

*Original paper*

## **PENGARUH AKTIVASI $ZnCl_2$ TERHADAP SIFAT FISIS DAN ELEKTROKIMIA ELEKTRODA KARBON DAUN PRASMAN (*EUPATORIUM TRIPLINERVE V*) SEBAGAI SEL SUPERKAPASITOR**

*Nidia Nahda<sup>1</sup>, Bidayatul Arminah<sup>2\*</sup>*

<sup>1</sup>Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin

<sup>2</sup>Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Indonesia

Email: [arung-lolo@fmipa.unhas.ac.id](mailto:arung-lolo@fmipa.unhas.ac.id)

Received: 10 Desember 2024; revised: 12 Januari 2025; accepted: 17 Januari 2025

### **ABSTRAK**

*Energi terbarukan menciptakan sejumlah listrik dengan variasi yang berbeda dan sulit diprediksi. Penetrasi yang luas ini dilakukan sebagai cara untuk menghemat energi. Salah satu faktor utama yang telah mendorong kemajuan pesat dalam sistem elektrokimia adalah pengembangan dua perangkat penting, yaitu baterai dan superkapasitor. Penelitian ini pembuatan karbon aktif dari daun prasman melalui proses karbonisasi pada suhu 600°C selama 1 jam dengan variasi aktivasi  $ZnCl_2$  0,1 M, 0,2 M dan 0,3 M. Karakteristik yang dilakukan meliputi analisis densitas, Fourier Transform Infrared (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD), dan Cyclic Voltammetry (CV). Hasil analisis densitas menunjukkan bahwa setiap penambahan aktivasi, nilai massa jenis yang dihasilkan mengalami penurunan. Gugus fungsi spektrum FTIR memperlihatkan adanya ikatan C yang terbentuk. Analisis XRD menunjukkan adanya struktur amorf baik sebelum maupun sesudah pirolisis. Sifat elektrokimia dari karbon daun prasman menunjukkan bahwa proses difusi yang berlangsung semakin baik seiring tinggi aktivator. Nilai kapasitansi spesifik elektroda sel superkapasitor daun prasman diperoleh hasil kapasitansi spesifik tertinggi terdapat pada aktivator 0,2 M yaitu 102,15 F/g.*

**Kata Kunci:** Karbon aktif, Biomassa, Kapasitansi, Daun Prasman, Superkapasitor

### **PENDAHULUAN**

Seiring pertumbuhan industri, kebutuhan akan energi juga semakin meningkat. Listrik kini telah menjadi bagian penting dalam gaya hidup manusia. Meskipun demikian, pemahaman akan menipisnya sumber daya fosil dan efek yang kita timbulkan terhadap lingkungan mendorong kita untuk merubah kebiasaan konsumsi, terutama dengan mengurangi emisi karbon dioksida. Energi terbarukan ini menciptakan sejumlah listrik dengan variasi yang berbeda dan sulit diprediksi. Penetrasi yang luas ini dilakukan sebagai cara untuk menghemat energi. Salah satu faktor utama yang telah mendorong kemajuan pesat

dalam sistem elektrokimia adalah pengembangan dua perangkat penting, yaitu baterai dan superkapasitor [1].

Superkapasitor adalah alat penyimpanan energi yang mirip dengan baterai. Akan tetapi, baterai memiliki beberapa kelemahan, seperti panas cepat, siklus hidup yang pendek, dan waktu pengisian yang lebih lama. Sebaliknya, superkapasitor memiliki banyak daya dan kepadatan energi, dan mereka mengisi lebih cepat dan lebih cepat daripada baterai. Pembuatan superkapasitor menggunakan bahan karbon yang memiliki kandungan kimia [2].

