

Pengaruh Variasi Ukuran Ketebalan Material Terhadap Karakteristik Termoelektrik Sistem C/CuO

Putri Manda Sari, Ananda Putra*, Rahadian Z., Hary Sanjaya

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

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

*anandap@fmipa.unp.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 $0.9507 \text{ M}\Omega\text{-cm}$ -, the thermal conductivity value is low 0.1805 J/s and produces a high Seebeck coefficient of 0.020 mV/K .

Keywords — thermoelectric materials, Thermoelectric characteristics, composites

I. PENDAHULUAN

Manusia tidak dapat dipisahkan dengan kebutuhan energi listrik dalam menjalani kehidupan. Sehingga dapat dipastikan terdapat peningkatan dalam konsumsi listrik nasional [1]. Hal ini berdampak pada kurangnya ketersediaan energi tersebut karena sumber energi yang tersedia tidak memadai [2]. Ada berbagai macam sumber energi terbarukan yang dapat digunakan, salah satunya adalah energi panas yaitu dengan menggunakan generator termoelektrik (TEG) sebagai sumber energi alternatif dengan memanfaatkan efek seebeck [3]. Generator termoelektrik bekerja dengan cara mengkonversikan perbedaan temperatur menjadi besaran listrik secara langsung [4]. Termoelektrik menawarkan energi berkelanjutan untuk menjaga kebutuhan energi yang dikembangkan termoelektrik berdasarkan bahan yang berlimpah dan tidak beracun sehingga dapat diproses pada skala ekonomis dan tidak berbahaya [5].

Saat ini Generator termoelektrik banyak digunakan pada perangkat elektronik. Salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi karakteristik dari suatu termoelektrik adalah ukuran dari material penyusun termoelektrik. Semakin kecil ukuran cetakan material maka akan lebih efisien untuk digunakan. Akan tetapi hal tersebut tidak menjamin kualitas dari material termoelektrik yang dihasilkan.

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 [6]. 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 [7]. 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) [8]. Karbon aktif pada penelitian ini menggunakan sumber karbon dari sabut kelapa yang dapat dimanfaatkan sebagai material termoelektrik tanpa mengeluarkan biaya yang terlalu besar [9]. CuO dikenal merupakan bahan semikonduktor tipe-p dengan energi celah pita $1,2 \text{ eV}$.

Penelitian terdahulu tentang “Pemanfaatan Karbon Aktif Sabut Kelapa (*Cocos nucifera*) sebagai Material Termoelektrik Sistem C/CuO” yang dilakukan oleh Putra & Putra (2021), dilakukan menggunakan metode aktivasi kimia yang dikarakterisasi dengan *X-ray Fluorescence* untuk mengetahui struktur dan morfologi arang aktif dan *Fourier Transform Infrared (FTIR)* untuk mengidentifikasi gugus fungsi. Akan tetapi pada penelitian tersebut masih pada tahap pembuatan material termoelektrik dan belum sampai pada tahap aplikasi. Material termoelektrik optimum yang dihasilkan yaitu dengan perbandingan karbon aktif 3 gram: 7 gram CuO, dengan nilai konduktivitas listrik tinggi sebesar $0,4229 \text{ M}\Omega\text{-}$, konduktivitas termal rendah $0,9872 \text{ J/s}$ dan tegangan listrik (Efek Seebeck) tinggi $0,018 \text{ mV/K}$ [10].

Pada penelitian ini, prosedur kerja dalam pembuatan komposit optimum dilakukan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Putra & Putra (2021), karena komposit

optimum dari penelitian tersebut tidak 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

Karakterisasi menggunakan multimeter digital, DR- UV analytikjena specord@210, dan XRD.

