

## Pengaruh Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Sifat Elektrokimia Superkapasitor dari Karbon Aktif Sabut Kelapa

Ranika Dwi Asti<sup>1</sup>, Ananda Putra<sup>2</sup>

<sup>12</sup>Program Studi Kimia, Universitas Negeri Padang  
e-mail: [ranikadwii@gmail.com](mailto:ranikadwii@gmail.com)

### Abstrak

Superkapasitor atau biasa disebut *Electrochemical Double Layer Capacitor (EDLC)* merupakan perangkat penyimpanan yang terdiri dari beberapa lapisan material, yaitu elektroda, pengumpul arus, elektrolit, dan separator yang menyusunnya. Penelitian ini menggunakan karbon aktif sabut kelapa sebagai elektroda superkapasitor. Pada penelitian ini akan didapatkan pengaruh jenis elektrolit terhadap kinerja elektrokimia superkapasitor. Jenis larutan elektrolit terbaik pada superkapasitor ini adalah H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M dengan nilai kapasitansi spesifik yang besar yaitu 54,4706 F/g pada CV dan 26,8773 F/g pada GCD. Hasil karakterisasi dengan DR-UV menunjukkan bahwa nilai energi band gap dari elektroda superkapasitor optimum yaitu 1,1 eV. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan empat puncak utama yaitu -OH, C=C, S-O dan S=O.

**Kata kunci:** *Superkapasitor, Karbon Aktif, Elektrolit, Nilai Kapasitansi*

### Abstract

Supercapacitor or commonly called *Electrochemical Double Layer Capacitor (EDLC)* is a storage device consisting of several layers of material, namely electrodes, current collectors, electrolytes, and separators that compose it. This research uses coconut coir activated carbon as a supercapacitor electrode. In this study, the effect of electrolyte type on the electrochemical performance of supercapacitors will be obtained. The best type of electrolyte solution in this supercapacitor is 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> with a large specific capacitance value of 54.4706 F/g in CV and 26.8773 F/g in GCD. Characterization results with DR-UV showed that the band gap energy value of the optimum supercapacitor electrode is 1.1 eV. FTIR characterization results showed four main peaks namely -OH, C=C, S-O and S=O.

**Keywords :** *Supercapacitor, Activated Carbon, Electrolyte, Specific Capacitance*

### PENDAHULUAN

Manusia di era modern ini tidak dapat dipisahkan dari dari kebutuhan energi listrik. Diperkirakan penggunaan energi listrik akan terus meningkat 7,1% per tahun.

Peningkatan energi listrik salah satunya disebabkan oleh penggunaan alat-alat elektronik seperti tv, laptop, telepon seluler, dan lain-lain (Ode & Wahid, 2005). Kebutuhan akan barang-barang elektronik semakin meningkat, sehingga mengharuskan adanya inovasi baru untuk penyimpanan energi selain baterai dan kapasitor. Media penyimpanan yang sedang dikembangkan saat ini salah satunya adalah superkapasitor.

Superkapasitor atau biasa disebut *Electrochemical Double Layer Capacitor (EDLC)* merupakan perangkat elektrokimia yang mempunyai sifat rapat daya yang besar dan siklus daya yang panjang. Superkapasitor mempunyai banyak keunggulan dibandingkan dengan perangkat penyimpan energi lain, seperti baterai. Jumlah siklus superkapasitor lebih banyak dibanding baterai (>100000 siklus) dari segi teknisnya. Superkapasitor juga memiliki rapat energi yang besar, kemampuan penyimpanan energi yang tinggi, prinsip yang mudah serta desain yang sederhana (Kurniawati & Surawan, 2020). Dari segi mekanismenya superkapasitor lebih unggul dari baterai. Penyimpanan energi pada baterai terjadi dalam senyawa kimia yang menghasilkan muatan, sedangkan pada superkapasitor penyimpanan energi terjadi secara langsung sebagai muatan sehingga waktu pengisian dari superkapasitor lebih cepat serta umur siklus pengisian yang panjang (Li et al., 2011).

