

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

Yolanda Wulandari, Ananda Putra*, Umar Kalmar Nizar, Riga

Departemen Kimia, Universitas Negeri Padang
Jl. 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 of the thermoelectric material. The material used is activated carbon which has met the content test of SNI No.06-3720-1995. The activated carbon is then composited with Copper (II) Oxide. Based on the tests that have been carried out, the best material obtained is the material with a width size variation of 1 cm. With a high electrical conductivity value of $0.0909 \text{ M}\Omega\text{-cm-}$, low thermal conductivity of 0.2418 J/s and has a high Seebeck coefficient of 0.0166 mV/K . Thermoelectricity offers sustainable energy to maintain energy needs, namely by converting wasted heat energy into electrical energy that can overcome the current global warming problem.

Keywords — Thermoelectric materials, thermoelectric characteristics, composites.

I. PENDAHULUAN

Sumber energi listrik adalah salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting dan tidak dapat dihindari dalam kehidupan manusia saat ini. Hampir semua aktivitas dan pekerjaan manusia berhubungan dengan energi listrik. Sebagian besar benda padat pada saat sekarang ini diaktifkan dan digerakkan dengan menggunakan energi listrik tanpa kecuali [1].

Sumber energi panas juga banyak digunakan demi kelangsungan hidup manusia. Berbagai sumber energi panas seperti dari matahari, panas bumi, panas pembakaran dan lain-lain tidak dimanfaatkan manusia secara maksimal, sehingga sebagian besar energi panas terbuang begitu saja. Energi panas yang jumlahnya berlebih dan selama ini belum dimanfaatkan dapat dikonversi menjadi energi listrik, terutama untuk energi listrik daerah-daerah terpencil atau terisolir [2].

Saat ini Indonesia masih banyak menggunakan bahan bakar fosil untuk sumber listrik yaitu batu bara dan bahan bakar minyak yang mana sewaktu-waktu akan habis jika dipakai secara terus menerus. Untuk itu dibutuhkan suatu pengembangan energi listrik alternatif dengan mengubah energi panas menjadi energi listrik yang memanfaatkan material termoelektrik. Material termoelektrik dapat digunakan untuk mengubah energi panas menjadi energi listrik melalui efek *seebeck* [3].

Efek *seebeck* merupakan fenomena dimana adanya tegangan listrik yang muncul akibat adanya perbedaan temperatur pada suatu sambungan dari dua buah material yang berbeda. Bahan yang digunakan dalam komponen termoelektrik ini adalah bahan yang dapat mengkonversi

energi panas menjadi energi listrik atau saat diberi tegangan listrik terjadi perbedaan temperatur [4].

Termoelektrik saat ini banyak digunakan pada barang elektronik seperti baterai handphone, laptop, kulkas, untuk pengisian aki dan lain sebagainya. Ukuran dari material termoelektrik merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas dan karakteristik dari material termoelektrik. Jika ukuran dari suatu material termoelektrik semakin kecil, maka akan lebih efisien jika digunakan pada perangkat elektronik seperti handphone [5].

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 eV.

Penelitian terdahulu tentang “Preparasi dan Karakterisasi Komposit Karbon Aktif Kulit Singkong (*Manihot utilissima*) – Tembaga (II) Oksida (CuO) sebagai Material Termoelektrik” yang dilakukan oleh Arazi & Putra (2020), dilakukan menggunakan metode aktivasi kimia serta karakteristik bentuk dan ukuran kristal dari material komposit dianalisis menggunakan XRD (*X-ray Diffraction*) dan pengamatan energi (*band gap*) yang dihasilkan dengan UV-DRS (*UV - Diffuse Reflectance Spectroscopy*). 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 0,4167 MΩ⁻, konduktivitas termal rendah 20,3057 J/s dan tegangan listrik (efek *seebeck*) tinggi 0,019036 mV/K [10].

Pada penelitian ini, prosedur kerja dalam pembuatan komposit optimum dilakukan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Arazi & Putra (2021), karena komposit optimum dari penelitian tersebut tidak memadai untuk digunakan pada penelitian ini. Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan variasi ukuran lebar pada cetakan material untuk melihat bagaimana pengaruhnya terhadap karakteristik dari termoelektrik yang dihasilkan.

II. METODA PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Peralatan yang dipakai pada penelitian ini yaitu gelas kimia, gelas ukur, spatula, pipet tetes, botol semprot, batang pengaduk, cawan porselen, corong, lumpang dan alu, penjepit buaya, labu refluks, pisau, termometer, furnace, kabel listrik, *magnetic stirrer*, neraca analitik, multimeter digital, DR-UV analytikjena specord@210 dan XRD

Bahan yang dipakai pada penelitian ini ialah kulit singkong, serbuk tembaga (II) oksida (CuO) murni, gliserol, HCl 4N, akuades, plat aluminium, aluminium foil, kertas saring Whatman No. 42 dan kertas indikator (pH).

