

Pengaruh Lebar dan Ketebalan Komposit C/CuO Berbasis Karbon Aktif Pelepah Kelapa Sawit Terhadap Karakteristik Material Termoelektrik

Edo Novriansyah, Ananda Putra, Minda Azhar, Umar Kalmar Nizar*

Departemen Kimia, Universitas Negeri Padang

Jl. Prof. Hamka, Air Tawar, Padang, Sumatera Barat, Indonesia, 25131

*umar_kn@fmipaunp.ac.id

Abstract - One of the factors that can affect the quality and characteristics of thermoelectric materials is the size of the material. This study aims to determine how the effect of material size is varied in width and thickness. The material used is activated carbon obtained from previous research that has met the SNI No. 06-3720-1995 content test. The activated carbon was then composited with Copper (II) Oxide. Based on the tests that have been carried out, the best material obtained was the material with a thickness size variation of 0.5 cm. The resulting high electrical conductivity value is 0,9507 MS/cm, the thermal conductivity value is low 0,06J/s and produces a high Seebeck coefficient of 0,02 mV/K.

Keywords - composites, thermoelectric materials, thermoelectric characteristics

I. PENDAHULUAN

Sumber energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting bagi kehidupan manusia, sehingga mengakibatkan konsumsi listrik nasional mengalami peningkatan tiap tahunnya [1]. Hal ini berdampak pada kurangnya ketersediaan energi tersebut karena sumber energi yang tersedia tidak memadai [2].

Dalam upaya mengurangi penggunaan bahan bakar tersebut dan menghasilkan listrik baru diperlukan sumber energi alternatif dan terbarukan melalui proses termoelektrik. Termoelektrik merupakan perangkat yang dapat mengubah energi listrik atau menyerap energi panas, keduanya dapat digunakan untuk menghilangkan panas dari suatu lingkungan tanpa memancarkan karbon dioksida atau gas berbahaya lainnya seperti unsur logam berat. Komponen termoelektrik memiliki kemampuan untuk mengubah suhu saat diberi tegangan listrik atau mengubah suhu saat diberitangani listrik atau mengubah energi panas menjadi energi listrik [3]. Salah satu bahan dari termoelektrik adalah karbon aktif.

Komposit merupakan suatu material gabungan dari dua atau lebih bahan dasar yang berlainan. Gabungan dari bahan tersebut akan membentuk material baru yang berbeda karakteristiknya dari material penyusunnya [4]. Pada penelitian ini karbon aktif dikompositkan dengan Tembaga (II) Oksida (CuO)

Karbon aktif merupakan salah satu media termoelektrik yang banyak digunakan karena memiliki luas permukaan yang tinggi dan bersifat amorf. Karbon aktif mempunyai banyak keunggulan seperti biaya yang tidak mahal, tidak beracun serta memiliki luas permukaan yang tinggi [5]. Namun karbon aktif saja belum efektif sebagai material termoelektrik, karena nilai konduktivitasnya listriknya yang rendah. Oleh karena itu

karbon aktif harus dikompositkan dengan material lain yang memiliki konduktivitas tinggi dan daya hantar panas tetap rendah seperti tembaga (II) oksida (CuO) [6]. Karbon aktif pada penelitian ini menggunakan sumber karbon dari pelepah kelapa sawit yang dapat dimanfaatkan sebagai material termoelektrik tanpa mengeluarkan biaya yang terlalu besar [7]. CuO dikenal merupakan bahan semikonduktor tipe-p dengan energi celah pita 1,2 eV.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Sadiq dan Putra, 2022), tentang "Pemanfaatan Karbon Aktif Pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Sebagai Material Termoelektrik Sistem C-CuO", penelitian tersebut dilakukan dengan metode aktivasi kimia serta karakteristik bentuk dan ukuran kristal dari material komposit selanjutnya dianalisis menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*), pengamatan energi (*band gap*) yang dihasilkan dengan UV-DRS (*UV-Diffuse reflectance Spectroscopy*), mengidentifikasi unsur kimia lain dengan XRF (*X-Ray Fluorescence Spectrometer*), serta pengukuran tegangan dengan voltmeter. Namun penelitian tersebut belum sampai pada tahap aplikasi, yaitu masih pada tahap pembuatan komposit karbon aktif - CuO untuk material termoelektrik. Dimana material komposit dengan perbandingan massa 3gram karbon aktif :7gram CuO, dengan nilai konduktivitas listrik tinggi sebesar 0,0932 MΩ⁻¹, konduktivitas termal rendah 10,2920 J/s dan tegangan listrik (Efek Seebeck) tinggi 25,2x10³ mV/K [8].

