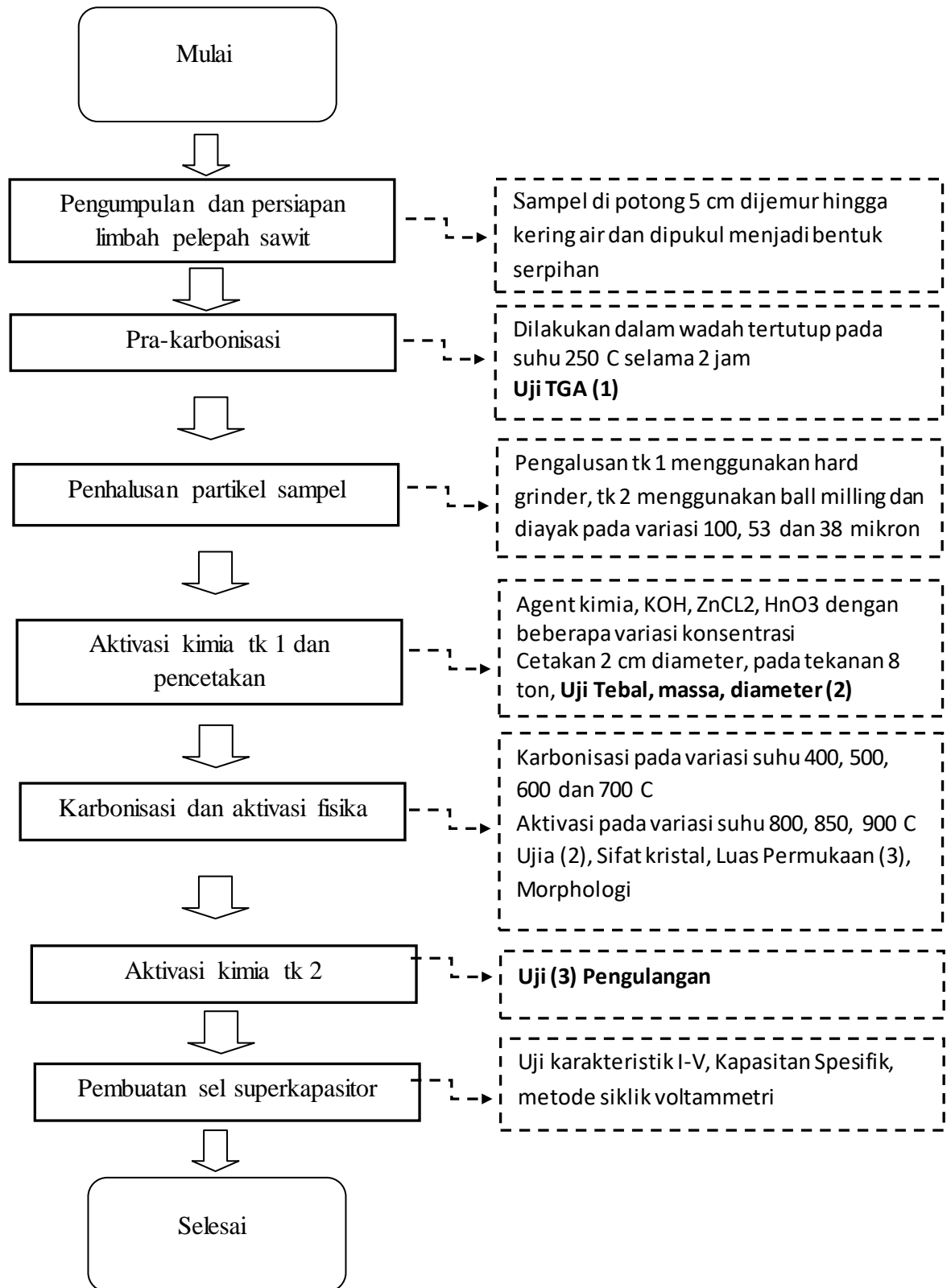
## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Fokus penelitian ditujukan pada pemilihan jenis limbah padat yang digunakan. Limbah yang dipilih sebagai bahan dasar dalam pembuatan elektroda superkapasitor adalah limbah perkebunan kelapa sawit khususnya bagian pelepah pohon kelapa sawit. Proses penelitian diawali dengan persiapan bahan dasar hingga pengujian sifat fisika dan sifat elektrokimia disertai dengan fabrikasi sel superkapasitor. Secara garis besar cakupan penelitian ini antara lain : (a) Pengumpulan limbah pelepah sawit dari sebuah perkebunan sawit di daerah sekitar pekanbaru, (b) persiapan sampel dipotong dan di hancurkan menjadi serpihan dan di prakarbonisasi, (c) sampel dihaluskan dan di aktifasi kimia dan selanjutnya di cetak dan pengujian sifat fisika, (d) pelet yang sudah di cetak di karbonisasi dengan suhu tinggi 400 °C dan dilakukan uji sifat kristal dan porositas, terakhir (e) fabrikasi sel superkapasitor dan pengujian sifat elektrokimia sel tersebut.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium di Laboratorium Fisika material dan nanoteknologi di jurusan Fisika Universitas Riau. Dalam metode ini dari mulai pemilihan bahan dan proses sampai pada tahap fabrikasi piranti sel superkapasitor, setiap tahapan proses sampel di uji karakteristik fisisnya seperti densitas, porositas dan morfologi sehingga di peroleh sampel elektroda yang optimal untuk di fabrikasi dan metode pengujian serta karakterisasi bahan selain di Universitas Riau juga di lakukan di Universitas Andalas Sumatera Barat. Disamping itu prestasi sel superkapasitor juga diuji dengan alat cyclic voltametry untuk mengetahui nilai kapasitansi yang di peroleh dari sel super kapasitor dari bahan limbah pelepah sawit ini.