Komponen dari superkapasitor EDLC terdiri dari beberapa lapisan material, yaitu elektroda, pengumpul arus, elektrolit, dan separator yang menyusunnya. Kinerja dari superkapasitor dilihat dari sifat elektrokimianya, yaitu nilai kapasitansi spesifiknya. Kapasitansi spesifik merupakan kemampuan sistem dalam menyimpan muatan pada tegangan tertentu persatuan massa (Novitra et al., 2022). Salah satu faktor yang mempengaruhi nilai kapasitansi spesifik dari superkapasitor adalah larutan elektrolit. Elektrolit merupakan larutan yang mengandung ion berperan sebagai media elektrik konduktif. Larutan elektrolit terdiri dari asam, basa, dan garam yang dapat memberikan konsentrasi ion yang lebih tinggi dan resistensi yang lebih rendah. Elektrolit asam yang umum digunakan adalah  $H_2SO_4$  karena memiliki konduktivitas ionik yang sangat tinggi. Elektrolit basa yang umum digunakan adalah KOH karena kepadatan energi superkapasitor yang menggunakan KOH umumnya sama dengan elektrolit  $H_2SO_4$ . Meskipun larutan elektrolit asam dan basa telah banyak digunakan, namun sifat korosif mereka sangat menghambat skala besar komersialisasi, sehingga dapat juga digunakan larutan elektrolit netral seperti  $Na_2SO_4$  (Zhong et al., 2015). Oleh karena itu, untuk melihat keefektifan dari ketiga jenis elektrolit dilakukan pengujian sifat elektrokimia superkapasitor dari elektroda karbon aktif sabut kelapa dengan menggunakan Cyclic Voltammetry (CV) dan Galvanostatic Charge-Discharge (GCD), sehingga dapat ditentukan jenis elektrolit terbaik dari superkapasitor karbon aktif ini dari nilai kapasitansi spesifiknya. Elektrolit yang digunakan adalah  $H_2SO_4$  1 M, KOH 1 M,  $Na_2SO_4$  1 M.

## METODE

Peralatan yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah spatula, gelas arloji, neraca analitik, *hydraulic press*, ampas, CV (*Physic UR Rad-Er 2810*), GDC (CD-UR Rad-Er 2018), DR-UV analytikjena specord @210, FTIR PerkinElmer. Adapun bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah karbon aktif, plat stainless steel, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M, KOH 1 M, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M. Pembuatan pelet elektroda dilakukan dengan memimbang sebanyak 0,7 gram dan dijadikan pelet menggunakan *hydraulic press* pada tekanan 8 ton serta ditahan selama 2 menit. Pelet yang sudah kering di poles dengan ampas hingga ketebalan 0,2 mm dan diameter sekitar 8 mm, kemudian direndam dengan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M, KOH 1 M dan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M selama 48 jam.

Penentuan sifat elektrokimia dilakukan dengan dua elektroda yang diapit oleh plat stainless sebagai current collector menggunakan *cyclic voltammetry* dan *galvanostatic charge-discharge*. Susunan elektroda dibuat seperti *sandwich* dan diberikan pemisah dibagian tengahnya sebagai separator. Laju pemindaian yang digunakan yaitu 1 mV/s dengan rentang potensial 0-1 volt

$$C_{sp} = \frac{(I_c - I_d)}{s \cdot m}$$

Dimana C<sub>sp</sub> adalah kapasitansi spesifik (F/g), I<sub>c</sub> = arus charge (A), I<sub>d</sub> = arus discharge (A), s = scan rate (mV/s) dan m = massa elektroda (g). Persamaan tersebut digunakan pada pengujian menggunakan CV. Pada penggunaan GCD untuk mencari nilai kapasitansi spesifik digunakan rumus yang berbeda, sebagai berikut:

$$C_{sp} = \frac{I \times \Delta t}{\Delta V \times m}$$

Dimana adalah kapasitansi spesifik (F/g), I = arus yang diberikan, Δt = waktu pengosongan *charge-discharge*, ΔV = potensial, dan m = massa rata-rata bahan aktif dalam elektroda. Elektroda superkapasitor dengan perendaman larutan elektrolit optimum yang dapat disebut sebagai elektroda superkapasitor optimum dikarakterisasi dengan *Diffuse Reflectance-UV* (DR-UV) dan *Fourier Transform InfraRed* (FTIR).