Pada penelitian ini, prosedur kerja dalam pembuatan komposit optimum dilakukan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sadiq & Putra (2022), karena komposit optimum dari penelitian tersebut memadai untuk digunakan pada penelitian ini. Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan variasi ukuran ketebalan pada cetakan material

untuk melihat bagaimana pengaruhnya terhadap karakteristik dari termoelektrik yang dihasilkan.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian yaitu: Pipet tetes, corong, spatula, botol semprot, batang pengaduk, cawan porselen, alu dan lumpang, thermometer, labu refluks, statif, kondensor, penjepit buaya, kabel listrik, parang, pisau, neraca analitik, multimeter digital, gelas beaker, ayakan 60 mesh, tungku tremolite, FT-IR, XRD, XRF, settler, UV-DRS. Bahan yang digunakan adalah Pelepah kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*), serbuk tembaga (II) oksida (CuO) murni, plat tembaga dan plat aluminium, aluminium foil, gliserol, ZnCl₂, kertas saring whatman No.42, aquades dan kertas indikator(pH).

B. Prosedur Kerja

1. Pengujian komposit Karbon Aktif - CuO

a. Pengujian konduktivitas listrik

Uji konduktivitas listrik dengan mengalirkan listrik kesalah satu batang logam dengan listrik sebesar 5volt kemudian diukur arus listrik yang dihasilkan menggunakan multimeter. Untuk menentukan konduktivitas listrik dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$R = \frac{V}{I}$$

$$\rho = \frac{R.A}{L}$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Dimana:

R = hambatan (mS)

V = tegangan (Volt)

I = kuat arus (μA)

L = Panjang (cm)

A = luas penampang (cm²)

ρ = resistivitas (mS. Cm⁻¹)

σ = konduktivitas listrik (mS.cm⁻¹)

b. Pengujian daya hantar panas

Uji daya hantar panas dilakukan dengan mengalirkan panas pada bagian bawah material (T₂) dengan variasi suhu 40°C, 60°C, 80°C menggunakan hotplate, setelah 5 menit pemanasan posisi teratas bahan diukur menggunakan thermometer (T₁). Untuk menentukan daya hantar panas dapat dirumuskan dengan persamann berikut:

$$Q = m.c.\Delta T$$

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

Keterangan:

Q = Kalor (J)

m = massa (kg)

c = kalor jenis (J/kg.°K)

ΔT = perbedan suhu (°K)

H = daya hantar panas (J/s)

t = waktu (s)

c. Pengujian tegnan listrik yang dihsilkan (efek seebeck)

Pengujian efek seebeck dilakukan dengan cara mengalirkan panas pada sisi bawah material (CuO murni) dengan variasi suhu 40°C, 60°C, 80°C yang dihubungkan dengan suatu lempeng aluminium. Pada sisi atas material sampel dan pembanding dipasangkan lempengan tembaga dimana yang keduanya dipasangkan lansung ke multimeter yang berfungsi untuk mengukur tegangan listrik yang didapatkan.

$$\alpha = \frac{V}{K}$$

Dimana:

α = Efek Seebeck

V = Tegangan (μV)

K = Suhu (°K)

