

Pemanfaatan Karbon Aktif Limbah Sabut Pinang (*Areca catechu* L) Sebagai Material Termoelektrik Sistem C/CuO

Karina Ventika Sari¹, Ananda Putra*²

Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang

Jln Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang, Indonesia

anandap@fmipaunp.ac.id

Abstract — Material termoelektrik merupakan suatu material yang dapat mengubah energi panas menjadi listrik. Pada penelitian ini dilakukan pemanfaatan karbon aktif limbah sabut pinang (*Areca catechu* L) sebagai material termoelektrik. Komposit karbon aktif – CuO dibuat dengan mencampurkan karbon aktif dengan CuO menggunakan berbagai perbandingan massa (gram). Selanjutnya, terhadap komposit karbon aktif - CuO dilakukan pengujian tegangan listrik (efek seebeck), konduktivitas listrik dan daya hantar panas. Untuk melihat bentuk dan struktur kristal dilakukan karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) dan untuk mengetahui komposisi kimia digunakan karakterisasi *X-Ray Fluorescence* (XRF). Pada pengujian ini, didapatkan bahwa material komposit dengan perbandingan massa 0,5 gram karbon aktif dan 1 gram CuO merupakan material terbaik sebagai material termoelektrik karena mempunyai nilai konduktivitas listrik tinggi sebesar 0,0913 MΩ·cm- dengan daya hantar panas yang rendah yaitu 4,96 J/s serta tegangan listrik (efek seebeck) sebesar 14,44 x 10⁻³ mV/K. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa bentuk struktur dari komposit karbon aktif – CuO berbentuk amorf kristal yang tidak berubah bentuk kristal dari CuO dan karakterisasi XRF menunjukkan tidak ada komposisi baru yang terbentuk pada material.

Keywords — Sabut pinang, material termoelektrik, karbon aktif, tembaga (II) Oksida.

I. PENDAHULUAN

Manusia tidak bisa dipisahkan dengan energi listrik dalam menjalani kehidupan, sehingga peningkatan dalam konsumsi listrik nasional dapat dipastikan terus terjadi. Dari data diketahui bahwa di tahun 2019 konsumsi listrik nasional mencapai 1.084 kWh/kapita, artinya terjadi peningkatan penggunaan energi listrik sebesar 174 kWh/kapita jika dibanding penggunaan tahun 2015 sebesar 910 kWh/kapita. Peningkatan ini terjadi sejalan dengan tersedianya listrik di wilayah Indonesia hampir 95% [1].

Energi listrik adalah energi yang dapat dengan mudah diubah menjadi bentuk energi lain. Saat ini, kebutuhan energi khususnya energi listrik terus berkembang pesat, bahkan di luar perkiraan. Hal ini sebagai dampak meningkatnya segala aktivitas kehidupan dengan energi listrik [2].

Di Indonesia terdapat beberapa sumber energi yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Energi listrik terbagi menjadi dua jenis yaitu pembangkit listrik berkapasitas makro, biasanya menggunakan energi air, uap, gas dan nuklir dan pembangkit listrik berkapasitas mikro, salah satunya menggunakan energi panas. Energi panas berasal dari sinar matahari dan benda-benda yang melepaskan panas seperti setrika, panas dari pembakaran dapur industri dan gas buang kendaraan bermotor [3].

Material termoelektrik dapat digunakan untuk mengganti energi panas menjadi energi listrik [4]. Idealnya, material

termoelektrik memiliki efek *Seebeck* dan konduktivitas listrik yang tinggi, dan konduktivitas termal yang rendah [5]. Adapun material yang digunakan sebagai material termoelektrik salah satunya karbon aktif. Karbon aktif mempunyai keunggulan seperti tidak beracun biaya yang tidak mahal serta memiliki luas permukaan yang tinggi [6]. Karbon aktif memiliki konduktivitas listrik yang rendah, sehingga dicari alternatif untuk mendapatkan material dengan konduktivitas panas yang rendah dan konduktivitas listrik yang tinggi yaitu mengkompositkan karbon aktif dengan material yang memiliki nilai konduktivitas listrik yang tinggi seperti tembaga (II) oksida (CuO) [7]. Tembaga (II) oksida (CuO) adalah salah satu oksida logam yang banyak ditemukan di alam dan memiliki harga yang murah dan telah digunakan dalam banyak aplikasi seperti perangkat elektronik, gas sensor baterai, bidang emisi serta konversi energi surya. CuO memiliki *band gap* yang kecil yakni 1,2 eV hampir dekat dengan *band gap* semikonduktor yang sering digunakan sebagai material termoelektrik [8].