Adapun tahapan penelitian diatas dapat secara lengkap digambarkan dalam diagram alir penelitian sebagai berikut:



Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Sifat Fisis Elektroda Karbon

Sifat fisis elektroda karbon yang diteliti dalam penelitian ini adalah densitas, sifat panas, luas permukaan, sedangkan sifat elektrokimia yang diuji adalah kapasitansi spesifik. Berikut ini akan dilanjutkan dengan penjelasan pada masing-masing sifat fisis elektroda seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

##### 4.1.a. Pengukuran Densitas Elektroda

Pengukuran densitas dilakukan pada tiap proses pembuatan elektroda seperti setelah dicetak berbentuk pelet, dan setelah proses karbonisasi dan aktivasi. Pengukuran densitas dilakukan dengan penentuan massa dan dimensi (tebal dan diameter), Pengukuran densitas ini dilakukan untuk ketiga jenis sampel yaitu dengan ukuran partikel yang berbeda. Hasil pengujian densitas ditampilkan pada Tabel 4.1 dan 4.2 untuk pelet setelah pencetakan dan setelah karbonisasi serta aktivasi carbon pelet masing-masing. Selanjutnya, densitas juga diukur untuk kondisi setelah pemolesan dan nilainya ditampilkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.1 Densitas Elektroda Sebelum Karbonisasi

Kode Sampel	Massa (g)	Diameter (cm)	Ketebalan (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
AC-38	0,625	1,955	0,24	0,772	0,857
AC-53	0,64	1,956	0,245	0,775	0,865
AC-100	0,66	1,957	0,249	0,748	0,882

Sumber: Data Hasil Penelitian (2017)

Tabel 4.2 Densitas Elektroda Setelah Karbonisasi dan Aktivasi Fisika

Kode Sampel	Massa (g)	Diameter (cm)	Ketebalan (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
AC-38	0,183	1,39	0,164	0,249	0,734
AC-53	0,215	1,41	0,177	0,275	0,777
AC-100	0,203	1,404	0,167	0,259	0,784

Sumber: Data Hasil Penelitian (2017)

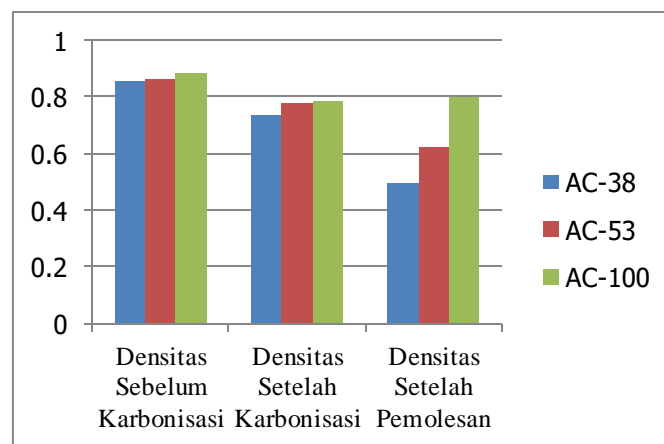


Tabel 4.3 Densitas Elektroda Setelah Pemolesan

Kode Sampel	Massa (g)	Diameter (cm)	Ketebalan (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
AC-38	0,187	1,327	0,027	0,038	0,493
AC-53	0,2	1,217	0,024	0,032	0,623
AC-100	0,25	1,326	0,022	0,031	0,798

Sumber: Data Hasil Penelitian (2017)

Setelah dilakukan pengukuran densitas, dapat dilihat perbandingan pada Grafik 4.1 untuk masing-masing kondisi setelah pencetakan, setelah karbonisasi dan setelah pemolesan.



Gambar 4. 1 Perbandingan Densitas Sebelum dan Sesudah Karbonisasi (Sumber: Data Hasil Penelitian, 2017)

Perbandingan Densitas sebelum karbonisasi, setelah karbonisasi, dan setelah pemolesan juga ditampilkan dalam bentuk tabel seperti berikut ini dan ditampilkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Densitas Elektroda Sebelum Karbonisasi, Setelah Karbonisasi, dan Setelah Pemolesan

Kode Sampel	Densitas Sebelum Karbonisasi	Densitas Setelah Karbonisasi	Densitas Setelah Pemolesan
AC-38	0,857	0,734	0,493
AC-53	0,865	0,777	0,623
AC-100	0,882	0,784	0,798

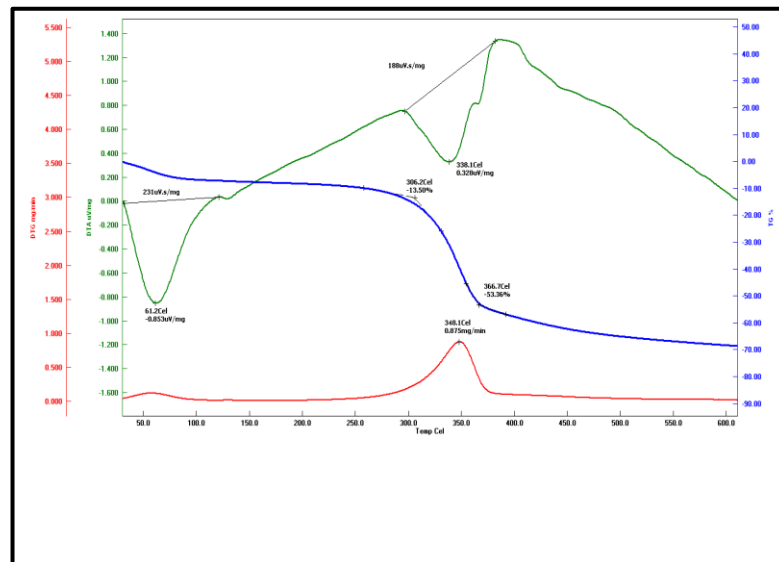
Sumber: Data Hasil Penelitian (2017)

Densitas setelah proses karbonisasi mengalami perubahan dari kondisi awalnya. Elektroda mengalami penurunan densitas, penurunan densitas terendah

terdapat pada kode sampel AC-38. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel maka nilai densitas yang dihasilkan semakin rendah.

#### 4.1.b. Sifat Panas Karbon Aktif Pelepah Sawit

Salah satu metode yang digunakan untuk mengkaji sifat panas suatu bahan adalah termogravimetri (TGA). TGA menggunakan gas pirolisis nitrogen dengan temperatur maksimal  $600^{\circ}\text{C}$ . Laju aliran gas optimum yang digunakan adalah  $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ . Garis berwarna biru pada kurva dinamakan kurva TG (Thermogravimetry) yang menandakan persentase susut massa terhadap fungsi temperatur. Garis merah pada kurva dinamakan kurva DTG (*Differential Thermal Gravimetry*) yang menunjukkan kelajuan maksimum penurunan berat massa sampel.



