
Studi Awal Pembuatan Karakteristik Elektroda Superkapasitor dari Limbah Pelepah Kelapa Sawit

Rika Taslim¹
Maya Novita Sari¹, Erman Taer²

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

² Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Riau, Jl. HR Soebrantas
KM 12,5 Simpang Baru Pekanbaru Riau 28293
Email*: 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 N₂ pada temperatur 600 °C dan aktivasi fisika yang menggunakan aliran gas CO₂ 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⁻¹.

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 N₂ gas flow at 600 °C and physical activation using CO₂ 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⁻¹.

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).

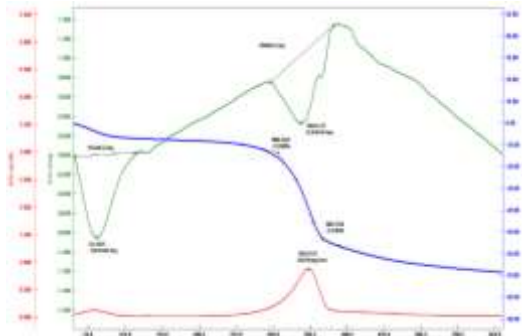
Dengan demikian, dalam penelitian ini pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku pembuatan elektroda superkapasitor merupakan hal yang menantang dimana sejauh penelitian, bahan ini belum pernah diteliti untuk digunakan sebagai elektroda superkapasitor dan juga mengingat limbah ini adalah 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 110⁰C. 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 110⁰C.

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 ⁰C dengan laju aliran gas N₂ yang digunakan adalah 1 L/min. Setelah mencapai suhu maksimum karbonisasi, gas N₂ kemudian dilanjutkan dengan aktivasi fisika menggunakan gas CO₂ hingga suhu 900⁰C selama 2 jam. Ketahanan thermal pelet pelepah kelapa sawit berada pada suhu 348⁰C.



Gambar 1. Grafik Pengujian TGA

Preparasi elektroda sel superkapasitor menggunakan elektroda karbon pelepah kelapa sawit, separator, pengumpul arus, dan elektrolit (H₂SO₄).

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.

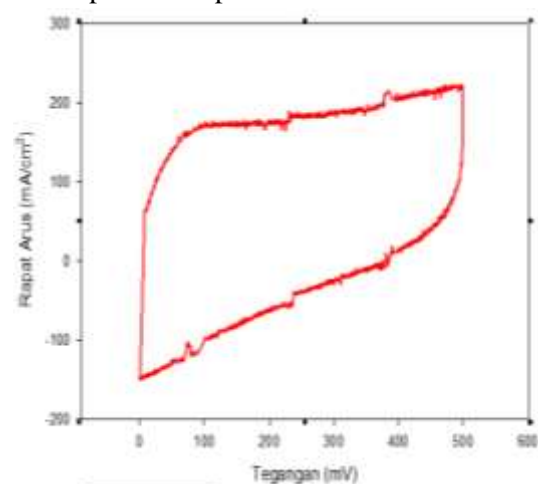
Tabel 1. Parameter nilai densitas

	Massa (gr)	Diameter (cm)	Tebal (cm)	Densitas (gr cm ⁻³)
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_c) dan *discharging* (I_d). 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*.