B. Bahan

Sabut kelapa tua, serbuk tembaga (II) oksida (CuO) dengan merk Puduk oleh PT. Kimart Surabaya, gliserol dari PT. Novalindo Jaya Utama, ZnCl₂ merk Puduk, akuades, plat aluminium, aluminium foil, kertas saring Whatman No. 42 dan kertas indikator (pH)

C. Karbonisasi dan Aktivasi Sabut Kelapa

Pada sabut kelapa tua yang diletakkan dalam cawan penguap yang dibungkus dengan aluminium foil dilakukan pembakaran menggunakan furnace selama 60 menit pada suhu 350 °C kemudian didinginkan dalam desikator. Karbon diaktivasi selama 5 jam dengan menggunakan activator ZnCl₂, kemudian disaring dan dioven pada suhu 105 °C selama 1 jam.

D. Preparasi Komposit Karbon Aktif/CuO

Campuran karbon aktif dengan CuO dengan rasio perbandingan 3 gram karbon aktif : 7 gram CuO di refluks selama 1 jam pada temperatur 90 °C sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer. Pelarut yang digunakan adalah aquades sebanyak 100 ml. Kemudian campuran disaring dengan kertas saring dan di oven pada suhu 105 °C selama 1 jam. Komposit yang dihasilkan di simpan dalam wadah berbahan plastik [10].

E. Pencetakan Material

Sampel ditambahkan dengan tetes demi tetes gliserol hingga membentuk pasta. Material dicetak dengan dengan bervariasi lebar dan ketebalan material. Variasi ketebalan material yaitu sebagai berikut: (5 x 1 x 0,5) cm, (5 x 1 x 0,8) cm, (5 x 1 x 1) cm, (5 x 1 x 1,3) cm dan (5 x 1 x 1,5) cm. Kemudian 4 buah batang logam tembaga ditancapkan pada material yang telah dicetak dan dijemur selama 3 hari di bawah sinar matahari. Material dipanaskan dalam oven dari suhu rendah yaitu 40 °C, 60 °C, 80 °C, dan 90 °C masing – masing selama 1 jam.

F. Pengujian Komposit Karbon Aktif-CuO

1. Pengujian Konduktivitas Listrik

Pengujian ini dilakukan dengan mengukur arus listrik pada salah satu batang logam di material termoelektrik menggunakan multimeter, yang mana pada batang logam lainnya telah dialirkan tegangan listrik sebesar 5 volt. Rumus untuk menentukan nilai konduktivitas listrik adalah:

$$\begin{aligned} \bullet R &= \frac{V}{I} \\ \bullet \rho &= \frac{R \cdot A}{L} \\ \bullet \sigma &= \frac{1}{\rho} \end{aligned}$$

Dimana:

R = hambatan (MΩ)

V = tegangan (Volt)

I = kuar arus (μA)

L = panjang (cm)

A = luas penampang (cm²)

ρ = resistivitas (MΩ.cm)

σ = konduktivitas listrik (MΩ .cm⁻¹) [11].

2. Pengujian Daya Hantar Panas

Pada pengujian ini bagian bawah material yang sudah dicetak dialirkan panas dengan suhu 40 °C, 60 °C dan 80 °C menggunakan *hot plate* masing – masing selama 5 menit. Kemudian panas pada bagian atas material diukur dengan termometer. Rumus untuk menentukan daya hantar panas adalah sebagai berikut:

$$\bullet Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

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

Dimana:

H = daya hantar panas (J/s)

Q = kalor (J)

t = waktu (s)

m = massa (kg)

c = kalor jenis (J/kg. °C)

ΔT = perbedaan suhu (°C) [12].