Gambar 4.2 Kurva DTG dan TG Limbah Pelepah Sawit  
(Sumber: Data Hasil Penelitian, 2017)

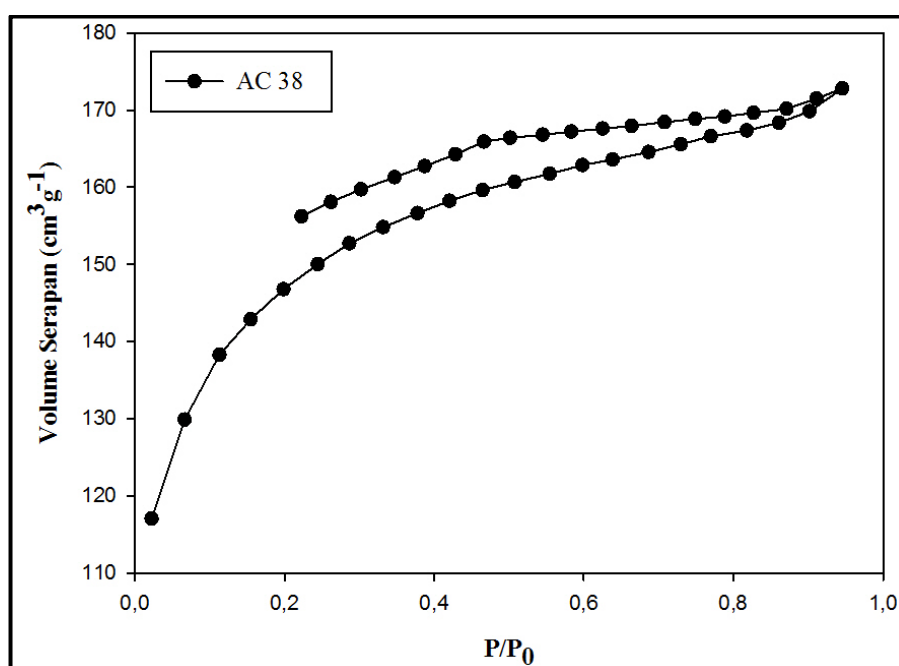
Gambar 4.2 menunjukkan kurva TG mengalami susut massa yang terjadi pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  dengan persentase massa yang hilang sebesar 13,5% yang kemungkinan besar merupakan awal penguapan air. Selanjutnya pada pemanasan suhu  $300^{\circ}\text{C}$  hingga  $370^{\circ}\text{C}$  terjadi proses penguraian hemiselulose, selulose dan lignin dengan penyusutan massa sebesar 53,36%.

Gambar 4.2 juga memperlihatkan adanya puncak pada kurva DTG, yang mana pengurangan berat massa terjadi pada suhu  $348,1^{\circ}\text{C}$  dengan kelajuan maksimum 0,875 mg per menit, sehingga pada suhu  $348,1^{\circ}\text{C}$  ini digunakan

sebagai suhu tahan selama 2 jam pada saat proses karbonisasi. Kurva TG/DTG digunakan untuk penentuan profil pemanasan karbonisasi.

#### 4.1.c. Pengukuran Serapan Gas N<sub>2</sub>

Serapan gas N<sub>2</sub> digunakan untuk mengetahui luas permukaan dan karakteristik pori akibat perbedaan ukuran partikel pada sampel pelepah sawit. Gambar 4.3.

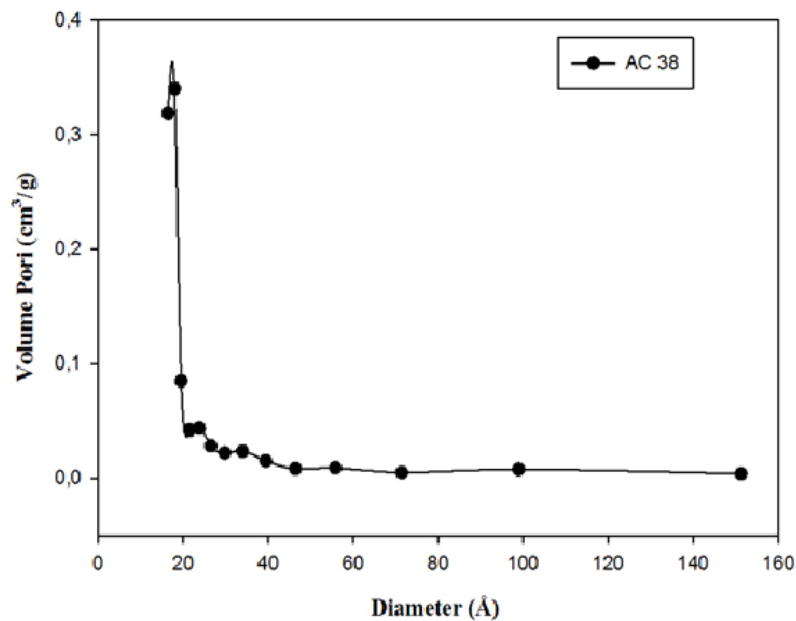


Gambar 4.3 Adsorpsi Isoterm Karbon Aktif  
(Sumber: Data Hasil Penelitian, 2017)

Tabel 4.5 Rekapitulasi Data Pengukuran Serapan Gas N<sub>2</sub>

Kode Sampel	S <sub>BET</sub> (m <sup>2</sup> /g)	S <sub>BJH</sub> (m <sup>2</sup> /g)	S <sub>BJH</sub> (%)	V <sub>BET</sub> (m <sup>3</sup> /g)	V <sub>BJH</sub> (m <sup>3</sup> /g)	V <sub>BJH</sub>	D <sub>BJH</sub>
AC-38	479,975	25,2558	5,26	0,26793	0,0247263	9,22	17,9576

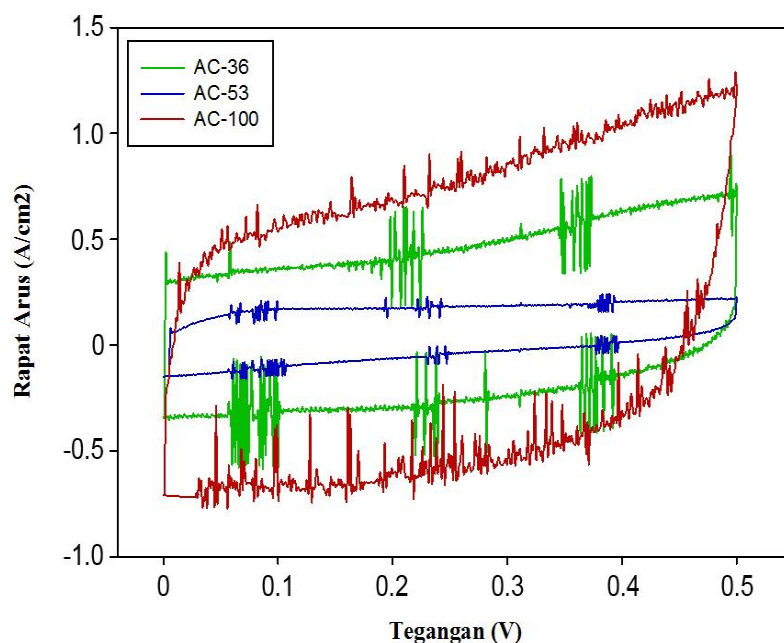
Hasil pengujian serapan gas N<sub>2</sub> memperlihatkan bahwa sampel karbon dari pelepah tandan daun kelapa sawit mempunyai luas permukaan mendekati 500 m<sup>2</sup>/g dengan pori dominan dalam rentang mikropori. Data pada Gambar 4.3 dan 4.4 menunjukkan hubungan volume serapan gas terhadap tekanan relatif, serta Gambar 4,4 memperlihatkan hubungan antara diameter pori terhadap volume serapan gas.