Berdasarkan latar belakang tersebut penulis tertarik melakukan penelitian tentang komposit karbon aktif sabut pinang - CuO. Diharapkan dengan menggunakan material komposit karbon aktif sabut pinang - CuO sebagai material termoelektrik dapat dijadikan suatu bagian dari material termoelektrik dengan kualitas yang baik, ramah lingkungan serta ekonomis.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat

Dalam melakukan percobaan ini dibutuhkan alat berupa batang pengaduk, cawan porselen, spatula, lumpang dan alu, pipet tetes, gelas kimia (50 ml, 100 ml, 500 ml), gelas ukur (10 ml dan 50 ml), statif, botol semprot, mantel pemanas, kondensor, labu refluk, furnace, oven, magnetic stirrer, power supply, klem, termometer, multimeter digital, kabel listrik, neraca analitik, pipa plastik, parang, penjepit buaya, pisau, XRD dan XRF PANalytical Epsilon3.

B. Bahan

Sabut pinang (*Areca catechu* L), serbuk tembaga (II) oksida (CuO) murni, aluminium foil, plat aluminium, gliserol, plat tembaga, kertas saring Whatman No.42, kertas indikator (pH), ZnCl₂ 25 % dan aquades.

C. Karbonisasi dan Aktivasi Sabut Kelapa

Tahap karbonisasi sabut pinang dimulai dengan proses pembakaran dalam furnace pada suhu 350 °C selama 30, 45, 60 dan 75 menit dengan cawan penguap yang dibungkus aluminium foil dan didinginkan dalam desikator [9]. Kemudian pengujian untuk karakterisasi karbon berdasarkan SNI No. 06-3720-1995. Metode dari masing – masing pengujian karakterisasi karbon aktif sabut pinang dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Kadar Air

Karbon sebanyak 1 gram dimasukkan ke cawan porselen yang telah dikeringkan dan diketahui beratnya, selama 1 jam dipanaskan di dalam oven dengan suhu 105 °C, simpan di dalam desikator dan timbang. Berikutnya hitung kadar air:

$$\text{Kadar air} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

Dimana:

a = berat awal (gram)

b = berat akhir (gram)

2. Kadar Abu

Karbon dimasukkan ke dalam kurs porselen. Kemudian dimasukkan kedalam furnace dari suhu ruang hingga 900 °C lalu tunggu selama 2 jam. Kemudian didinginkan dengan disimpan di dalam desikator kemudian timbang. Hitung kadar abu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

3. Kadar Uap

Karbon dimasukkan ke dalam kurs porselen sebanyak 1 gram. Kemudian karbon aktif dipanaskan dari suhu ruang hingga suhu diatas suhu kalsinasi 10 °C dalam furnace. Dinginkan sampel didalam furnace tanpa adanya kontak dengan udara luar. Masukkan ke dalam desikator dan timbang. Hitung kadar uap dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar uap} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

4. Kadar Karbon Terikat

Kandungan karbon terikat dapat diperoleh dari pengurangan bagian yang hilang dalam pemanasan saat pengujian kadar uap dan abu.

$$\text{Karbon terikat} = 100\% - (\text{Kadar Abu} + \text{Kadar Uap})$$

Dimana:

A = persentase hasil kadar abu

B = persentase hasil kadar uap

5. Daya Serap Iod

Sampel dimasukan ke dalam erlenmeyer dengan sebanyak 0,25 gram, kemudian larutan iodin 0,1 N ditambahkan sebanyak 25 ml. Selanjutnya dishaker selama 15 menit pada temperatur ruang lalu disaring. Filtrat hasil penyaringan diambil 10 ml kemudian titrasi dengan Na₂S₂O₃ 0,1 N. Jika larutan sudah berwarna kekuningan atau kuning gading maka tambahkan kanji 1%. Titrasi hingga larutan berwarna bening.

$$\text{Daya serap iod (mg/g)} = \frac{(10 - \frac{V \times N}{0,1}) \times 12,69 \times 5}{W}$$

Dimana:

V = banyak Na₂S₂O₃ yang digunakan (ml)