2. Karakterisasi Komposit karbon Aktif – CuO

a. Analisia X-Ray Diffractions (XRD)

Sampel yang digunakan untuk analis XRD berbentuk serbuk komposit. Analisis ini berfungsi untuk mengetahui bentuk kristal komposit yang dihasilkan.

b. Analisa Diffuse – Ultraviolet (DRS-UV)

Sampel yang digunakan untuk Analisa DRS-UV berbentuk komposit serbuk, sampel dimasukkan kedalam holder kemudian dianalisa dengan menggunakan komputer yang menghasikan spektrum. Analisa ini bertujuan untuk mengamati band gap yang dihasilkan dari suatu sampel.

c. Analisa Fourier Transform Infrared (FTIR)

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi pada suatu karbon, karbon aktif, dan komposit optimum.

d. Analisa X – Ray Fluorescence (XRF)

Analisa XRF ini bertujuan untuk mengetahui komposit kimia pada suatu sampel karbon aktif dan optimum komposit.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Konduktivitas Listrik Variasi Ketebalan Cetakan Material

Pada pengujian Konduktivitas listrik bertujuan untuk mengetahui kemampuan material dalam menghantarkan arus listrik. Arus listrik dihasilkan dari perpindahan muatan ujung-ujung yang memiliki beda potensial listrik. Hasil dari pengujian konduktivitas listrik dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik Konduktivitas listrik Perbandingan Ketebalan Material

Berdasarkan gambar 1 menunjukkan bahwa komposit material dengan ketebalan 1,5cm memiliki konduktivitas listrik yang paling rendah yaitu 0,1254 mS.cm⁻¹, sedangkan material komposit dengan ketebalan 0,5cm menghasilkan konduktivitas yang paling tinggi yaitu 0,195 mS.cm⁻¹. Ini menunjukkan semakin tipis material termoelektrik maka semakin tinggi nilai konduktivitas listrik yang dihasilkan [9].

B. Pengujian Konduktivitas Listrik Variasi Lebar Cetakan Material



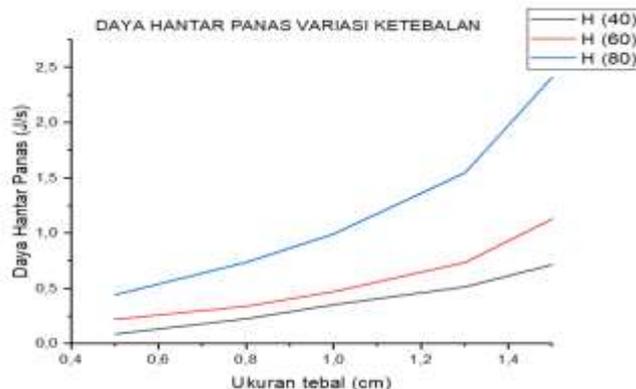
Gambar 2. Grafik Konduktivitas Listrik Perbandingan Variasi Lebaran Material

Berdasarkan gambar 2 menunjukkan bahwa komposit material dengan lebar 2,5cm memiliki konduktivitas listrik yang paling rendah yaitu 0,075 mS.cm⁻¹, sedangkan material komposit dengan lebar 1cm menghasilkan konduktivitas listrik yang paling tinggi yaitu 0,0964 mS.cm⁻¹. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tipis material termoelektrik maka semakin tinggi nilai konduktivitas listrik yang dihasilkan (ega mawarni, 201

C. Pengujian Daya Hantar Panas Variasi Ketebalan Cetakan material

Daya hantar panas merupakan perpindahan panas pada dua substansi dari substansi bersuhu tinggi menuju substansi

bersuhu rendah sehingga terjadinya interaksi secara langsung antar substansi tersebut.