Gambar 4.4 Distribusi Pori Karbon Aktif Menggunakan Metode BJH (Sumber: Data Hasil Penelitian, 2017)

#### 4.2. Pengujian Sifat Elektrokimia Sel Superkapasitor

Sikil voltametri (CV) merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara rapat arus *charging-discharging* dengan beda potensial. Arus *charge* merupakan arus yang terukur ketika superkapasitor mengalami pengisian muatan yang ditandai dengan kurva bagian atas. Arus *discharge* merupakan arus yang terukur ketika superkapasitor mengalami proses pengosongan muatan yang ditandai dengan kurva bagian bawah. Hasil dari pengukuran ini berbentuk kurva. Luas kurva yang dihasilkan mewakili besar kecilnya nilai kapasitansi spesifik dari elektroda yang diukur. Jika kurva yang dihasilkan semakin luas, maka akan menghasilkan nilai kapasitansi spesifik yang besar begitu juga sebaliknya. Pengukuran dilakukan pada laju pemindaian 1 mV/s pada potensial 0,0-0,5 V. Pemilihan laju scan 1 mV/s dikarenakan pada laju scan tersebut ion akan berdifusi secara merata ke dalam pori-pori permukaan elektroda karbon sehingga nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan juga semakin besar. Limbah pelepah sawit yang diukur memiliki 3 variasi. Perhitungan nilai kapasitansi sel superkapasitor untuk ketiga variasi sampel ditunjukkan secara lengkap pada lampiran 1. Perbandingan nilai kapasitansi berdasarkan perbedaan variasi pada pengukuran menggunakan metode *cyclic voltametry* dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 4.5 Perbandingan Nilai Kapasitansi pada Semua Variasi  
(Sumber: Data Hasil Penelitian, 2017)

Berdasarkan kurva di atas, kurva yang paling luas dihasilkan oleh kode sampel AC-100. Hal ini menandakan bahwasanya kode sampel AC-100 memiliki nilai kapasitansi tertinggi dibandingkan dengan variasi sampel lainnya.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Kapasitansi Spesifik Limbah Pelepah Sawit

Kode Sampel	Ic (A)	Id (A)	Laju Scan (mV/s)	Massa (g)	Csp (F/g)
AC-38	361	-236	1	0,0187	31,92
AC-53	182	-39	1	0,02	11,05
AC-100	739	-581	1	0,027	52,8

Sumber: Data Hasil Penelitian (2017)

Berdasarkan tabel di atas, nilai kapasitansi spesifik tertinggi didapatkan pada sampel AC-100, sedangkan nilai kapasitansi spesifik terendah terdapat pada sampel AC-53. Perbedaan variasi menghasilkan nilai kapasitansi yang berbeda.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Elektroda mengalami penurunan densitas, penurunan densitas terendah terdapat pada kode sampel AC-38. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel maka nilai densitas yang dihasilkan semakin rendah.
2. Nilai kapasitansi spesifik tertinggi didapatkan pada sampel AC-100, sedangkan nilai kapasitansi spesifik terendah terdapat pada sampel AC-53. Perbedaan variasi menghasilkan nilai kapasitansi yang berbeda.
3. Dengan di perolehnya nilai kapasitansi spesifik 52,8 F/G, maka pelepah kelapa sawit merupakan material yang cocok sebagai bahan dasar pembuatan elektroda super kapasitor

#### **5.2 Saran**

Nilai kapasitansi yang di peroleh masih tergolong biasa yang di peroleh untuk bahan biomassa untuk pembuatan piranti superkapasitor, namun karena bahan baku limbah pelepah sawit yang melimpah ini perlu dikembangkan lagi inovasi untuk dapat memperoleh nilai kapasitansi superkapasitor yang lebih optimal. Penelitian dibidang elektrolit yang digunakan dalam piranti ini adalah salah satunya. Kedepannya bisa di kembangkan penelitian elektrolit yang cocok di gunakan untuk piranti superkapasitor.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambarita, Yos Pawan, dkk. Pembuatan Asam Oksalat Dari Pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis*) Melalui Reaksi Oksidasi Asam Nitrat. *Jurnal Teknik Kimia USU* Vol. 4, No. 4. Desember. 2015.
- Arni, Hosiana MD Labania, Anis Nismayanti. Studi Uji Karakteristik Fisis Briket Bioarang Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal of Natural Science*, Vol. 3:89-98, ISSN: 2338-0950. Maret 2014.
- A. Burke,. 2000. Ultracapacitor: why, how, and where is the technology. *Journal of Power Sources* 91:37-50.
- A. Burke. 2007. R & D considerations for the performance and application of electrochemical capacitor. *Electrochimica Acta* 53:1083-1091
- A. Burke, Andrew, et al. *Review of the Present and Future Applications of Supercapacitors in Electric and Hybrid Vehicles*. 2014.
- Conway B. E., 1999. *Electrochemical Supercapacitors-Scientific fundamentals and Technological Applications*, Kluwer, New York
- Frankowiak E., F. Beguin, 2001. Carbon materials for the electrochemical storage of energy in capacitors, *carbon* 39. 937-950.
- Fandari, Andiasta El, dkk. Pengembangan Energi Panas Bumi yang Berkelanjutan. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik* Vol. 17, No. 1, 68-82. Mei 2014.
- Harsojuwono, dkk. *Rancangan Percobaan: Teori, Aplikasi SPSS dan Excel*. Lintaskata Publishing. Malang. 2011.
- Helper, Marlin S, James C Ellenbogen. *Supercapacitors: A Brief Overview* MITRE. 2006.
- Jayalakshmi M, Balasubramanian K. *Simple Capacitors to Supercapacitors - An Overview*. 2008. *International Journal Electrochem. Science*, No.3, 1196 – 1217.
- Junahiswari, Yuyun. Efek Ukuran Bulir Terhadap Kapasitansi Superkapasitor dengan Elektroda Dari Komposit Ekstrak Pasir Besi Dan Arang Aktif Dari Kulit Biji Mte. *Skripsi Program Studi Pendidikan Fisika*

*Konsentrasi Keteknikan Jurusan Pendidikan Fisika Universitas Halu Oleo Kendari. 2016.*