Saat ini, berbagai penelitian menggunakan biomassa khususnya daun untuk pembuatan elektroda superkapasitor, seperti penggunaan daun kurma sebagai bahan karbon superkapasitor dengan menggunakan elektrolit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1 M dan menghasilkan nilai kapasitansi tertinggi yaitu  $107 \text{ F.g}^{-1}$  [3]. Penggunaan biomassa daun pucuk merah (*Syzygium oleana*) sebagai bahan karbon superkapasitor dengan aktivasi KOH dan variasi suhu  $500^\circ\text{C}$ ,  $600^\circ\text{C}$  dan  $700^\circ\text{C}$ . Adapun hasil nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan  $188 \text{ F.g}^{-1}$  pada laju scan  $1 \text{ mV.s}^{-1}$  [4]. Penggunaan biomassa dari bunga tridax sebagai bahan karbon sel superkapasitor dengan larutan elektrolit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  menunjukkan penyimpanan muatan melalui muatan electron statis non-faradik pada antarmuka elektroda elektrolit. Kurva pengisian dan pengosongan mengkonfirmasi perilaku material dengan kapasitansi spesifik  $168 \text{ F.g}^{-1}$  pada kerapatan arus  $0,5 \text{ A.g}^{-1}$  [5].

Salah satu biomassa yang bisa dijadikan sebagai bahan karbon aktif adalah biomassa daun prasman (*Eupatorium triplinerve*. Vahl). Biomassa ini sering dijadikan masyarakat sebagai pengganti pagar yang dipangkas sebaik mungkin. Adapun daun prasman mengandung flavonoid, saponin dan tanin. Daun prasman yang digunakan memiliki senyawa penyusun tanin dan flavonoid. Senyawa tersebut merupakan senyawa aktif sehingga berpotensi digunakan sebagai karbon aktif [6]. Selain itu, daun prasman mengandung selulosa 50,45%, Hemiselulosa 27,03% dan lignin 13,83%. Kandungan kadar abu sebanyak 5% dan kadungan air 60% dari daun basah.

Berdasarkan uraian di atas penulis bermaksud memanfaatkan daun prasman sebagai bahan elektroda karbon untuk sel superkapasitor. Dengan variasi aktivator elektrokimia  $\text{ZnCl}_2$  0,1 M, 0,2 M dan 0,3 M. karbonisasi dengan gas  $\text{N}_2$  pada suhu  $600^\circ\text{C}$  dan aktivasi fisika pada suhu  $850^\circ\text{C}$ .

## METODE

### Persiapan elektroda karbon

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni hingga Desember 2024 bertempat di Laboratorium Material dan Energi Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin dan Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau. Aquades, daun prasman, aktivasi seng klorida ( $\text{ZnCl}_2$ ), larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , membran telur itik dan Asam Klorida (HCL) dipersiapkan untuk penelitian ini.

Daun prasman di oven dengan suhu  $250^\circ\text{C}$  selama 1 jam, dihaluskan menggunakan blender dan diayak menggunakan 100 mesh dan 200 mesh. Aktivasi kimia menggunakan  $\text{ZnCl}_2$  0,1 M, 0,2 M dan 0,3 M, diaduk menggunakan *magnetic steerier* pada suhu  $80^\circ\text{C}$  dengan kecepatan konstan 800 rpm selama 2 jam dilarutkan menggunakan aquades. Sampel didiamkan sampai suhu ruang hingga pH netral dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu  $80-100^\circ\text{C}$  selama 8 jam. Pembuatan pelet menggunakan alat hidrolik press dengan beban 8 ton sebanyak 0,7 gram selama 5 menit hingga menghasilkan pelet yang padat, kuat dan tidak mudah pecah. Pelet kemudian di karbonisasi dan diaktivasi fisis (pirolisis). Proses karbonisasi menggunakan tungku pada suhu  $600^\circ\text{C}$  dengan gas  $\text{N}_2$  selama 1 jam dan aktivasi fisika dilakukan pada suhu  $850^\circ\text{C}$  dengan gas  $\text{CO}_2$  selama 1 jam.