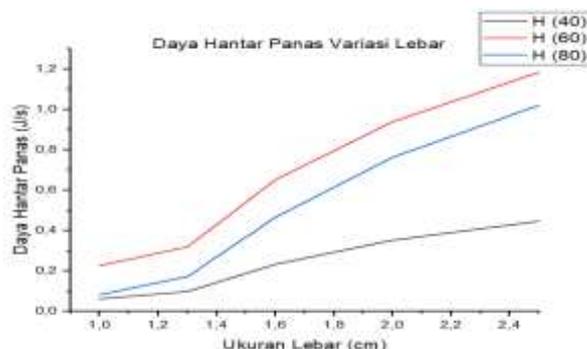


Gambar 3. Grafik Daya Hantar Panas Perbandingan Tebal Material

Hasil Pengujian daya hantar panas dengan variasi ukuran ketebalan dapat dilihat pada gambar 3. Berdasarkan gambar grafik nomor 3, bahwa material termoelektrik ketebalan 1,5 cm, memiliki daya hantar panas paling tinggi yaitu sebesar 2,41J/s, sedangkan material termoelektrik ketebalan 0,5cm memiliki daya hantar panas paling rendah yaitu 0,08 J/s. hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil daya hantar panas pada suatu material maka semakin baik pula material dalam menyerap panas, sehingga semakin banyak energi panas yang dapat diubah menjadi energi listrik [10].

D. Pengujian Daya Hantar Panas Variasi Lebar Cetakan material

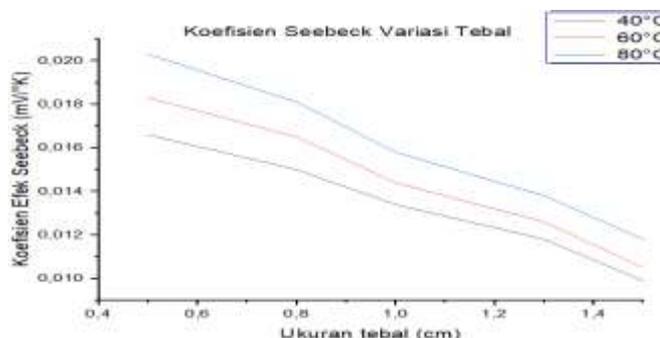
Berdasarkan gambar grafik nomor 4, material termoelektrik lebar 2,5 cm, memiliki daya hantar panas paling tinggi yaitu sebesar 0,208 J/s, sedangkan material termoelektrik lebaran 1cm memiliki daya hantar panas paling rendah yaitu sebesar 0,0616J/s. Hal tersebut Menunjukkan bahwa semakin kecil daya lebar pada suatu material maka semakin baik pula material dalam menyerap panas, sehingga semakin banyak energi panas yang dapat diubah menjadi energi listrik.



Gambar 4. Grafik Daya Hantar Panas Perbandingan Lebar Material

E. Pengujian Tegangan Listrik (Efek Seebeck) Variasi Ketebalan Cetakan Material

Pengujian efek seebeck adalah bagian terpenting pada uji material termoelektrik. Efek seebeck sendiri mempunyai prinsip kerja yaitu apabila dua material yang saling terhubung dan memiliki suhu yang berbeda maka akan ada arus listrik yang mengalir pada material tersebut