N = normalitas Na₂S₂O₃

12.69 = jumlah iod sesuai dengan 1 ml larutan natrium tiosulfat 0,1N

W = berat karbon

6. Preparasi Komposit Karbon Aktif – CuO

Karbon aktif dari sabut pinang dicampurkan bersamaan dengan serbuk CuO dengan menggunakan rasio perbandingan massa (gram) 1:1, 1:0,5, 0,5:1. Pada saat suhu 90 °C campuran direfluks sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 1 jam dengan pelarut aquades, selanjutnya disaring menggunakan kertas saring Wattman no. 42 kemudian di oven menggunakan suhu 105 °C selama 1 jam. Kemudian komposit disimpan dalam wadah plastik [10].

7. Percetakan Material

Sampel dengan beberapa variasi perbandingan massa ditambahkan tetes demi tetes gliserol sampai campuran membentuk pasta, lalu dicetak dengan ukuran tebal x lebar x panjang sebagai berikut 1 cm x 3 cm x 5 cm. Setelah itu tancapkan 4 buah batang logam tembaga ke material yang telah dicetak, lalu dipanaskan 120 °C secara perlahan selama 1 jam, dinginkan sampai temperatur kamar.

8. Pengujian Konduktivitas Listrik

Pengujian konduktivitas listrik dilakukan dengan mengalirkan komposit karbon aktif - CuO ke salah satu batang logam pada material dengan tegangan 5 Volt sedangkan arus listrik diukur dengan batang logam lain menggunakan multimeter digital.

9. Daya Hantar Panas

Pengujian daya hantar panas dilakukan dengan mengalirkan panas pada bagian bawah material yang telah dicetak (T2) dengan berbagai variasi suhu yaitu 40 °C, 60 °C, 80 °C dengan menggunakan hot plate. Setelah 15 menit, panas pada daerah atas material diukur menggunakan termometer (T1).

$$H = \frac{Q}{t}$$

10. Pengujian Efek Seebeck

Pengujian dilakukan dengan pengaliran panas pada daerah bawah material pembanding (CuO murni) dengan menggunakan beberapa variasi suhu 40 °C, 60 °C, 80 °C yang dihubungkan dengan lempengan aluminium. Pada daerah atas material sampel dan material pembanding diberi lempengan tembaga yang keduanya dihubungkan langsung ke multimeter guna mengukur tegangan listrik yang dihasilkan [4]

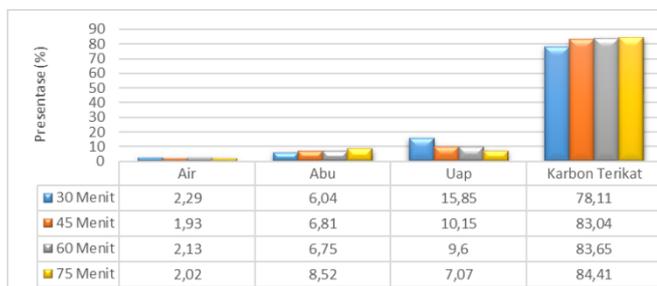
$$V = I \times R$$

D. Karakterisasi

Komposit karbon aktif-CuO dikarakterisasi dengan XRD untuk mengetahui adanya gugus fungsi dan XRF untuk mengetahui komposisi kimia.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karbonisasi, Aktivasi dan Karakteristik



Gambar 1. Grafik Karakteristik Karbon Sabut Pinang

Berdasarkan paparan grafik di atas dapat dilihat karbon dengan lama waktu karbonisasi 75 menit pada suhu 350 °C memenuhi standar SNI.

Kandungan air pada karbon tidak melewati batas yang telah ditetapkan yaitu 15%. Persentase kandungan air yang didapat 2,02%. Kadar abu yang didapat 8,52 % kadar abu yang diperoleh sesuai dengan SNI yaitu maksimal 10%. Kadar uap di dapat yaitu 7,07% kadar uap merupakan hasil dari telah menguapnya zat penyusun atau terdekomposisinya zat penyusun pada saat proses pengarangan. Karbon terikat dalam rentang 84,41 %. Uji ini bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak karbon yang didapatkan. Kadar karbon terikat dipengaruhi oleh terdekomposisinya zat penyusun pada saat proses pengarangan dan kadar abu.