- Kamal, Netty. Karakterisasi dan Potensi Pemanfaatan Limbah Sawit. *Jurnal Teknik Kimia*. Bandung. 2014.
- Khakim, Ahmad. Pembuatan Nanokarbon dari Limbah Baterai untuk Aplikasi Elektroda pada Supercapacitor. *Skripsi Departemen Fisika Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor*. 2014.
- Khuluk, Rifki Husnul. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (*Coconut Nucifera L*) Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru. *Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung*. 2016.
- Putra, Daud Satria. Analisis Pencemaran Limbah Cair Kelapa Sawit Berdasarkan Kandungan Logam, Konduktivitas, Tds dan Tss. *Jurnal Fisika Unand Vol. 3, NO. 2, April 2014*.
- Rahman, Riki. Optimalisasi Potensi Rumput Gajah (*Pennisetum Polystachyon*) & Sagu Sebagai Bahan Perancangan Sel Supercapacitor Berbasis Green Technology. *Skripsi Jurusan Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi Riau Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau*. 2016.
- Schneuwly, A Roland G. *Properties and Application of Supercapacitors from The State of The Art to Future Trends*. Montena Components SA, 1728 Rossens, Switzerland. 2000.
- Suwanda. *Desain Eksperimen Untuk Penelitian Ilmiah*, Bandung, Alfabeta, Hlm 1-2, 2011.
- Taer, dkk. Analisa Siklis Voltametri Supercapacitor Menggunakan Elektroda Karbon Aktif Dari Kayu Karet Berdasarkan Variasi Aktivator KOH. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2015 Vol 4, Oktober 2015*.
- Yanuar, dkk. Pengaruh Elektroda Terhadap Nilai Kapasitansi Spesifik dan 'Retained Ratio' Serbuk Gergaji Kayu untuk Pembuatan Supercapacitor. Surabaya. 2010. *Prosiding Seminar Nasional Fisika II*
- Zhang L. L., X. S. Zhao. *Carbon-Based Materials as Supercapacitor Electrodes*. *Chemical Society Reviews*. Vol. 38, pp. 2520-25, 2009.



**LAMPIRAN-LAMPIRAN**

## Lampiran 1. Contoh Perhitungan Nilai Kapasitansi Spesifik

### 1. Ayakan 38 $\mu$ (AC-38 $\mu$ )

Diketahui:

$$\begin{aligned}I_c &= 361 \text{ A} \\I_d &= -236 \text{ A} \\S &= 1 \text{ mV/s} \\M &= 0,0187 \text{ g}\end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}C_{sp} &= \frac{(I_c - (-I_d))}{S \times m} \\&= \frac{(361 - (-236)) \times 10^{-6}}{0,001 \times 0,0187} \\&= \frac{597 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-3} \times 18,7 \times 10^{-3}} \\&= \frac{597 \times 10^{-6}}{18,7 \times 10^{-6}} \\&= \frac{597}{18,7} \\&= 31,92 \text{ F/gr}\end{aligned}$$

### 2. Ayakan 53 $\mu$ (AC-53 $\mu$ )

Diketahui:

$$\begin{aligned}I_c &= 182 \text{ A} \\I_d &= -39 \text{ A} \\S &= 1 \text{ mV/s} \\m &= 0,02 \text{ g}\end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}C_{sp} &= \frac{(I_c - (-I_d))}{S \times m} \\&= \frac{(182 - (-39)) \times 10^{-6}}{0,001 \times 0,02} \\&= \frac{221 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-2}} \\&= \frac{221 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-5}} \\&= \frac{22,1}{2} \\&= 11,05 \text{ F/gr}\end{aligned}$$

3. Ayakan 100 $\mu$  (AC 100 $\mu$ )

Diketahui:  $I_c = 739 \text{ A}$   
 $I_d = -581 \text{ A}$   
 $S = 1 \text{ mV/s}$   
 $m = 0,025 \text{ g}$

Penyelesaian:  $C_{sp} = \frac{(I_c - (-I_d))}{S \times m}$   
 $= \frac{(739 - (-581)) \times 10^{-6}}{0,001 \times 0,025}$   
 $= \frac{597 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-3} \times 25 \times 10^{-3}}$   
 $= \frac{1320 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-6}}$   
 $= \frac{1320}{25}$   
 $= 52,8 \text{ F/g}$

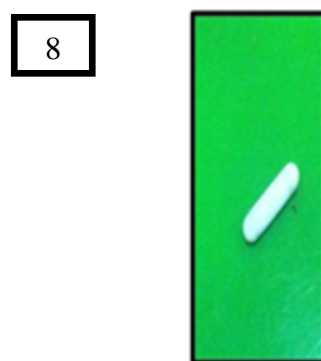
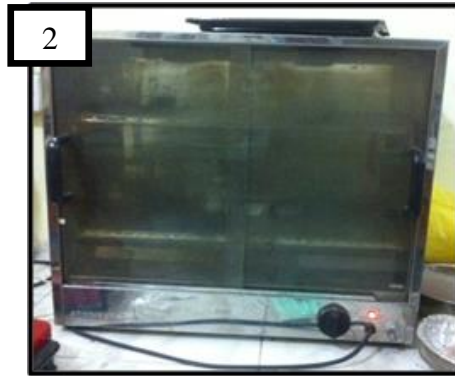
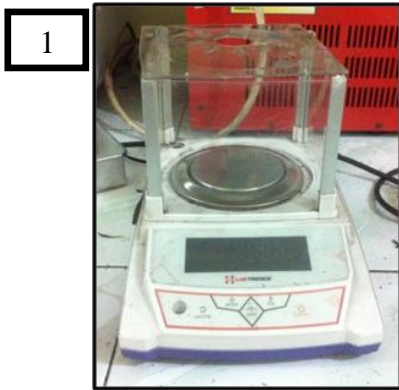
Besarnya arus charger dan arus discharger pada saat pengukuran CV mempengaruhi bentuk kurva

## LAMPIRAN 2.

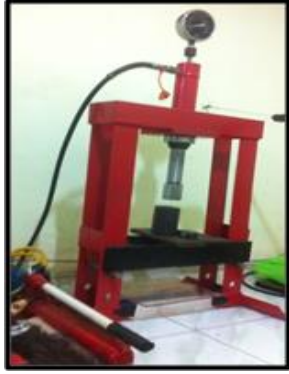
### Lampiran 1. Jadwal Kegiatan

No	Kegiatan	Bulan Ke					
		1	2	3	4	5	6
1	Persiapan alat dan bahan penelitian	■	■				
2	Proses penghancuran limbah menjadi serpihan		■	■			
3	Proses pra-karbonisasi		■	■			
4	Proses pengilingan dan pengayakan arang dan perekat alami				■		
5	Pencetakan pelet untuk elektroda dan karbonisasi					■	
6	Ujikristalin, porositas dan morfologi					■	■
7	Fabrikasi sel dan uji sifat elektrokimia					■	■
8	Analisa hasil					■	■
9	Pembuatan laporan, pembuatan makalah untuk seminar						■