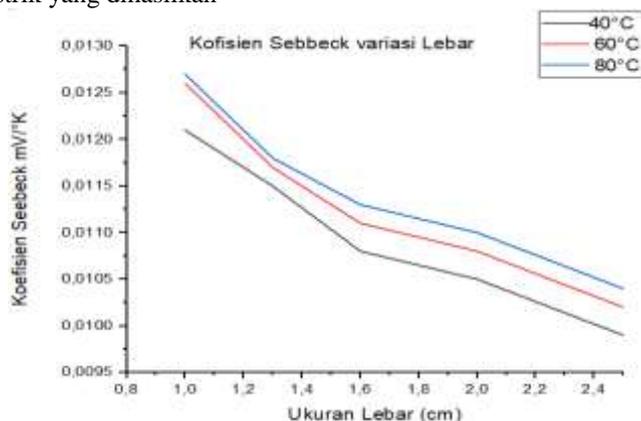


Gambar 5. Grafik tegangan Listrik Perbandingan ketebalan material

Berdasarkan gambar grafik 5, menunjukkan bahwa material termoelektrik dengan ketebalan 0,5cm memiliki tegangan listrik (efek seebeck) paling tinggi yaitu sebesar 0,02 mV/K, sedangkan material termoelektrik ketebalan 1,5 cm memiliki tegangan listrik paling rendah yaitu sebesar 0,009 mV/K, sesuai dengan yang diharapkan bahwa semakin tipis suatu material termoelektrik maka semakin besar tegangan listrik yang dihasilkan [11].

F. Pengujian Tegangan Listrik (Efek Seebeck) Variasi Lebar Cetakan Material

Hasil Pengujian tegangan listrik dengan variasi lebar dapat dilihat pada gambar 6. Berdasarkan grafik dibawah, menunjukkan bahwa material termoelektrik dengan lebar 1cm memiliki tegangan listrik (efek seebeck) paling tinggi yaitu sebesar 0,012 mV/K, sedangkan material termoelektrik lebar 2,5 cm memiliki tegangan listrik paling rendah yaitu sebesar 0,009 mV/K, sesuai dengan yang diharapkan bahwa semakin tipis suatu material termoelektrik maka semakin besar tegangan listrik yang dihasilkan

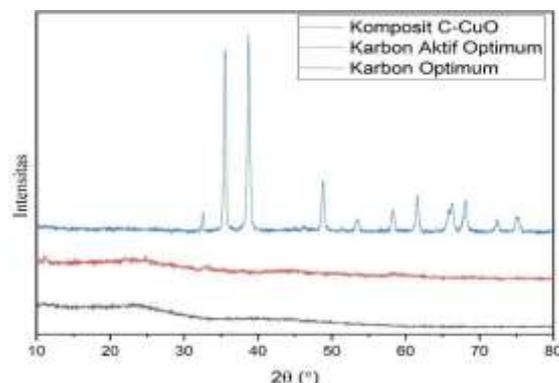


Gambar 6. Grafik Tegangan Listrik Perbandingan Lebar Material

G. Karakterisasi X – Ray Diffraction (XRD)

Karakterisasi XRD bertujuan untuk menentukan ukuran kristal dan kisi kristal dari suatu sampel komposit Karbon aktif

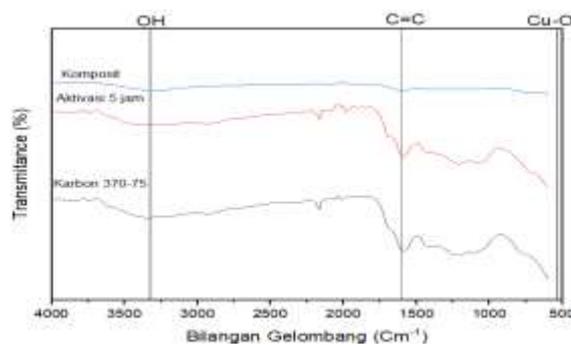
- CuO. Sampel yang digunakan adalah karbon, karbon aktif, dan komposit karbon aktif /CuO [12].



Gambar 7. Spektrum XRD Karbon, Karbon Aktif, Komposit karbon Aktif/CuO

Berdasarkan gambar 7 menunjukkan spektrum XRD karbon optimum tidak memiliki puncak spesifik karena karbon bukan berstruktur kristal, dan pada karbon aktif juga tidak menunjukkan puncak kristalin [13]. Pada spektrum XRD komposit Karbon/Aktif memiliki puncak spesifik karena CuO berstruktur kristal. Pada spektrum XRD, komposit Karbon Aktif/CuO mengidentifikasi bahwa penambahan karbon aktif terhadap CuO tidak terlalu mempengaruhi atau merusak struktur kristal dari CuO tersebut. Berdasarkan spektrum XRD dari komposit karbon aktif/CuO didapat dua puncak tertinggi pada posisi 2θ yaitu 35,5154 dengan menggunakan rumus debye Scherrer didapat ukuran kristal (D) dan kisi kristal (d) yaitu 56,1185 nm dan 0,0946 nm