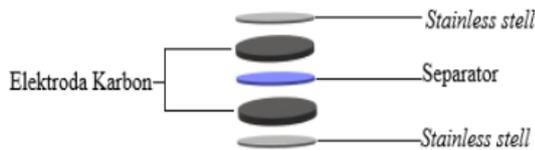
### Persiapan separator

Kulit telur dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran yang menempel dengan menggunakan aquades. Selanjutnya membran yang melekat dari kulit telur dipisahkan. Kulit telur kemudian direndam dalam 1 M HCl, dengan tujuan melarutkan  $\text{CaCO}_3$  pada kulit telur. Proses perendaman menyebabkan kulit telur melepaskan membran telurnya. Kemudian, membran

tersebut dicuci dengan aquades hingga pH membran menjadi netral. Selanjutnya, rendam membran telur dalam 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> selama 2 hari dan separator siap digunakan.

**Persiapan sel superkapasitor**

*Stainless steel* yang telah dibentuk sesuai dengan diameter elektroda, dibersihkan dengan air suling, dan dibiarkan kering hingga bersih. Elektroda karbon direndam dalam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M selama 2 hari. Membran kulit ditempatkan di antara elektroda karbon seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Pembuatan sel superkapasitor.

**Karakterisasi**

Sampel dikarakterisasi menggunakan analisis densitas untuk menentukan massa jenis elektroda karbon, XRD untuk melihat struktur kristal yang terbentuk dari karbon aktif, dan FTIR untuk menentukan gugus fungsi yang terbentuk pada elektroda karbon. Physics Cyclic Voltametry UR Rad-Er 5841 digunakan untuk menentukan kinerja yang dihasilkan dari elektroda sel superkapasitor. Kapasitansi dapat dihitung dengan persamaan (1).

$$C_{sp} = \frac{I_c - I_d}{s \times m} \tag{1}$$

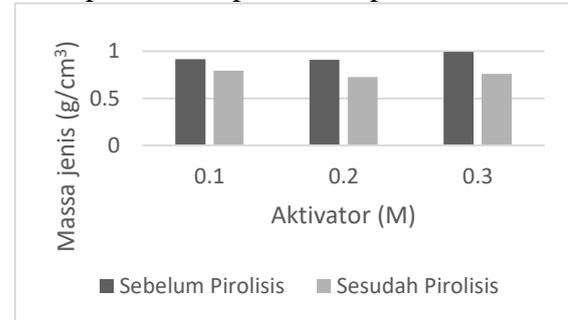
$C_{sp}$  adalah Kapasitansi spesifik (F/g),  $I_c$  adalah Arus charge (A),  $I_d$  adalah arus discharge (A),  $s$  adalah laju scan (V/s) dan  $m$  massa total karbon (g).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis massa jenis**

Nilai analisis massa jenis yang rendah akan menghasilkan porositas yang cukup tinggi sehingga jumlah penyimpanan muatannya lebih banyak. Begitupun sebaliknya,

semakin besar nilai massa jenis maka jumlah pori pada elektroda jauh lebih sedikit sehingga penyinaran muatannya lebih kecil [7]. Analisis massa jenis karbon daun prasman dapat dilihat pada Gambar 2.

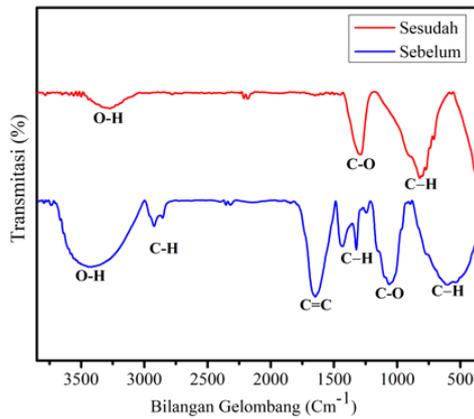


**Gambar 2.** Massa jenis sebelum dan setelah pirolisis.

Nilai massa jenis pada masing-masing elektroda sel superkapasitor sebelum dan sesudah pirolisis dengan variasi aktivator 0,1 M, 0,2 M dan 0,3 M. Nilai massa jenis sebelum pirolisis yaitu 0,918 g/cm<sup>3</sup>, 0,909 g/cm<sup>3</sup> dan 0,995 g/cm<sup>3</sup>. Penyusutan massa jenis tertinggi pada elektroda yaitu pada aktivasi 0,2 M yaitu 0,725 g/cm<sup>3</sup>. Penyusutan massa jenis tertinggi pada elektroda pada aktivasi 0,2 M yaitu 20,24%. Sedangkan penyusutan massa jenis terendah yaitu pada aktivasi 0,1 M yaitu 13,28%. Massa jenis yang semakin kecil kemungkinan memiliki pori-pori yang terbentuk semakin banyak sehingga memiliki nilai kapasitansi yang dihasilkan akan besar.