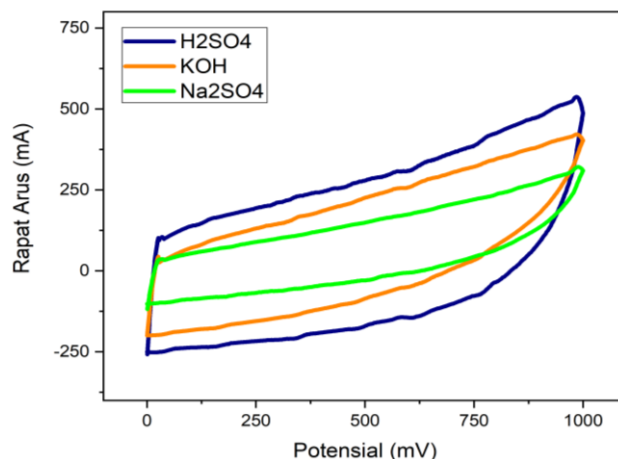
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Elektrolit terhadap Sifat Elektrokimia Sel Superkapasitor

Pengujian sifat elektrokimia sel superkapasitor dilakukan dengan metode *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Galvanostatic Charge-Discharge* (GCD). Untuk melihat pengaruh elektrolit terhadap sifat elektrokimia sel superkapasitor dilakukan pengujian dengan perbandingan 3 elektrolit, yaitu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M, KOH 1 M, dan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M.

*Cyclic Voltammetry* (CV) merupakan metode pengukuran sifat elektrokimia superkapasitor yang menampilkan hubungan antara arus dan tegangan (Taer et al., 2015). Analisis dengan menggunakan CV menghasilkan kurva berbentuk hysteresis artinya semakin lebar bentuk kurvanya maka nilai kapasitansi yang dihasilkan juga akan semakin besar. Kurva yang dihasilkan merupakan hubungan dari rapat arus (A) dan tegangan (V). Rentang tegangan yang digunakan pada penelitian ini adalah 0-1 V. Rapat arus terbagi 2, yaitu arus *charge* (I<sub>c</sub>) dan arus *discharge* (I<sub>d</sub>). Laju pemindaian yang digunakan adalah 1 mV/s yang berarti tegangan dinaikan sebesar 1 mV setiap 1

detik hingga mencapai tegangan 1000 mV atau 1 V. Grafik CV untuk sel superkapasitor dari karbon aktif sabut kelapa dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 1. Grafik CV sel superkapasitor**

Gambar 1 menunjukkan kurva CV sel superkapasitor berbahan dasar sabut kelapa yang diuji dengan 3 variasi elektrolit, yaitu 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1 M KOH, dan 1M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Kurva CV yang dihasilkan berbentuk *hysteresis* miring keatas, yang menandakan adanya peningkatan arus seiring dengan pertambahan tegangan (Wang et al., 2021).

Nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan dapat dilihat dari luas daerah kurva yang terbentuk antara arus charge (I<sub>c</sub>) dan discharge (I<sub>d</sub>). semakin luas daerah kurva yang terbentuk maka nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan akan semakin besar. Selain itu, nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh massa elektroda, semakin kecil massa elektroda maka nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan akan semakin besar (Novitra et al., 2022).