B. Karbonisasi dan Aktivasi Sabut Kelapa

Pada kulit singkong yang diletakkan dalam cawan penguap yang dibungkus dengan aluminium foil dilakukan pembakaran menggunakan furnace selama 60 menit pada suhu 320 °C kemudian didinginkan dalam desikator. Karbon diaktivasi selama 24 jam dengan menggunakan activator HCl 4N, kemudian disaring dan dioven pada suhu 105°C selama 1 jam.

C. 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 jam sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Pelarut yang digunakan adalah akuades 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].

D. Pencetakan Material

Sampel ditambahkan tetes demi tetes gliserol hingga membentuk pasta. Material dicetak dengan dengan bervariasi lebar dan ketebalan material. Variasi lebar material yaitu sebagai berikut: (1 x 1 x 5) cm, (1 x 1,3 x 5) cm, (1 x 1,6 x 5) cm, (1 x 2 x 5) cm, (1 x 2,5 x 5) cm. Kemudian 4 buah batang logam tembaga ditancapkan pada material yang telah dicetak dan dijemur selama 3 hari di bawah sinar matahari. Material dioven dari suhu rendah yaitu 40 °C, 60 °C, 80 °C, dan 90 °C masing – masing selama 1 jam.

E. Pengujian

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:

- $R = \frac{V}{I}$
- $\rho = \frac{R \cdot A}{L}$
- $\sigma = \frac{1}{\rho}$

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⁻¹.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:

- $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$
- $H = \frac{Q}{t}$

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 (μ V)

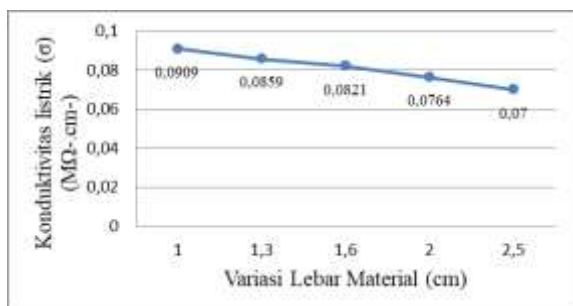
K = Suhu ($^{\circ}$ K) [13].

F. 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



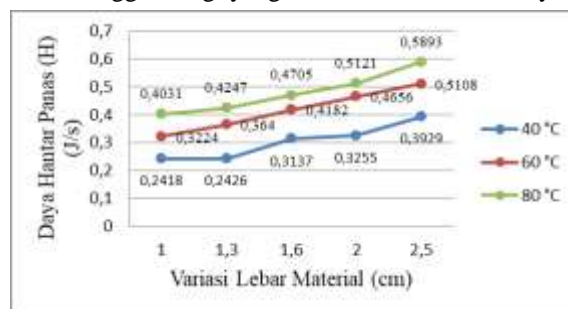
Gambar 1. Pengaruh Ukuran Lebar Material Termoelektrik Terhadap Konduktivitas Listrik

Berdasarkan gambar 1 dapat diketahui bahwa ukuran lebar material menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi konduktivitas listrik yang dihasilkan dari suatu material termoelektrik. Dapat dilihat pada grafik material dengan lebar 1 cm memiliki nilai konduktivitas yang tinggi yaitu 0,0909 $M\Omega \cdot cm^{-1}$, sedangkan material yang 2,5 cm hanya 0,0700 $M\Omega \cdot cm^{-1}$. Hal ini menandakan bahwa nilai konduktivitas listrik 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

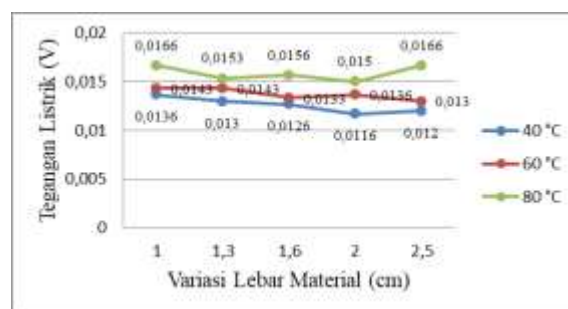
berarti bahwa semakin baik material tersebut dalam menyerap panas, sehingga energi yang dihasilkan semakin banyak [15].