### Lampiran 3. Alat dan Bahan yang Digunakan



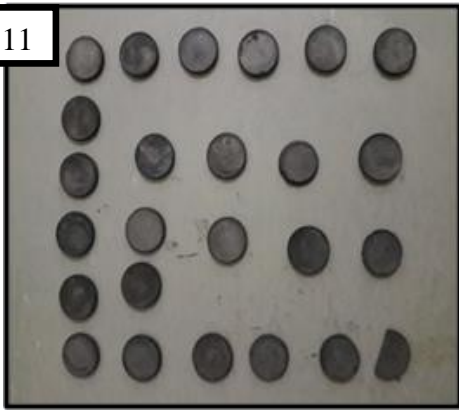
9



10



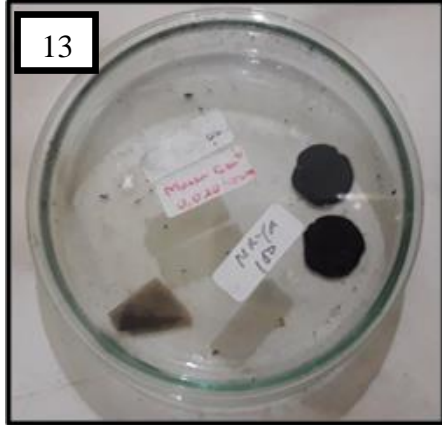
11



12



13



14



15



16





Keterangan gambar:

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| (1) Timbangan digital         | (11) Pelet elektroda karbon aktif           |
| (2) Oven 110 °C               | (12) Air Suling                             |
| (3) Oven 250 °C               | (13) Elektroda karbon aktif setelah dipoles |
| (4) Mortar                    | (14) pH meter                               |
| (5) Mesin <i>Ball milling</i> | (15) KOH                                    |
| (6) Ayakan                    | (16) Pengukuran CV                          |
| (7) <i>Hot plate</i>          | (17) Pelepah kelapa sawit                   |
| (8) Magnet Pengaduk           |   |
| (9) ) Hydraulic jack          |   |
| (10) <i>Furnace</i>           |   |

## Lampiran 4. Hasil Uji BET

### LABORATORIUM TEKNIK KIMIA

INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG  
Quantachrome TouchWin v1.2



Report date: Rab Des 13 2017 Operator: operator  
Filename: 44 Pts Full isotherm - St1\_20171211\_231050.qcuPhysIso

#### Analysis Information

##### Sample

ID pelepah sawit Weight 0,0367g  
Description maya

##### Analysis

Data ID {246591bd-b8fc-4a4b-884a-b80c3f96581b}  
Operator Date 2017.12.11 Duration 251,633min  
Instrument St 1 on NOVA touch 4LX [s/n:17017090101] Firmware 1.03  
Comments  
Ambient Temp. 26,5913°C Void Volume Mode NOVA mode Cell ID 12  
Cell Type 9mm with rod Thermal Delay 600sec Po Mode Continuous

##### Adsorbate

Name Nitrogen Molecular Weight 28,013g/mol Cross Section Area 16,2Å<sup>2</sup>/mol  
Non-ideality 6,58e-005 1/ Torr Bath Temperature 77,35K

##### Deqas information

Type Vacuum Degassing  
Operator  
Description

#### Data Reduction Parameters

Thermal Transpiration no

##### Adsorbate Model

Name Nitrogen Molecular Weight 28,0134g Cross Section Area 16,2Å<sup>2</sup>/mol  
Bath Temperature 77,35K

#### BET Multi-point BET results

Isotherm Branch Adsorption  
Slope 7.31375  
Intercept -0.0581349  
Correlation coeff., r 0.997884  
C constant -124.807  
Surface area 479.975 m<sup>2</sup>/g

#### Table - BET Multi-point BET

Relative Pressure	Volume Adsorbed @STP cc/g	1 / [ W((P/Po) - 1) ]
0.0222792	117.045	0.1558
0.0662483	129.873	0.4371
0.112879	138.263	0.7363
0.154605	142.863	1.0242
0.198518	146.775	1.3502
0.244071	150.025	1.7220
0.286462	152.718	2.1033



**Lampiran 5. Dokumentasi FGD (Fokus group Discussions) Bersama Narasumber, kolaborator UR dan grup peneliti mahasiswa**







ISBN 978-979-792-691-5

**PROSIDING**  
**SEMINAR NASIONAL FISIKA**  
**UNIVERSITAS RIAU**  
**(SNFUR)**  
**Pekanbaru, 23 September 2017**

**Editor :**

**Erman Taer**  
**Zulkarnain**  
**Agustino**

**PROSIDING SNFUR**

ISBN 978-979-792-691-5



**LPPM UNIVERSITAS RIAU** *Meneliti, Berkarya dan Mengabdikan*

---

---

# Studi Awal Pembuatan Karakteristik Elektroda Superkapasitor dari Limbah Pelepah Kelapa Sawit

Rika Taslim<sup>1</sup>  
Maya Novita Sari<sup>1</sup>, Erman Taer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Industri, UIN Suska Riau, Jl. HR Soebrantas  
KM 15 Rimba Panjang Pekanbaru Riau 28293

<sup>2</sup> Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Riau, Jl. HR Soebrantas  
KM 12,5 Simpang Baru Pekanbaru Riau 28293  
Email\*: [rikataslim@gmail.com](mailto:rikataslim@gmail.com)

## ABSTRAK

Riau sebagai provinsi penghasil sawit terbesar di Indonesia menghasilkan banyak limbah yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi piranti penyimpan energi, salah satunya superkapasitor. Salah satu penghasil elektroda superkapasitor dapat ditemui pada limbah pelepah kelapa sawit melalui serangkaian proses diantaranya, pengeringan, pra-karbonisasi, penggilingan, aktivasi kimia, pencetakan pelet dan karbonisasi aktivasi fisika. Proses karbonisasi elektroda menggunakan aliran gas N<sub>2</sub> pada temperatur 600 °C dan aktivasi fisika yang menggunakan aliran gas CO<sub>2</sub> pada temperatur 900 °C. Sifat fisis elektroda limbah pelepah kelapa sawit berupa hasil pengukuran nilai densitas sebelum dan sesudah aktivasi. Pengujian elektroda menggunakan metode *cyclic voltametry* dengan nilai kapasitansi yang dihasilkan sebesar 10,045 F gr<sup>-1</sup>.

**Kata kunci :** *pelepah kepala sawit, karbon aktif, superkapasitor*

## ABSTRACT

Riau as the largest producer of palm oil in Indonesia produces a lot of waste that has the potential to be developed into energy storage devices, one of which is superkapasitor. One of the producers of superkapasitor electrodes can be found in palm oil waste through a series of processes including, drying, pre-carbonization, milling, chemical activation, pellet printing and activation carbonization activation. The electrode carbonization process uses N<sub>2</sub> gas flow at 600 °C and physical activation using CO<sub>2</sub> gas flow at 900 °C. The physical properties of waste electrode of palm oil in the form of measurement of density value before and after activation. Electrode testing using cyclic voltametry method with the value of the resulting capacitance of 10.045 F gr<sup>-1</sup>.