Pada suhu 350 °C dan waktu 75 menit merupakan waktu optimum karbonisasi karbon sabut pinang. Hal ini dikarenakan waktu 75 menit didapatkan kadar karbon terikat paling tinggi artinya banyak terdapat karbon murni di waktu tersebut.

Selanjutnya dilakukan aktivasi karbon sabut pinang dengan aktivator ZnCl₂ 25% dengan variasi waktu 6 jam, 7 jam dan 8 jam hal ini bertujuan untuk memperbesar volume luas permukaan dan pori-pori karbon.



Gambar 2. Grafik Karakteristik Karbon Aktif Sabut Pinang

Daya serap karbon terhadap iodin berhubungan dengan luas permukaan. Kemampuan daya serap karbon berbanding lurus dengan luas permukaan. Hasil pengaruh daya serap karbon ditunjukkan pada grafik berikut:

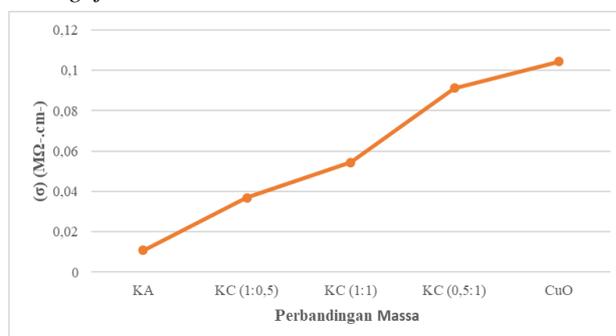


Gambar 3. Grafik Daya Serap Iodin

Berdasarkan grafik di atas diketahui bahwasannya daya serap iod tertinggi pada karbon dengan lama karbonisasi 75 menit yaitu sebesar 1336,58 mg/g dan waktu aktivasi 8 jam yaitu sebesar 1467,94 mg/g. Daya serap iod meningkat seiring dengan lamanya waktu karbonisasi dan waktu aktivasi.

Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa karbon optimum diperoleh pada lama karbonisasi 75 menit dan waktu aktivasi 8 jam.

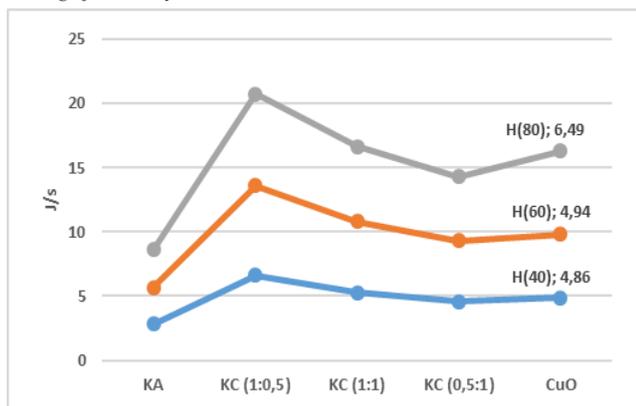
B. Pengujian Konduktivitas Listrik



Gambar 4. Grafik Konduktivitas Listrik

Berdasarkan grafik di atas pengujian konduktivitas listrik menunjukkan bahwa karbon aktif menghasilkan konduktivitas listrik yang sangat kecil yaitu 0,0108 MΩ-cm, karbon aktif memiliki konduktivitas listrik yang kecil karena bukan suatu material semikonduktor ataupun konduktor yang dapat menghantarkan listrik [11]. Penambahan CuO terhadap karbon aktif memberi pengaruh terhadap material komposit karbon aktif. Hal ini dapat dilihat pada grafik peningkatan nilai konduktivitas listrik dari material komposit tersebut. Semakin besar komposisi massa dari CuO pada material komposit maka semakin besar pula nilai konduktivitas listrik yang dihasilkan. Dari grafik di bawah dapat disimpulkan bahwa material komposit perbandingan massa 0,5 gram karbon aktif dan 1 gram CuO menghasilkan konduktivitas listrik dengan nilai yang paling tinggi yaitu 0,0913 MΩ-cm-, sehingga dapat dipilih perbandingan komposisi massa ini merupakan yang paling baik. Pada material termoelektrik semakin tinggi nilai dari konduktivitas listrik yang dihasilkan maka semakin baik material termoelektrik [12].