**Analisis Fourier Transform Infrared (FTIR)**

Analisis FTIR dilakukan untuk menentukan gugus fungsi yang terkandung dalam elektroda karbon dengan rentang bilangan gelombang 350 hingga 3850 cm<sup>-1</sup>. Gambar 3 menunjukkan spektrum FTIR dari daun prasman sebelum ditandai dengan garis sumbu berwarna biru dan setelah pirolisis ditandai dengan garis sumbu berwarna merah.



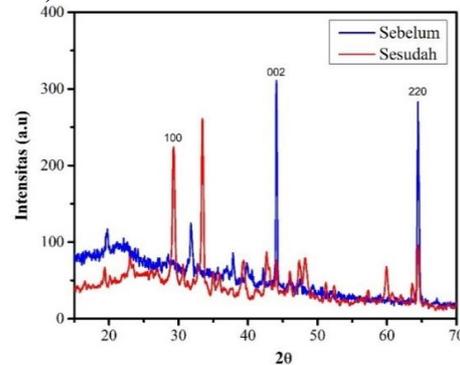
**Gambar 3.** Spektrum FTIR dari daun prasman sebelum dan sesudah karbonisasi fisika.

Analisis FTIR pada Gambar 3 menghasilkan beberapa gugus fungsi diantaranya gugus C-H pada sebelum pirolisis dengan bilangan gelombang 609  $\text{cm}^{-1}$  dan pada setelah pirolisis dengan bilangan gelombang 821  $\text{cm}^{-1}$ . Pada C-O pada bilangan gelombang 1053  $\text{cm}^{-1}$ , gugus fungsi ini disebabkan oleh lignin dan muncul sebagai hasil proses pirolisis yang tidak sempurna. Gugus C-O merupakan gugus yang biasa terdapat pada karbon aktif yang dihasilkan dari biomassa. Gugus fungsi C-H berapa pada bilangan gelombang 1323  $\text{cm}^{-1}$ . Pada bilangan gelombang 1651  $\text{cm}^{-1}$  terdapat gugus fungsi C=C yang merupakan komponen penyusun dari suatu karbon aktif yang terdiri lapisan-lapisan grafena. Pada bilangan gelombang 2926  $\text{cm}^{-1}$  terdapat gugus fungsi C-H. Pada rantai karbon utama membentuk ikatan hidroksil O-H yang disebabkan getaran regangan pada bilangan gelombang 3277  $\text{cm}^{-1}$  hingga 3446  $\text{cm}^{-1}$ . Kelipatan ikatan C pada gugus fungsi

memperlihatkan kandungan karbon lebih tinggi dibandingkan dengan unsur lain, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Analisis X-Ray Diffraction (XRD)**

Analisis XRD bertujuan untuk menentukan struktur kristal yang terbentuk dari elektroda sel superkapasitor. Gambar 4 menunjukkan kurva hubungan anatara intensitas sinar-x dan sudut hamburan ( $2\theta$ ). Analisis X'pert high Score Plus digunakan untuk menentukan fasa karbon yang terbentuk dengan pencocokan database International Center for Diffraction Data (ICDD).



**Gambar 4.** Kurva XRD daun prasman sebelum dan sesudah pirolisis.

Gambar 4 menunjukkan struktur permukaan karbon yang tidak beraturan menyebabkan pembentukan pori dengan berukuran yang bervariasi. Pola sinar XRD pada Gambar 4 memperlihatkan bahwa sebelum dan sesudah pirolisis struktur dengan adanya puncak lebar mulai dari  $16,3^\circ$  hingga  $25,5^\circ$  serta spektrum yang dihasilkan tampak tidak beraturan.