H. Karakterisasi Fourier Transform Infrared (FTIR)

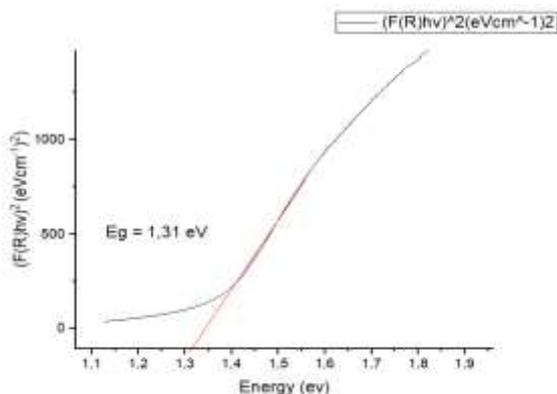


Gambar 8. FTIR Karbon, Karbon Aktif, dan Komposit Karbon Aktif/CuO

Pada bilangan gelombang 3000 – 3500 terdapat gugus fungsi O-H stretching, dimana pada karbon setelah diaktivasi memiliki gugus fungsi O-H pada bilangan gelombang 3323,25 cm⁻¹[13]. Daerah gelombang antara 3700 – 3400⁻¹cm merupakan puncak serapan gugus -OH dari molekul air[14]. Pada bilangan gelombang 1500 – 1650 cm⁻¹ terdapat gugus fungsi C=C aromatik, dimana karbon sebelum diaktivasi memiliki bilangan gelombang 1589,08cm⁻¹ dan sesudah diaktivasi memiliki bilangan gelombang 1589,71cm⁻¹

terdapatnya peningkatan serapan menunjukkan terjadinya penambahan kadar karbon pada karbon aktif, serta komposit karbon aktif terdapat puncak tajam pada Panjang gelombang $536,13\text{cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya oksida logam berupa CuO [15].

I. Karakterisasi UV – Diffuse Reflectance (UV-DRS)



Gambar 4. Grafik nilai band gap Komposit Karbon Aktif/CuO

Berdasarkan gambar 10 dapat diketahui komposit karbon aktif dengan tembaga oksida optimum menghasilkan nilai energi celah pita 1,31 eV, sedangkan secara teori saja CuO memiliki nilai energi celah pita 1,2 eV [16]. Hal tersebut dapat dijelaskan bahwa penambahan karbon aktif terhadap CuO dapat meningkatkan nilai celah pita energi dari material tersebut karena karbon aktif bukan merupakan suatu material konduktor atau semikonduktor yang memiliki band gap kecil. Pada material termoelektrik semakin kecil band gap suatu material maka semakin rendah juga energi yang diperlukan elektron pada kulit luar untuk mengeksitasi, yang mana hal tersebut menandakan material sangat bagus digunakan sebagai material termoelektrik [17].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan: Material komposit karbon aktif pelepah kelapa sawit/CuO dengan ukuran variasi tebal 0,5cm dan lebar 1cm merupakan ukuran material termoelektrik terbaik, dimana ukuran tebal 0,5cm dan lebar 1 cm memiliki konduktivitas listrik yang tinggi yaitu $0,195\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ dan $0,0964\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, daya hantar panas yang rendah yaitu $0,06\text{ J/s}$ dan $0,08\text{ J/s}$, dan tegangan listrik (Efek seebeck) yang tinggi yaitu $0,02\text{ mV/K}$ dan $0,012\text{ mV/K}$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih atas sarana dan dukungannya kepada seluruh analis Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