3. Pengujian Tegangan Listrik (Efek Seebeck)

Panas dialirkan pada bagian bawah dari material pembanding yaitu CuO murni yang dihubungkan pada lempengan aluminium dengan suhu yang digunakan 80 °C. pada material sampel dan pembanding masing – masing diberikan lempengan tembaga pada bagian atasnya dimana keduanya dihubungkan langsung ke multimeter. Tegangan listrik yang dihasilkan diukur dengan menggunakan rumus berikut:

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

Dimana:

α = Efek Seebeck

V = Tegangan (μV)

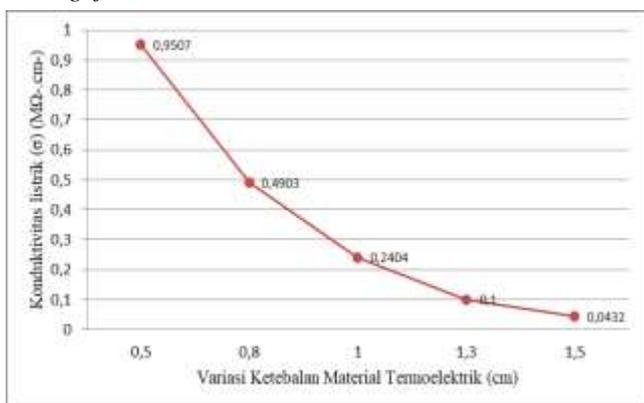
K = Suhu (°K) [13].

G. Karakterisasi

Komposit C/CuO dikarakterisasi untuk pengamatan energi (*band gap*) yang dihasilkan dengan DR–UV (*Diffuse Reflectance – Ultra Violet*) dan XRD untuk mengetahui bentuk dari struktur kristalnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Konduktivitas Listrik

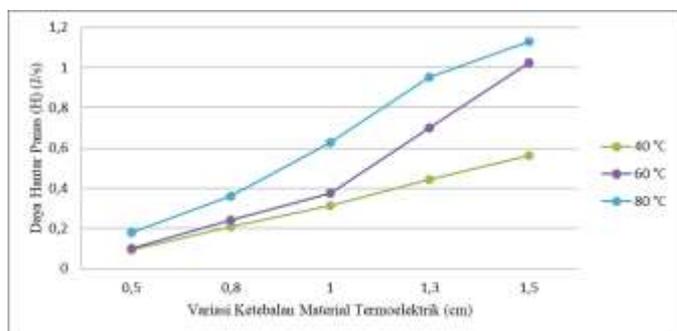


Gambar 1. Pengaruh Ukuran Ketebalan Material Termoelektrik Terhadap Konduktivitas Listrik

Berdasarkan gambar dapat diketahui bahwa ukuran ketebalan material menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi konduktivitas listrik yang dihasilkan dari suatu material termoelektrik. Dapat dilihat pada grafik material dengan ketebalan 0,5 cm memiliki nilai konduktivitas yang tinggi yaitu 0,9507 MΩ.cm⁻¹, sedangkan material yang 1,5 cm hanya 0,0432 MΩ.cm⁻¹. Hal ini menandakan bahwa nilai konduktivitas material termoelektrik akan semakin besar apabila ketebalan material semakin kecil atau tipis, karena hambatan yang dihasilkan semakin kecil sehingga elektron dapat mengalir lebih cepat [14].

B. Pengujian Daya Hantar Panas

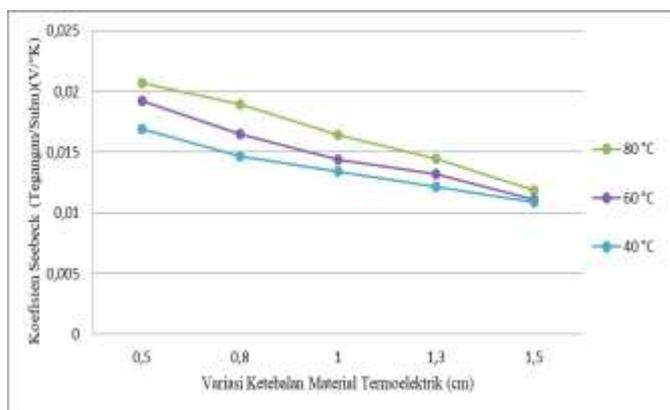
Pada gambar 2 dibawah dapat dilihat bahwa nilai konduktivitas termal dari material meningkat seiring dengan meningkatnya suhu yang diberikan. Berdasarkan grafik diketahui bahwa semakin tipis ukuran dari suatu material termoelektrik maka daya hantar panasnya semakin kecil yang berarti bahwa semakin baik material tersebut dalam menyerap panas, sehingga energi yang dihasilkan semakin banyak [15].