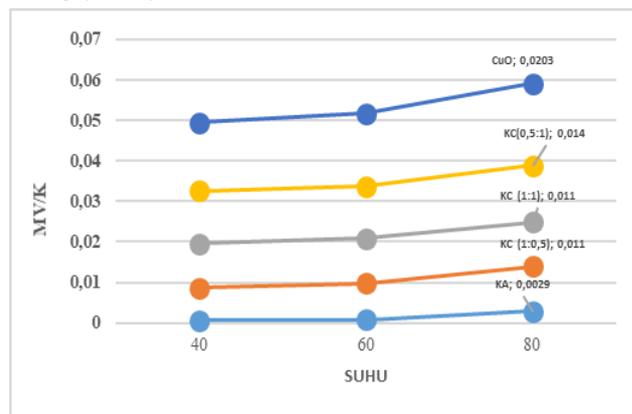
C. Pengujian Daya Hantar Panas



Gambar 5. Grafik Pengujian Daya Hantar Panas

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan semakin tinggi suhu yang diberikan maka daya hantar panas suatu material semakin tinggi. Karbon aktif memiliki daya hantar panas yang rendah yaitu 2,92 J/s pada suhu 80 °C sedangkan CuO murni memiliki daya hantar panas yang tinggi yaitu 6,49 J/s pada suhu 80 °C. Penambahan CuO terhadap karbon aktif pada material komposit dapat menurunkan nilai daya hantar panas pada material komposit tersebut karena karbon aktif mempunyai kemampuan yang sangat baik dalam melakukan penyerapan panas. Dari grafik dibawah dapat disimpulkan material komposit dengan perbandingan 0,5 gram karbon aktif dan 1 gram CuO merupakan yang paling baik karena memiliki daya hantar panas 4,96 J/s pada suhu 80 °C. Ini sesuai dengan yang diharapkan bahwa dengan penambahan karbon aktif dapat menurunkan daya hantar panas dari CuO.

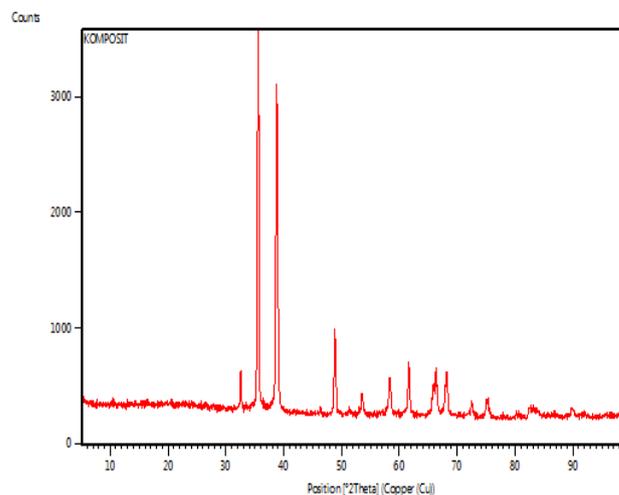
D. Pengujian Efek Seebeck



Gambar 6. Grafik Pengujian Efek Seebeck

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa pengujian tegangan listrik didapatkan bahwa karbon aktivasi memiliki tegangan listrik 2,91 x 10⁻³ mV/K, dibandingkan dengan CuO murni menghasilkan tegangan listrik 20,39 x 10⁻³ mV/K. Penambahan CuO terhadap karbon aktif pada material komposit memberi peningkatan pada konduktivitas listrik. Semakin besar komposisi massa dari CuO pada material komposit maka semakin besar juga nilai tegangan listrik yang dihasilkan. Pada grafik dibawah dapat disimpulkan bahwa material komposit dengan perbandingan massa 0,5 gram karbon aktif dan 1 gram CuO merupakan yang paling baik karena menghasilkan tegangan listrik sebesar 14,44 x 10⁻³ mV/K pada suhu 353 K.

E. Karakterisasi XRD



Gambar 7. Grafik Spektrum XRD

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa bentuk spektrum XRD dari komposit karbon aktif – CuO bentuknya amorf dan kristal karena penambahan karbon aktif terhadap CuO tidak terlalu mempengaruhi ataupun merusak bentuk struktur kristal dari CuO.