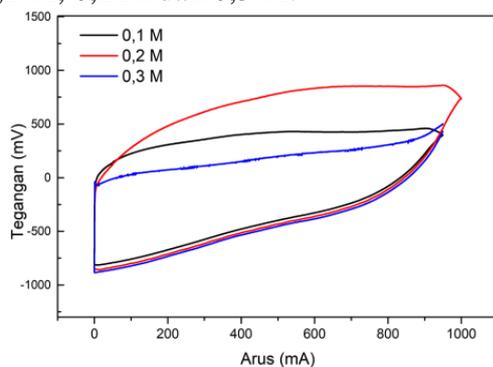
**Tabel 1.** Gugus fungsi karbon daun prasman.

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang $\text{cm}^{-1}$			Nomor Referensi
	Rentang serapan	Sebelum Pirolisis	Setelah Pirolisis	
C-H	600-900	609	821	[8]
C-O	1050-1300	1053	1292	[9]
C-H	1300-1570	1323	-	[10]
C=C	1610-1680	1651	-	[11]
C-H	2850-3000	2926	-	[10]
O-H	3200-3600	3446	3277	[12]

Spektrum sinar-X sebelum diporolis menunjukkan adanya dua puncak difraksi terlihat pada puncak  $44,1^\circ$  pada bidang (002) dan pada puncak  $67,07^\circ$  pada bidang (220) memiliki ICDD 00-049-1623 [13]. Sedangkan sesudah pirolisis memiliki dua puncak difraksi diantaranya pada puncak  $29,26^\circ$  pada bidang (100) dan pada  $33,4^\circ$  ICDD 89-83495 [8]. Adanya beberapa puncak yang tajam dikarenakan kehadiran  $\text{CaCO}_3$  sesudah pirolisis dan keberadaan senyawa ini diekstrak dari unsur biomassa daun prasman.

### Analisis Cyclic Voltametry

Cyclic Voltametry adalah suatu pengukuran yang digunakan untuk mengetahui sifat elektrokimia sel superkapasitor dengan menentukan nilai kapasitansi sfesifik dari sel superkapasitor [14]. Gambar 5 menunjukkan kurva CV berupa hubungan antara tegangan dan arus dengan laju 5 mV/s pada sampel dengan variasi aktivasi 0,1 M, 0,2 M dan 0,3 M.



**Gambar 5.** Kurva Cyclic Voltametry elektroda sel superkapasitor.

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara rapat arus dan tegangan pada pengisian dan pengosongan elektroda sel superkapasitor. Kurva dengan garis berwarna merah yaitu sampel dengan aktivasi 0,2 M memiliki luas kurva terbesar dengan nilai kapasitansi spesifik yaitu 102,15 F/g dan kurva dengan garis warna hitam yaitu sampel dengan aktivasi 0,1 M dengan nilai kapasitansi 61,45 F/g. Sedangkan kurva dengan garis

berwarna biru yaitu sampel dengan aktivasi 0,3 M yang memiliki luas kapasitansi spesifik sebesar 58,9 F/g. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak senyawa semakin lebarnya kurva yang dihasilkan. Ini berarti didapatkan arus yang lebih tinggi karena muatan ion-ion elektrolit yang ada pada permukaan elektroda. Banyaknya muatan ion-ion elektrolit mengidentifikasi bayaknya pembentukan pori-pori pada elektroda karbon. Pembentukan pori-pori dikaitkan dengan penurunan nilai densitas, dimana penurunan nilai densitas terbesar menunjukkan pembentukan pori-pori yang banyak.

### KESIMPULAN

Data sifat fisis elektroda karbon daun prasman menunjukkan bahwa kenaikan temperatur massa jenis mengalami penurunan dan gugus fungsi yang terbentuk terdapat gugus fungsi C serta menghasilkan struktur baik sebelum maupun setelah pirolisis. Sedangkan, data sifat elektrokimia dari karbon daun prasman menunjukkan bahwa proses difusi yang berlangsung semakin baik seiring tinggi temperatur karbonisasi. Nilai kapasitansi spesifik elektroda sel superkapasitor daun prasman diperoleh sebesar 61,45 F/g, 102,15 F/g dan 59,9 F/g, dan nilai aktivator 0,1 M, 0,2 M dan 0,3 M. Hasil ini menunjukkan nilai kapasitansi spesifik tertinggi terdapat pada aktivator 0,2 M yaitu 102,15 F/g. Berdasarkan hasil tersebut, elektroda karbon dari daun prasman memiliki performa yang baik digunakan sebagai alat penyimpanan energi dan merupakan salah satu material yang berpotensi untuk digunakan sebagai sel superkapasitor.