Gambar 2. Pengaruh Ukuran Ketebalan Material Termoelektrik Terhadap Daya Hantar Panas

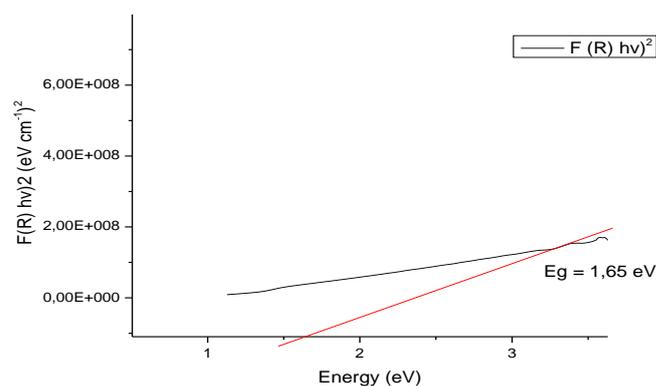
C. Pengujian Tegangan Listrik (Efek Seebeck)

Berdasarkan gambar 3. dibawah terlihat bahwa material dengan ketebalan 0,5 cm memiliki koefisien seebeck yang paling tinggi dari yang lain yaitu 0,020 mV/K pada suhu 80° dan yang paling rendah yaitu 0,011 mV/K pada material dengan ketebalan 1,5 cm. Dengan kata lain ukuran ketebalan material juga dapat mempengaruhi efek seebeck dari material termoelektrik. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa semakin kecil luas penampang suatu material termoelektrik maka karakteristik termoelektrik yang dihasilkan akan semakin baik sesuai yang diinginkan.



Gambar 3. Pengaruh Ukuran Ketebalan Material Termoelektrik Terhadap Efek Seebeck

D. Karakterisasi UV-DRS



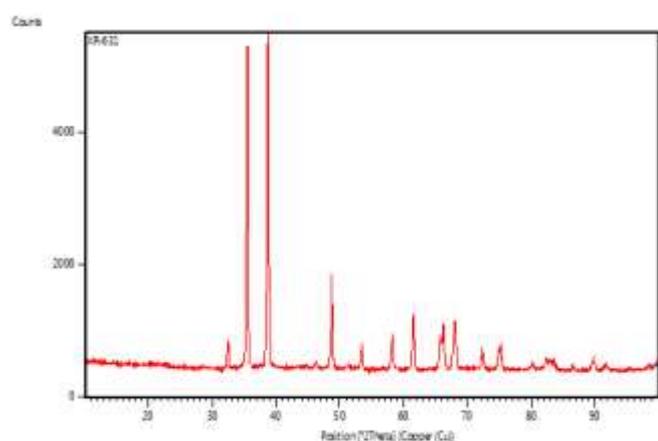
Gambar 4. Hasil Karakterisasi UV-DRS

Berdasarkan gambar dapat diketahui komposit karbon aktif/CuO memiliki nilai *band gap* yaitu sebesar 1,65 eV. Pada CuO sendiri memiliki nilai *band gap* 1,2 eV [16]. Hal ini bahwa dengan menambahkan karbon aktif terhadap CuO menyebabkan nilai *band gap* meningkat karena karbon aktif merupakan material yang bersifat isolator [17]. Pada CuO murni memiliki nilai *band gap* yang rendah sehingga membuat CuO murni mudah tereksitasi dari pita konduksi ke

pita valensi ketika terkena cahaya. Dengan adanya penambahan karbon aktif terhadap CuO mengakibatkan terdapat elektron yang terjebak dalam pita konduksi dan tidak dapat bergerak bebas menghantarkan listrik, sehingga nilai band gap komposit meningkat. peningkatan nilai *band gap* yang dihasilkan mengakibatkan efisiensi termoelektrik menurun karena material akan membutuhkan energi yang lebih besar untuk tereksitasi.