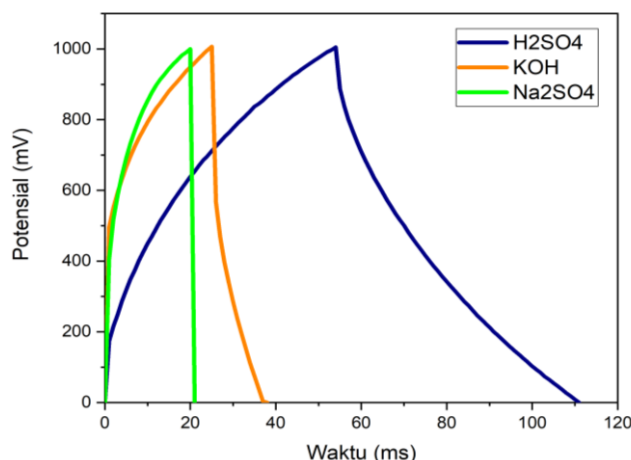
**Tabel 1. Nilai kapasitansi spesifik sel superkapasitor pada CV**

Jenis Elektrolit	C <sub>sp</sub> (F.g <sup>-1</sup> )	E (Wh kg <sup>-1</sup> )	P (W kg <sup>-1</sup> )
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	54,4706	7,5654	27,2354
KOH	38,1176	5,2941	19,0588
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20,9411	2,9085	10,4706

Berdasarkan nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan, jenis elektrolit terbaik pada sel superkapasitor dari karbon aktif sabut kelapa secara berurutan adalah H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> > Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> > KOH. Hal ini membuktikan bahwa kinerja elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> menunjukkan kinerja yang optimum dibandingkan dengan elektrolit lain. Sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa elektrolit asam memberikan nilai kapasitansi spesifik yang lebih besar daripada basa dan garam, karena memiliki konduktivitas ion yang tinggi dan hambatan yang rendah (Awitdrus et al., 2022). Selain itu, elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terurai

menjadi  $H^+$  dan  $SO_4^-$  dalam larutan dan memiliki ukuran ion yang sangat kecil sehingga lebih banyak berdifusi ke dalam pori-pori elektroda karbon dibandingkan dengan KOH dan  $Na_2SO_4$ .

*Galvanostatic charge discharge* (GCD) merupakan metode yang juga sering digunakan untuk mengevaluasi sifat elektrokimia superkapasitor. Superkapasitor melepaskan dua titik tegangan yang ditentukan pada arus konstan (Licht et al., 2020). Plot tegangan yang dihasilkan dari waktu ke waktu adalah linear dan simetris, dengan kemiringan positif dan negatif. Grafik GCD untuk sel superkapasitor dari karbon aktif sabut kelapa dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 2. Grafik GCD sel superkapasitor**

Gambar 2 menunjukkan kurva GCD berbentuk segitiga simetris dengan karakteristik non-linear, hal ini mengindikasikan adanya sifat superkapasitor EDLC yang ideal pada sampel dan diikuti dengan karakteristik pseudo-kapasitif akibat dari distribusi unsur sampel yang mengandung heteroatom dari limbah biomassa yang masih tersisa saat proses karbonisasi dan aktivasi (Apriwandi et al., 2021). Elektroda dengan jenis elektrolit  $H_2SO_4$  1 M menunjukkan waktu charge-discharge yang lebih lama dari elektroda dengan jenis elektrolit KOH 1 M, dan  $Na_2SO_4$  1 M.

**Tabel 2 . Nilai kapasitansi spesifik sel superkapasitor pada GCD**

Jenis Elektrolit	Csp (F.g <sup>-1</sup> )
$H_2SO_4$	26,8773
KOH	6,1299
$Na_2SO_4$	0,4715