REFERENSI

- [1]. A. Lidwina, "Konsumsi Listrik Nasional Terus Meningkat," *Databoks.Katadata.Co.Id*, p. 2020, 2020.
- [2]. Mohamad Diki, Charis Fathul Hadi, Risk Fita Lestari, and Rezki Nalandari, "Pemanfaatan Termoelektrik Sebagai Sumber Energi Terbarukan," *J. Zetroom*, vol. 4, no. 1, pp. 23–25, 2022.
- [3]. M. Sutjahja, "Penelitian Bahan Termoelektrik Bagi Aplikasi Konversi Energi Di Masa Mendatang (Review Article)," 2011.
- [4]. C. T. Chen and G. X. Gu, "Machine learning for composite materials," *MRS Commun.*, vol. 9, no. 2, pp. 556–566, 2019.
- [5]. 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.
- [6]. A. Q. Alorabi, M. Shamshi 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.
- [7]. I. A. W. Tan, A. L. Ahmad, and B. H. Hameed, "Preparation of activated carbon from coconut husk: Optimization study on removal of 2,4,6-trichlorophenol using response surface methodology," *J. Hazard. Mater.*, vol. 153, no. 1–2, pp. 709–717, 2008.
- [8]. Sadiq, M. F. & P. A. (2022). *Utilization Of Activated Carbon from Coconut fronds Palm (elaeis guineensis jacq) as Material Thermoelectric System C-cuO*. International Journal Of Progressive Sciences And technologies (Ijpsat, 15(1), 23-29.
- [9]. L. Wang *et al.*, "Modeling the effects of module size and material property on thermoelectric generator power," *ACS Omega*, vol. 5, no. 46, pp. 29844–29853, 2020.
- [10]. J. C. Zheng, "Recent advances on thermoelectric materials," *Front. Phys. China*, vol. 3, no. 3, pp. 269–279, 2008.
- [11]. A. Gheibi, R. Bagherzadeh, A. A. Merati, And M. Latifi, "Electrical Power Generation From Piezoelectric Electrospun Nanofibers Membranes: Electrospinning Parameters Optimization And Effect Of Membranes Thickness On Output Electrical Voltage," *Journal Of Polymer Research*, Vol. 21, No. 11, Nov. 2014.
- [12]. H. Sanjaya, "Degradasi Methylene Blue Menggunakan Katalis ZnO-PEG dengan Metode Fotosonolisis," *Eksakta Berk. Ilm. Bid. MIPA*, vol. 18, no. 02, pp. 21–29, 2017, doi: 10.24036/eksakta/vol18-iss02/45.
- [13]. Uchi Inda Purnamasari. (2018). Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Salak (Salacca Zalacca) dengan Proses Pengaktifan Karbon Dioksida (CO₂) Menggunakan Pemanas Microwave. *Jurnal of Chemical Information ad Modeling*, 53(9), 1689-1699.
- [14]. Nayak, N., dan Panda, C. R. (2010). Aluminium Extraction and Leaching Characteristic of Talcher thermal Power station fly Ash Sulphuric acid. *Fuel*, 89(1), 53-58.
- [15]. Nagaraja, M., Prashanth, S., Pattar, J., Mahesh, H. M., dan Rajjana, K. (2021). Polyanilin-CuO nanocomposite. Electrical, structural and Sensor Properties. *Materials Today: Proceeding*, 49, 1989-1992.
- [16]. Velmre, E. (2010). Thomas Johan Seebeck and his Contribution to the Modern Science and technology. *BEC 2010-2010 12th Biennial Baltic Electronics Conference*, 17-24.
- [17]. Ruanuargo, anwar, S., dan sari, S. P. (2014). Generator termoelektrik Mini dengan Prinsip termoelektrik dari Uap panas Kondensor pada Sistem Pendingin. *Jurnal Rekaya Elektrika*, 10(4), 180-185.