E. Karakterisasi XRD

Analisa dengan XRD bertujuan untuk mengetahui informasi tentang morfologi dan bentuk kristal dari komposit karbon aktif/CuO [18]. Berdasarkan gambar 5 diketahui bahwa pada $2\theta = 30^\circ - 40^\circ$ terdapat difraksi luas yang menandakan bahwa pada komposit karbon aktif/CuO memiliki struktur kristalin yang tersusun tidak teratur.



Gambar 5. Hasil Karakterisasi XRD

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa ukuran ketebalan material termoelektrik optimum adalah 0,5 cm dengan nilai konduktivitas tinggi 0,9507 $M\Omega \cdot cm$, efek seebeck tinggi 0,020 mV/K dan konduktivitas termal rendah 0,1805 J/s.

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. Zetroem*, vol. 4, no. 1, pp. 23–25, 2022, doi: 10.36526/ztr.v4i1.1913.
- [3] M. Taufiqurrahman, G. S. Lubis, M. Ivanto, and P. Setio, "Kaji Eksperimen Output Energi Termoelektrik TEG-SP1848-27145SA Dengan Sumber Panas Dari Solar Parabolic Trough," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 6, no. 1, p. 13, 2021, doi: 10.30588/jeemm.v6i1.927.
- [4] S. C. Puspita, H. Sunarno, and B. Indarto, "Generator Termoelektrik untuk Pengisian Aki," *J. Fis. dan Apl.*, vol. 13, no. 2, p. 84, 2017, doi: 10.12962/j24604682.v13i2.2748.
- [5] S. M. Latifah, A. F. Ghilman, D. Dedi, and K. Kusharjanto,

- [6] C. T. Chen and G. X. Gu, "Machine learning for composite materials," *MRS Commun.*, vol. 9, no. 2, pp. 556–566, 2019, doi: 10.1557/mrc.2019.32.
- [7] 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.
- [8] 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, doi: 10.1016/j.arabjc.2020.09.039.
- [9] 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, doi: 10.1016/j.jhazmat.2007.09.014.
- [10] N. A. Putra and A. Putra, "Pengujian Aproksimat Karbon Limbah Sabut Kelapa (Cocos nucifera)," vol. 10, no. 1, pp. 1–4, 2021.
- [11] H. Sugito, "Konduktivitas Listrik Pulp Kakao Dengan Fermentasi Dan Pengenceran," *Berk. Fis.*, vol. 12, no. 3, pp. 93–98, 2009.
- [12] Y. An, C. Huang, and X. Wang, "Effects of thermal conductivity and wettability of porous materials on the boiling heat transfer," *Int. J. Therm. Sci.*, vol. 170, no. June, pp. 1–8, 2021, doi: 10.1016/j.ijthermalsci.2021.107110.
- [13] 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.
- [14] 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, doi: 10.1021/acsomega.0c03914.
- [15] 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.
- [16] E. Velme, "Thomas Johann Seebeck and his contribution to the modern science and technology," *BEC 2010 - 2010 12th Bienn. Balt. Electron. Conf. Proc. 12th Bienn. Balt. Electron. Conf.*, pp. 17–24, 2010, doi: 10.1109/BEC.2010.5631216.
- [17] M. Hosokawa, K. Nogi, M. Naito, and T. Yokoyama, *Nanoparticle Technology Handbook*. 2008. doi: 10.1016/B978-0-444-53122-3.X5001-6.
- [18] 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.