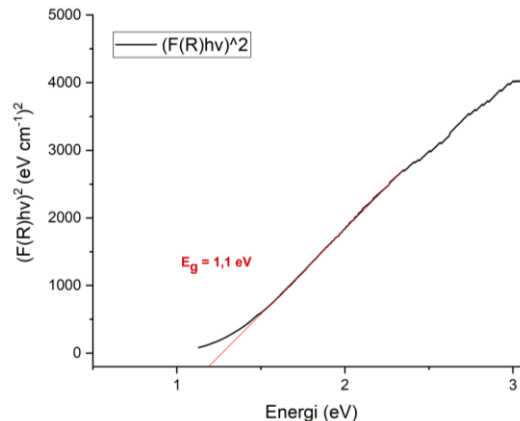
Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai kapasitansi spesifik tertinggi adalah 26,8773 F.g<sup>-1</sup> dari jenis elektrolit asam, yaitu  $H_2SO_4$  1 M. Hal ini dapat terjadi karena elektroda dengan elektrolit asam dapat diisi dengan lebih banyak ion dari elektrolit, dibandingkan dengan basa dan garam, jenis elektrolit basa dan garam yang digunakan adalah KOH 1 M dan  $Na_2SO_4$  1 M (Taer et al., 2015). Selain itu sampel dengan dengan

elektrolit basa dan garam memiliki waktu pengosongan yang lebih pendek dari pada sampel dengan elektrolit asam. Sampel dengan elektrolit asam memiliki waktu pengosongan yang lama sehingga kapasitansi spesifik yang dihasilkan akan lebih besar. Pada analisis GCD, jenis elektrolit terbaik pada sel superkapasitor dari karbon aktif sabut kelapa secara berurutan adalah  $H_2SO_4 > KOH > Na_2SO_4$  berdasarkan nilai kapasitansi spesifiknya. Hal ini membuktikan bahwa kinerja elektrolit  $H_2SO_4$  menunjukkan kinerja yang optimum dibandingkan dengan elektrolit lain, serta hambatan yang dihasilkan pada elektrolit  $H_2SO_4$  lebih kecil. Analisa ini sama dengan analisa pada *Cyclic Voltammetry* (CV).

Berdasarkan nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan pada analisa CV dan GCD, elektrolit sangat berpengaruh pada sifat elektrokimia sel superkapasitor yaitu nilai kapasitansi spesifik. Jenis elektrolit terbaik pada sel superkapasitor dari karbon aktif sabut kelapa secara berurutan adalah  $H_2SO_4$  1 M > KOH 1 M >  $Na_2SO_4$  1 M. Hal ini membuktikan bahwa kinerja elektrolit asam menunjukkan kinerja yang optimum dibandingkan dengan elektrolit basa dan garam dengan konsentrasi elektrolit yang sama.

### Karakterisasi Elektroda Superkapasitor Analisa *Diffuse Reflectance-UV* (DR-UV)

Penentuan nilai energi celah pita (*band gap*) dilakukan menggunakan metode Kubelka Munk yang menampilkan grafik hubungan antara  $E$  (eV) pada sumbu-x dan  $F(R)hv$  di sumbu-y (Jumardin et al., 2022).



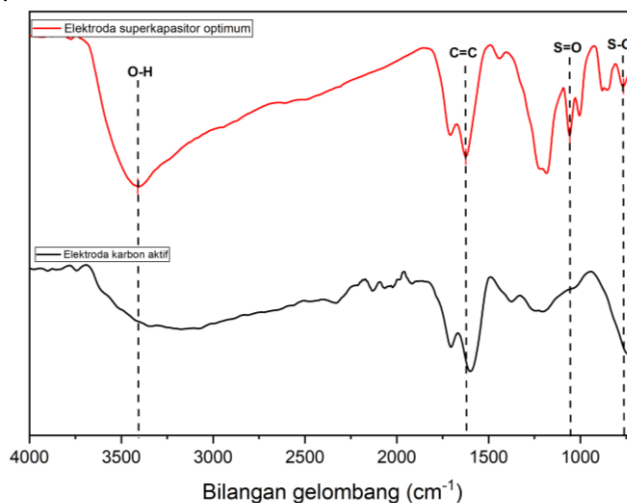
**Gambar 3. Grafik Nilai Band Gap Elektroda Superkapasitor Optimum**

Elektroda superkapasitor optimum merupakan material semikonduktor karena memiliki nilai celah pita yang berada pada rentang semikonduktor, yaitu 1,1 eV. Semikonduktor dapat berpotensi menghasilkan arus listrik dari elektron yang tereksitasi. Sebuah semikonduktor dapat menghasilkan arus listrik jika memiliki nilai *band gap* antara 0,5-1,5 eV karena nilai band gap yang kecil akan memudahkan loncatan elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Nilai *band gap* yang besar akan memberikan energi efisien yang rendah karena membutuhkan energi yang besar untuk

meloncatkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi (Aminullah et al., 2019). Hal ini menandakan elektroda superkapasitor optimum menghasilkan arus listrik besar yang dibuktikan dengan nilai kapasitansi tertinggi.