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

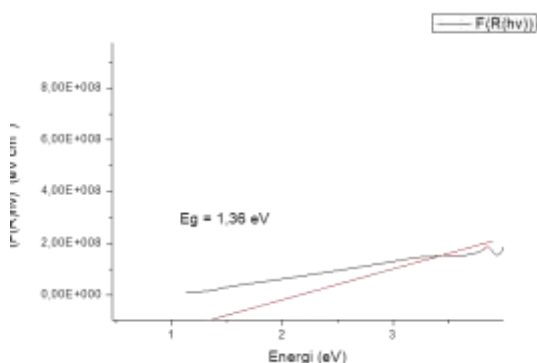
C. Pengujian Tegangan Listrik (Efek Seebeck)

Berdasarkan gambar 3. dibawah terlihat bahwa material dengan lebar 1 cm memiliki koefisien seebeck yang paling tinggi dari yang lain yaitu 0,0166 mV/K pada suhu 80° dan yang paling rendah yaitu 0,012 mV/K pada material dengan ketebalan 2,5 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. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar lebar material maka tegangan yang dihasilkan semakin rendah. lebar material berdampak langsung pada hambatan per satuan panjang. Semakin besar hambatannya menyebabkan penurunan tegangan [16]



Gambar 3. Pengaruh Ukuran Lebar Material Termoelektrik Terhadap Efek Seebeck

D. Karakterisasi UV-DRS

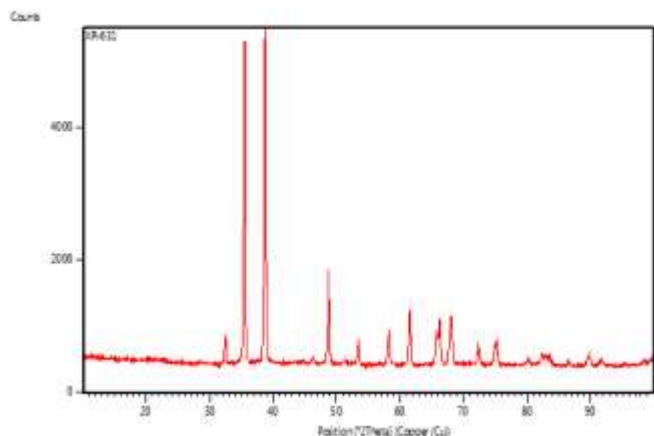


Gambar 4. Hasil Karakterisasi UV-DRS

Berdasarkan gambar dapat diketahui komposit karbon aktif/CuO memiliki nilai *band gap* yaitu sebesar 1,36 eV. Pada CuO sendiri memiliki nilai *band gap* 1,2 eV [17]. Hal ini bahwa dengan menambahkan karbon aktif terhadap CuO menyebabkan nilai *band gap* meningkat karena karbon aktif merupakan material yang bersifat isolator [18].

E. Karakterisasi XRD

Berdasarkan gambar 5 diketahui bahwa pada $2\theta = 30^\circ - 40^\circ$ terdapat difraksi luas yang menandakan bahwa komposit C/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 1 cm dengan nilai konduktivitas tinggi 0,0909 $M\Omega \cdot cm$, efek seebeck tinggi 0,0166 mV/K dan konduktivitas termal rendah 0,2418 J/s.

REFERENSI

[1] Rusli, A., & Djabbar, R. (2020). Konversi Energi Panas Menjadi Energi Listrik dengan Menggunakan Generator Termoelektrik. *Jurnal LOGITECH*, 1–6.

[2] Khalid, M., Syukri, M., dan Gapy, M. (2015). Tanemakizo. *Karya Ilmiah Teknik Elektro*, 1(3), 57–62.

[3] Zhang, A. B., Wang, B. L., Wang, J., Du, J. K., Xie, C., Jin, Y. A., Cn, A. B., & Zhang,). (2017). *Thermodynamics analysis of thermoelectric materials: Influence of cracking on efficiency of thermoelectric conversion*.

[4] Sutjahja, I. M., & Nugroho, A. A. (2012). Magnetic states of the Co-ions in Ca and Y doped (Bi,Pb)2Sr2Co2O8 thermoelectric materials. *ITB Journal of Science*, 44 A(3), 230–238. [5]Ginanjar, Hiendro, A., & Suryadi, D. (2019). Perancangan dan Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik dengan Menggunakan Kompor Surya sebagai Media Pemusat Panas. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).

[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] Arazi, I., dan Putra, A. (2020). Preparation and Characterization Composites of Activated Karbon from Cassava Peel (Manihot Urticifolia) - Copper (II) Oxide (CuO) as a Thermoelectric Material. *International Journal of Research and Review (IJRR)*, 7(9), 42–51.

[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] N. A. Putra and A. Putra, “Pengujian Aproksimat Karbon Limbah Sabut Kelapa (Cocos nucifera),” vol. 10, no. 1, pp. 1–4, 2021.

[17] 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.

[18] M. Hosokawa, K. Nogi, M. Naito, and T. Yokoyama, *Nanoparticle Technology Handbook*. 2008. doi: 10.1016/B978-0-444-53122-3.X5001-6.