**Keywords:** *palm stem, activated carbon, supercapacitors*

---

## Pendahuluan

Potensi energi terbarukan salah satunya bersumber dari biomassa. Indonesia sebagai negara agraris merupakan produsen biomassa yang sangat melimpah.

Salah satu pemanfaatan biomassa yaitu membuat piranti penyimpan energi. Tujuan utama pengembangan penelitian piranti penyimpan energi adalah mendapatkan piranti penyimpan energi yang bisa

menyimpan energi dalam jumlah yang banyak dalam waktu yang singkat, salah satunya superkapasitor. Superkapasitor merupakan suatu piranti penyimpanan energi yang dapat menyimpan muatan dengan kapasitas yang lebih besar dibandingkan dengan piranti penyimpan energi lainnya seperti kapasitor, *fuel cell*, dan baterai.

Kelapa Sawit sebagai komoditi hasil perkebunan yang mempunyai peran cukup penting dalam kegiatan perekonomian di Indonesia sebagai salah satu penghasil Devisa Negara (Indarti, 2014). Perkebunan kelapa sawit di Indonesia sebagian besar berada di pulau Sumatera (Hadiguna, 2013). Berdasarkan Provinsi, Riau merupakan provinsi penghasil minyak sawit terbesar di Indonesia dengan total luas lahan sebesar 2,2 juta ha (Taer, 2016).

Luasnya perkebunan kelapa sawit memicu banyaknya limbah yang dihasilkan. Limbah industri itu dapat berupa limbah cair, padat dan gas. Jenis limbah padat terdiri dari tandan kosong, pelepah, dan cangkang (Kamal, 2014).

Dalam satu hektar perkebunan kelapa sawit akan menghasilkan biomassa sekitar 21,63 ton yang terdiri dari 20,43% tandan buah kosong, 5,09 % cangkang kelapa sawit, 11,65% batang kelapa sawit, 50,30% pelepah kelapa sawit dan 12,53% serat yang diproduksi setahun sebagai limbah tetap (Adiansyah, dkk. 2017).

Pelepah kelapa sawit merupakan limbah yang dihasilkan dari tanaman kelapa sawit mulai dari pra panen hingga proses pemanenan, dimana untuk satu pohon kelapa sawit dapat dihasilkan 22 – 26 pelepah setiap tahunnya ( Ambarita, 2015).

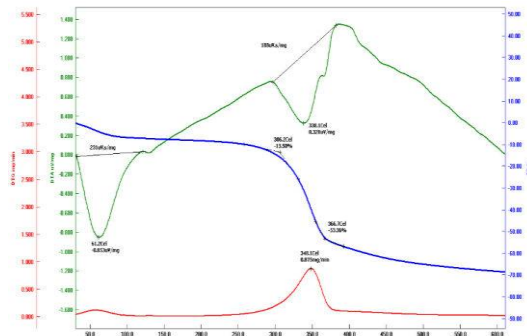
Dengan demikian, dalam penelitian ini pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku pembuatan elektroda superkapasitor merupakan hal yang menantang dimana sejauh penelitian, bahan ini belum pernah diteliti untuk digunakan sebagai elektroda superkapasitor dan juga mengingat limbah ini adalah limbah yang sangat diperhitungkan juga jumlahnya dalam perkebunan kelapa sawit khususnya di Provinsi Riau.

## Metode Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan elektroda karbon adalah limbah pelepah kelapa sawit. Pelepah dipotong dengan ukuran kecil kemudian dikeringkan kedalam oven dengan suhu 110<sup>0</sup>C. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang terdapat pada pelepah. Selanjutnya dilakukan pra-karbonisasi dengan berat sampel 30 g sehingga dihasilkan sampel berwarna kecoklatan yang siap untuk dihancurkan menggunakan mortar. Penghalusan sampel menggunakan mesin *ball milling* yang diproses selama 20 jam. Selanjutnya dilakukan pengayakan untuk menghasilkan partikel yang lebih halus.

Tahap selanjutnya adalah aktivasi kimia menggunakan KOH dengan konsentrasi 0,4 M, kemudian dilakukan penetralan menggunakan air suling. Sampel yang sudah netral diketahui dari pengukuran pH dengan nilai 7. Selanjutnya dilakukan pengeringan menggunakan oven dengan suhu 110<sup>0</sup>C.

Pencetakan pelet menggunakan *hydraulic press* dengan massa sampel 0,7 g. Proses karbonisasi dan aktivasi fisika dilakukan dalam *furnace*. Proses karbonisasi diawali pada suhu kamar hingga suhu maksimum 600 <sup>0</sup>C dengan laju aliran gas N<sub>2</sub> yang digunakan adalah 1 L/min. Setelah mencapai suhu maksimum karbonisasi, gas N<sub>2</sub> kemudian dilanjutkan dengan aktivasi fisika menggunakan gas CO<sub>2</sub> hingga suhu 900<sup>0</sup>C selama 2 jam. Ketahanan thermal pelet pelepah kelapa sawit berada pada suhu 348<sup>0</sup>C.



Gambar 1. Grafik Pengujian TGA

Preparasi elektroda sel superkapasitor menggunakan elektroda karbon pelepah kelapa sawit, separator, pengumpul arus, dan elektrolit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Pengukuran sifat elektrokimia sel superkapasitor dilakukan dengan menggunakan metode *Cyclic Voltametry* (CV). Hasil yang diperoleh berupa nilai kapasitansi sel elektrokimia dari material. Pengukuran CV menggunakan alat *Physics CV UR Rad-Er 5841* yang dikontrol dengan *software cyclic voltametry CV v6* dengan lebar potensial 0 V – 0,5 V, dan jalu scan 1 mV/s. Kapasitansi sel superkapasitor dihitung dengan menggunakan persamaan 1 (Taer dkk, 2015):

$$C_{sp} = (I_c - I_d) / (s \cdot \Delta V) \tag{1}$$

**Hasil Dan Pembahasan**

Hasil penelitian yang diperoleh berupa sifat fisis dan elektroda karbon dari limbah pelepah kelapa sawit. Sifat fisis yang dianalisa adalah densitas sebelum dan sesudah proses karbonisasi. Parameter nilai densitas ditunjukkan pada tabel 1.