### **Analisa *Fourier Transform InfraRed* (FTIR)**

Karakterisasi ini bertujuan untuk menentukan gugus fungsi dan jenis ikatan yang terdapat pada sampel.



**Gambar 4. Grafik FTIR Karbon Aktif dan Elektroda Superkapasitor Optimum**

Pada kedua sampel terdapat daerah regangan O-H pada bilangan gelombang 3404 cm<sup>-1</sup>. Hal ini menandakan bahwa pelet bersifat higroskopis karena memiliki puncak serapan O-H dari molekul air (Syabila & Khair, 2022). Pada bilangan gelombang 1500-1650 cm<sup>-1</sup> terdapat gugus fungsi C=C aromatik yang ditunjukkan pada bilangan gelombang 1598 cm<sup>-1</sup> pada elektroda karbon aktif sedangkan pada elektroda superkapasitor optimum terjadi kenaikan daerah serapan pada bilangan gelombang 1622 cm<sup>-1</sup>. Hal ini menandakan bahwa kadar karbon yang didapatkan semakin murni setelah perendaman dengan larutan elektrolit optimum, Sehingga nilai kapasitansinya juga besar (Taer et al., 2023). Pada bilangan gelombang 1057 cm<sup>-1</sup> terdapat gugus fungsi S=O dan pada bilangan gelombang 770 cm<sup>-1</sup> terdapat gugus fungsi S-O tunggal, hal ini menandakan pelet elektroda karbon aktif yang direndam dengan larutan elektrolit optimum H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mengindikasikan telah masuknya elektrolit pada permukaan elektroda karbon aktif. Daerah gelombang antara 1128-1219 cm<sup>-1</sup> merupakan puncak serapan yang menandakan adanya gugus sulfonat yang diikuti rentangan S-O pada bilangan gelombang 750-1000 cm<sup>-1</sup> dan S=O simetri pada bilangan gelombang 1005-1060 cm<sup>-1</sup> (Ismiyati et al., 2009).

### **SIMPULAN**

Elektroda karbon aktif dari sabut kelapa telah berhasil dibuat dengan membandingkan beberapa jenis elektrolit untuk melihat kinerja elektrokimianya.



Berdasarkan nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan pada analisa CV dan GCD, jenis elektrolit sangat berpengaruh pada sifat elektrokimia sel superkapasitor yaitu nilai kapasitansi spesifik. Jenis elektrolit terbaik pada sel superkapasitor dari karbon aktif sabut kelapa berdasarkan analisa CV dan GCD adalah larutan elektrolit asam, yaitu  $H_2SO_4$  1 M yang memberikan nilai kapasitansi spesifik tertinggi dengan nilai kapasitansi spesifik masing-masing  $54,4706 F.g^{-1}$  dan  $26,8773 F.g^{-1}$ .