F. Karakterisasi XRF

TABEL 1.
KOMPOSISI KIMIA KOMPOSIT KARBON AKTIF - CUO

Compound	KA-CuO
Al ₂ O ₃	0,656
SiO ₂	3,788
P ₂ O ₅	1,913
K ₂ O	0,045
CaO	0,756
TiO ₂	0,026
Fe ₂ O ₃	0,166
CuO	92,074
SrO	0,012
Ag ₂ O	0,385
BaO	0,007
Cl	0,035
NiO	0,087

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Karbon aktif limbah sabut pinang dibuat memenuhi SNI 06-3730-1995 yaitu karbon aktif yang dibuat pada suhu 350°C dan diaktivasi dengan cara direndam selama 8 jam.
2. Material Komposit dengan perbandingan massa 0,5 gram karbon aktif dan 1 gram CuO adalah material terbaik sebagai material termoelektrik karena mempunyai nilai konduktivitas listrik 0,0913 MΩ.cm dengan daya hantar panas yang kecil sebesar 4,96 J/s dan tegangan listrik (efek seebeck) sebesar 14,44 x 10⁻³ mV/K serta bentuk struktur amorf dan kristal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas lancarnya pelaksanaan penelitian ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada bapak Ananda Putra, M.Si., P.hD selaku dosen pembimbing atas arahan dan bimbingan serta telah memberikan kesempatan untuk melakukan riset ini. terimakasih juga saya sampaikan Bapak/Ibu tenaga akademik maupun non akademik Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang yang telah memberikan serta mengizinkan fasilitas laboratorium kimia dalam penyelesaian riset ini dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Lidwina, "Konsumsi Listrik Nasional Terus Meningkat," p. 2020, 2020.
- [2] S. Manan, "Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif yang Efisien, Handal dan Ramah Lingkungan di Indonesia," *Energi Matahari Sumber Energi Altern. Yang Efisien, Handal Dan Ramah Lingkung. Di Indones.*, pp. 31–35, 2009.
- [3] M. Khalid, M. Syukri, and M. Gapy, "Pemanfaatan Energi Panas Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Kecil Dengan Menggunakan Termoelektrik," vol. 1, no. 3, pp. 57–62, 2016.
- [4] S. B. Riffat and X. Ma, "Thermoelectrics: A review of present and potential applications," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 23, no. 8, pp. 913–935, 2003, doi: 10.1016/S1359-4311(03)00012-7.
- [5] J. C. Zheng, "Recent advances on thermoelectric materials," *Front. Phys. China*, vol. 3, no. 3, pp. 269–279, 2008, doi: 10.1007/s11467-008-0028-9.
- [6] R. Kiani, F. Mirzaei, F. Ghanbari, R. Feizi, and F. Mehdipour, "Real textile wastewater treatment by a sulfate radicals-Advanced Oxidation Process: Peroxydisulfate decomposition using copper oxide (CuO) supported onto activated carbon," *J. Water Process Eng.*, vol. 38, no. September, pp. 1–8, 2020, doi: 10.1016/j.jwpe.2020.101623.
- [7] A. Q. Alorabi, M. S. Hassan, and M. Azizi, "Fe₃O₄-CuO-activated carbon composite as an efficient adsorbent for bromophenol blue dye removal from aqueous solutions," *Arab. J. Chem.*, vol. 13, no. 11, pp. 8080–8091, 2020, doi: 10.1016/j.arabjc.2020.09.039.
- [8] Y. Aparna, K. V. Rao, and P. S. Subbarao, "Preparation and Characterization of CuO Nanoparticles by Novel Sol-Gel Technique," vol. 4, no. 3, pp. 4–7, 2012.
- [9] Maulidiyah, D. Wibowo, Hikmawati, R. Salamba, and M. Nurdin, "Preparation and Characterization of Activated Carbon from Coconut Shell - Doped TiO₂ in Water Medium," *Orient. J. Chem.*, vol. 31, pp. 1–3, 2015.
- [10] I. Arazi and A. Putra, "Preparation and Characterization Composites of Activated Carbon from Cassava Peel (Manihot Utilissima) - Copper (II) Oxide (CuO) as a Thermoelectric Material," vol. 7, no. September, pp. 42–51, 2020.
- [11] K. Kobayashi, "Studies 011 the Active Carbon. IV. The Electrical Resistance of the Active Carbon (2)," no. 2, pp. 25–30, 1957.
- [12] X. L. Huang *et al.*, "High-performance copper selenide thermoelectric thin films for flexible thermoelectric application," *Mater. Today Energy*, vol. 21, 2021, doi: 10.1016/j.mtener.2021.100743.