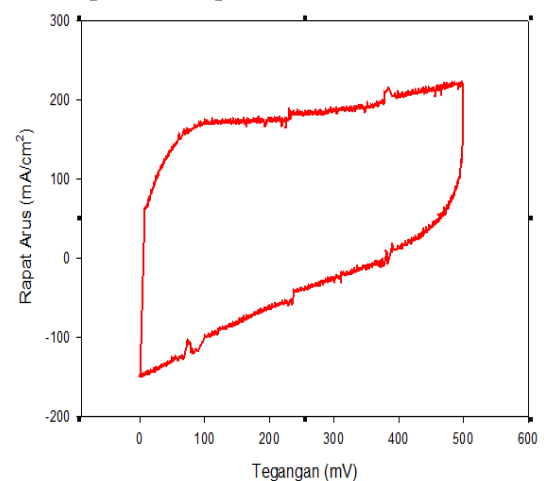
Tabel 1. Parameter nilai densitas

	Massa (gr)	Diameter (cm)	Tebal (cm)	Densitas (gr cm <sup>-3</sup> )
Sebelum	0,653	1,957	0,247	0,882
Setelah	0,219	1,408	0,177	0,760

Tabel 1 menunjukkan bahwa densitas mengalami penurunan setelah proses karbonisasi yaitu penurunan massa,

diameter, dan ketebalan elektroda. Penurunan terjadi karena pemanasan pada proses karbonisasi yang bertujuan untuk membuang bahan-bahan selain karbon dan mengurangi kadar air yang ada pada elektroda karbon. Nilai densitas yang rendah menyebabkan porositas yang menjadi besar, sehingga menyebabkan semakin banyaknya pori yang terbentuk. Hal inilah yang mempengaruhi kenaikan nilai kapasitansi dari elektroda. Densitas setelah aktivasi fisika juga mengalami penurunan karena aktivasi fisika bertujuan untuk membuka pori dengan cara menghilangkan pengotor yang menutupi pori dan membentuk pori baru.

*Cyclic Voltametry* (CV) merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan hubungan antara rapat arus *charging* (I<sub>c</sub>) dan *discharging* (I<sub>d</sub>). Gambar 2 menunjukkan hubungan antara rapat arus dan tegangan dengan laju scan 1mV pada rentang 0 sampai dengan 0,5 Volt. Pemilihan laju scan 1 mV dikarenakan pada laju scan tersebut ion akan berdifusi secara merata ke permukaan elektroda karbon sehingga nilai kapasitansi yang dihasilkan juga semakin besar. Data hasil pengukuran CV dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva CV elektroda karbon superkapasitor dengan laju scan 1 mV/s



Luas daerah  $I_c$  dan  $I_d$  yang terbentuk pada grafik mengindikasikan besarnya nilai kapasitansi spesifik yang diperoleh untuk suatu elektroda. Semakin besar luas daerah  $I_c$  dan  $I_d$  maka akan semakin besar nilai kapasitansi yang dihasilkan dari sel superkapasitor.  $I_c$  merupakan arus yang terukur ketika superkapasitor mengalami proses pengisian muatan yang ditandai dengan kurva bagian ke atas.  $I_d$  merupakan arus yang terukur ketika superkapasitor mengalami proses pengosongan muatan yang ditandai dengan kurva bagian bawah. Data yang dihasilkan dari pengukuran CV diolah untuk mengetahui nilai kapasitansi yang dihasilkan. Pengukuran nilai kapasitansi menggunakan persamaan (1)

Tabel 2. Kapasitansi Spesifik Elektroda Limbah Pelepah Kelapa Sawit

Kode Sampel	Massa (gr)	Kapasitansi Spesifik ( $F g^{-1}$ )
PS 22/23	0,022	10,045

Tabel 3. Perbandingan bagian-bagian sawit dan kapasitansi spesifik yang dihasilkan.

Bagian biomassa sawit	Kapasitansi spesifik ( $F g^{-1}$ )	Referensi
Tandan Kosong kelapa sawit	150	Farma et al, 2013
Kernel kelapa sawit	210	Misonn et al, 2015
Pelepah kelapa sawit	10	Present Study

Tabel di atas merupakan perbandingan nilai kapasitansi yang dihasilkan pada limbah bagian sawit yang pernah diteliti. Terlihat bahwasanya nilai kapasitansi spesifik limbah pelepah kelapa sawit masih bernilai kecil. Penelitian ini merupakan studi awal yang perlu dikembangkan lagi agar menghasilkan nilai densitas yang lebih kecil, ukuran partikel yang lebih kecil, luas

permukaan yang semakin besar dan kapasitansi spesifik yang lebih tinggi.

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, diperoleh bahwasanya hasil pengukuran densitas sebelum dan sesudah karbonisasi adalah  $0,882 \text{ gr cm}^{-3}$  dan  $0,760 \text{ gr cm}^{-3}$ . Sedangkan hasil pengukuran kapasitansi spesifik dengan menggunakan metode *cyclic voltametry* adalah  $10,045 \text{ F g}^{-1}$ .

### Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas dana Riset UIN Sultan Syarif Kasim dengan Peneliti utama Dr. Rika, M.Sc dan dana DP2M Dikti melalui penelitian unggulan perguruan tinggi 2017 dengan judul “Potensi Pemanfaatan Limbah Padat Perkotaan Sebagai Elektroda Superkapasitor” dengan peneliti utama atas nama Dr. Erman Taer, M.Si.

### Daftar Pustaka

Adiansyah, Darwin Yunus, Marpongahtun. 2017, Pengaruh Perendaman Serbuk Batang Kelapa sawit dengan Perekat Berbasis Polipropilena dan Polipropilena Grafting Maleat Anhidrat, *Vol. 20 No. 3, ISSN 0852-1077*.

Ambarita, Yos Pauer dkk. 2015, Pembuatan Asam Oksalat Dari Pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis*) Melalui Reaksi Oksidasi Asam Nitrat, *Jurnal Teknik Kimia USU Vol. 4, No. 4*.

Erman Taer, Widya Sinta Mustika, Sugianto, 2016, Pemanfaatan Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Karbon Aktif untuk Pembersih Air Limbah Aktivitas Penambangan Emas, *Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia*

---

---

(KFI) Jurusan Fisika FMIPA  
Universitas Riau, ISSN 1412-2960.

- E Taer, Zulkifli, Sugianto, R Syech., R Taslim, 2015, Analisa Siklis Voltametri Superkapasitor Menggunakan Elektroda Karbon Aktif Dari Kayu Karet Berdasarkan Variasi Aktivator KOH. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2015 Vol 4*.
- Fandari, Andiesta El, Arief Daryanto, Gendut Suprayitno, 2014, Pengembangan Energi Panas Bumi yang Berkelanjutan, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik Vol. 17, No. 1, 68-82*.
- Hadiguna, Rika Ampuh, Saqinah, 2013, Faktor Sukses untuk Rantai Pasok Kelapa Sawit di Provinsi Riau, *Proceding Seminar Inovasi Teknologi dan Rekayasa Industri*.