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aminullah, Mw., Setiawan, H., Huda, A., Samaulah, H., Haryati, S., & Bustan, Md. (2019). Pengaruh Komposisi Material Semikonduktor Dalam Menurunkan Energi Band Gap dan Terhadap Konversi Gelombang Mikro. *Jurnal EECCIS*, 13(2), 65–70. <https://jumaleeccis.ub.ac.id/>
- Apriwandi, A., Taer, E., & Farma, R. (2021). Analysis of Cyclic Voltammetry dan Galvanostatic Charge Discharge Electrode Supercapacitor based on activated carbon from Kepok Banana Leaf (*Musa balbisiana*). *Journal of Aceh Physics Society*, 10(4), 94–101. <https://doi.org/10.24815/jacps.v10i4.19491>
- Awitdrus, A., Hanifa, Z., Agustino, A., Taer, E., & Farma, R. (2022). Perbandingan larutan elektrolit  $H_2SO_4$  dan  $KOH$  pada kinerja elektrokimia bahan elektroda berbasis karbon aktif sabut kelapa muda. *Jurnal Litbang Industri*, 12(1), 15. <https://doi.org/10.24960/jli.v12i1.7206.15-20>
- Ismiyati, Suryani, A., Mangunwidjaya, D., & Erliza Hambali, dan. (2009). *Pembuatan Natrium Lignosulfonat Berbahan Dasar Lignin Isolat Tandan Kosong Kelapa Sawit : Identifikasi, Dan Uji Kinerjanya Sebagai Bahan Pendispersi*. 19(1), 25–29.
- Jumardin, Maddu, A., Santoso, K., & Isnaeni. (2022). Karakteristik Sifat Optik Nanopartikel Karbon (Carbon Dots) Dengan Metode UV-VIS DRS (Ultra Violet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy). *Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 9(1), 1–15. <https://doi.org/10.24252/jft.v9i2.28815>
- Kurniawati, N., & Surawan, T. (2020). Supercapacitor Dari Karbon Aktif Limbah Daun Teh Sebagai Bahan Elektroda. *Jurnal Teknologi*, 8(1), 76–83. <https://doi.org/10.31479/jtek.v8i1.64>
- Li, Y., Van Zijll, M., Chiang, S., & Pan, N. (2011).  $KOH$  modified graphene nanosheets for supercapacitor electrodes. *Journal of Power Sources*, 196(14), 6003–6006. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2011.02.092>
- Licht, F., Davis, M. A., & Andreas, H. A. (2020). Charge redistribution and electrode history impact galvanostatic charging/discharging and associated figures of merit. *Journal of Power Sources*, 446. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2019.227354>
- Novitra, R., Aziz, H., & Taer, E. (2022). Supercapacitors based on active carbon from spent arabica coffee ground using  $NaOH$  activators. *Journal of Aceh Physics Society*, 11(1), 33–40. <https://doi.org/10.24815/jacps.v11i1.22227>
- Ode, L., & Wahid, M. A. (2005). *Sensitivitas Analisis Potensi Produksi Pembangkit Listrik Renewable Untuk Penyediaan Listrik Indonesia*.



- Syabila, M., & Khair, M. (2022). Penurunan Celah Pita Zno Dengan Impregnasinya Pada Karbon Aktif. *Ekasakti Jurnal Penelitian & Pengabdian (Ejpp)*, 3(1), 2746–7538. <https://doi.org/10.31933/ejpp.v3i1>
- Taer, E., Riyani Butet, M., & Taslim, R. (2023). Sintesis Karbon Berpori Berbasis Daun Jeruk Nipis (*Citrus Aurentifolia* S.) Sebagai Material Elektroda Untuk Aplikasi Superkapasitor. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 20(1). <https://doi.org/10.31258/jkfi.20.1.9-18>
- Taer, E., Syech, R., & Taslim, R. (2015). *Analisa Siklis Voltametri Superkapasitor Menggunakan Elektroda Karbon Aktif Dari Kayu Karet Berdasarkan Variasi Aktivator Koh. IV*. <http://snf-unj.ac.id/kumpulan-prosiding/snf2015/>
- Wang, Y., Qiao, M., & Mamat, X. (2021). Nitrogen-doped macro-meso-micro hierarchical ordered porous carbon derived from ZIF-8 for boosting supercapacitor performance. *Applied Surface Science*, 540. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.148352>
- Zhong, C., Deng, Y., Hu, W., Qiao, J., Zhang, L., & Zhang, J. (2015). A review of electrolyte materials and compositions for electrochemical supercapacitors. In *Chemical Society Reviews* (Vol. 44, Issue 21, pp. 7484–7539). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/c5cs00303b>