### REFERENSI

- [1] Desmagrini D, Awitdrus A, Taer E, Farma R. Synthesis of activated carbon electrodes from date seeds with a variety of separators for supercapacitor

- cell applications. *Journal of Aceh Physics Society*. 2021;10(3):53–59.
- [2] Said B, Bacha O, Rahmani Y, Harfouche N, Kheniche H, Zerrouki D, Belkhalifa H, Henni A. Activated carbon prepared by hydrothermal pretreatment-assisted chemical activation of date seeds for supercapacitor application. *Inorganic Chemistry Communications*. 2023;155:111012.
- [3] Mahfoz W, Shah SS, Aziz MA, Al-Betar AR. Fabrication of high-performance supercapacitor using date leaves-derived submicron/nanocarbon. *Journal of Saudi Chemical Society*. 2022;26(6):101570.
- [4] Taer E, Apriwandi A, Taslim R, Agutino A, Yusra DA. Conversion *Syzygium oleana* leaves biomass waste to porous activated carbon nanosheet for boosting supercapacitor performances. *Journal of Materials Research and Technology*. 2020;9(6):13332–13340.
- [5] Wiston BR, Ashok M. Tridax procumbens flowers derived carbon as electrode material in aqueous supercapacitor. *Materials Letters: X*. 2021;12:100109.
- [6] Wangkanusa D, Lolo WA, Wewengkang S. Uji aktivitas antibakteri dari ekstrak daun prasman (*Eupatorium triplinerve* Vahl.) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa*. *PHARMACON: Jurnal Ilmiah Farmasi-UNSRAT*. 2016;5(4):203-210.
- [7] Taer E, Sukmawati, Apriwandi A, Taslim R. 3D meso-macroporous carbon derived spruce leaf biomass for excellent electrochemical symmetrical supercapacitor. *Materials Today: Proceedings*. 2023;87:32–40.
- [8] Wai HS, Li C. Effect of Aluminum Doping Ratios on the Properties of Aluminum-Doped Zinc Oxide Films Deposited by Mist Chemical Vapor Deposition Method Applying for Photocatalysis. *Nanomaterials*. 2022;12(2):195.
- [9] Elina R, Cintya Rori D, Khair M. Karakterisasi FTIR pada Karbon Aktif Terimpregnasi ZnO. *J Pendidik Tambusai*. 2023;7(3): 23827–23831.
- [10] Farma R, Julita RI, Apriyani I, Awitdrus A, Taer E. ZnCl<sub>2</sub>-assisted synthesis of coffee bean bagasse-based activated carbon as a stable material for high-performance supercapacitors. *Materials Today: Proceedings*. 2023;87:25–31.
- [11] Perdani FP, Riyanto CA, Martono Y. Karakterisasi Karbon Aktif Kulit Singkong (*Manihot esculenta* Crantz) Berdasarkan Variasi Konsentrasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan Lama Waktu Aktivasi. *IJCA: Indonesian Journal of Chemical Analysis*. 2021;4(2):72–81.
- [12] Yunus R, Mikrianto E, Abdurrahman H, Jaya AK. Karakteristik arang aktif eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dengan aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, dan KOH. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*. 2021;6(3).
- [13] Li J, Wang L, Cao D. Investigation on spectroscopy characteristics of different metamorphic degrees of coal-based graphite. *Frontiers in Earth Science*. 2024;12: 1413019.
- [14] Novitra R, Aziz H, Taer E. Supercapacitors based on active carbon from spent arabica coffee ground using NaOH activators. *Journal of Aceh Physics Society*. 2022;11(1):33–40.