

# PEMBANGKITAN TEGANGAN MENGGUNAKAN KARBON AKTIF TEMPURUNG KELAPA DENGAN VARIASI PROSENTASE NaCl

Si Putu Gede Gunawan Tista

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana  
e-mail: Gunawantista@unud.ac.id

**Abstract:** Fossil fuels as energy generators have been identified as the main cause of environmental pollution, besides that their supplies are running low. Energy from fossil fuels can cause global warming and climate change due to the carbon dioxide gas emissions produced, causing a greenhouse effect. Therefore, to generate electrical energy, environmentally friendly materials are needed, one of which is coconut shell-activated carbon. This research aims to generate voltage using coconut shell-activated carbon with varying percentages of NaCl. The voltage generation model is composed of counter electrodes – electrodes – counter electrodes. The electrode used is coconut shell-activated carbon, while the counter electrode is copper. The electrolyte used was a NaCl solution with NaCl percentages of 5%, 10% and 15% respectively. The NaCl electrolyte is injected into the model between the electrode and the counter electrode, then heat is applied. An electrostatic force occurs between the ions from the NaCl electrolyte and the surface of the coconut shell-activated carbon, namely the functional groups, pores, and copper counter electrode. The results show that the higher the percentage of NaCl electrolyte, the higher the voltage produced. The resulting voltage is 0.091 volts at a NaCl percentage of 5%, 0.181 volts at a NaCl percentage of 10%, and 0.212 volts at a NaCl percentage of 15%.

**Keywords:** Coconut shell activated carbon, percentage of NaCl, voltage, copper, heat.

## PENDAHULUAN

Bahan bakar fosil sebagai pembangkit energi telah diidentifikasi merupakan penyebab utama polusi lingkungan, disamping itu persediaannya semakin menipis [1]. Energi dari bahan bakar fosil dapat menyebabkan pemansan global dan perubahan iklim akibat adanya emisi gas karbondioksida yang dihasilkan sehingga menimbulkan efek rumah kaca (green house effect) [2][3][4]. Oleh karena itu, dalam membangkitkan energi listrik diperlukan material yang ramah lingkungan salah satunya adalah karbon aktif tempurung kelapa.

Pada konversi energi thermal menjadi potensial listrik bekerja baik pada temperatur di atas 350°C. Tetapi, efisiensinya rendah pada temperatur lebih kecil dari pada 130°C, [5]. Selain itu, perangkat elektronik yang kecil (seperti telpon genggam, kamera, jam tangan, dan laptop) telah membuat tuntutan daya dalam kisaran mili watt (mW) ke tingkat mikro watt ( $\mu$ W) untuk jaringan sensor nirkabel [6], dimana menggunakan baterai sebagai suplai daya. Oleh karena itu, dibutuhkan bahan yang mempunyai sensitivitas termal yang tinggi yaitu karbon aktif tempurung kelapa. Karbon aktif merupakan karbon pori adalah bahan elektroda yang paling banyak digunakan karena memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi disertai dengan stabilitas elektrokimia tinggi [7]. Oleh sebab itu, kemampuannya dalam berinteraksi dengan elektrolit sangat tinggi.

Untuk membangkitkan tegangan listrik diperlukan elektrolit yang berinteraksi dengan karbon aktif dan counter elektroda untuk melepaskan elektron. Salah satu elektrolit kuat adalah NaCl, sehingga baik digunakan dalam pelepasan elektron. Untuk mendapatkan hasil yang baik dalam membangkitkan tegangan listrik diperlukan prosentase dari NaCl yang tepat. Beberapa penelitian yang telah meneliti konversi energi panas menjadi tegangan listrik. Penelitian yang dilakukan oleh [8], mengkonversikan energi thermal menjadi energi listrik menggunakan karbon nano pori sebagai elektroda, yakni dua elektroda karbon nano pori direndam dalam larutan elektrolit (sodium chloride), kemudian tegangannya diukur. Diperoleh tegangan keluaran lebih dari 100 mV dengan variasi temperatur yang kecil sekitar 35°C. Penelitian oleh [9], meneliti konversi energi panas

tingkat rendah menjadi energi listrik dengan nanogenerator menggunakan efek elektrokinetik. Dengan sepotong film karbon berpori dan air deionisasi, dengan perbedaan temperatur  $4,2^{\circ}\text{C}$  didapatkan tegangan maksimal rangkaian terbuka  $0,89\text{ V}$ , koefisien pseudo-Seebeck  $210\text{ mVK}^{-1}$ . Penelitian yang dilakukan oleh [10], *harvesting* energi listrik dari medan suhu uniform dari sumber panas tingkat rendah yang berubah dengan sistem TCS (Thermally chargeable supercapacitor). TCS terdiri dari dua elektroda identik yang direndam dalam larutan elektrolit. Elektroda yang digunakan dari karbon nanotube dilapisi nikel dan karbon nano pori. Diperoleh Tegangan output sekitar  $100\text{-}160\text{ mV}$  dan energi spesifik tinggi  $600 - 1800\text{ mJ}$  per gram bahan elektroda disetiap siklus termal dengan kisaran temperatur  $50^{\circ}\text{C}$ .

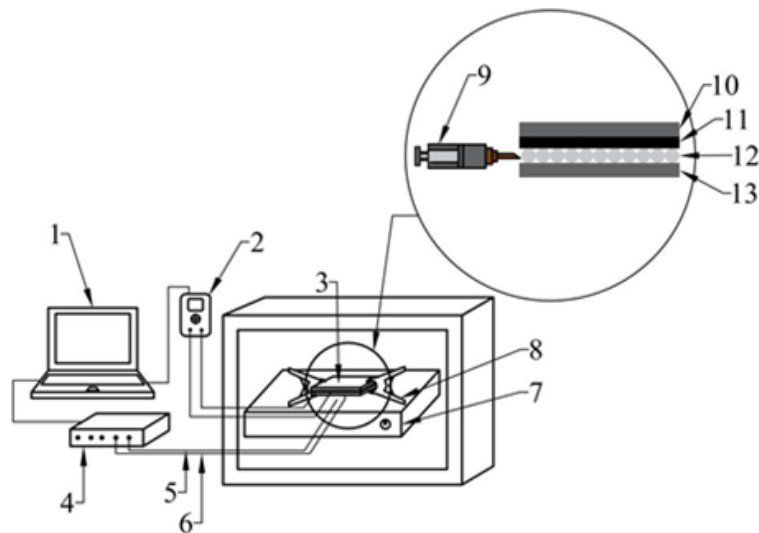
Berdasarkan uraian di atas, belum ada yang menggunakan elektroda dari karbon aktif tempurung kelapa dan metodenya dengan menginjeksikan elektrolit kedalam model. Dalam penelitian ini elektrolit diinjeksikan ke dalam model pembangkitan tegangan yaitu diantara elektroda dan counter elektroda, kemudian diberikan panas. Elektroda yang digunakan adalah karbon aktif tempurung kelapa sedangkan counter elektroda dari tembaga. Sedangkan elektrolit dari larutan NaCl yang prosentasesnya bervariasi yaitu 5%, 10%, dan 15%. Semakin tinggi prosentase NaCl semakin banyak ion-ion NaCl yang terbentuk untuk melepaskan elektron. Ketika elektrolit diinjeksikan ke dalam model terjadi interaksi dengan karbon aktif tempurung kelapa, counter elektroda dari tembaga lalu mengalami pelepasan elektron. Tujuan dari penelitian ini adalah membangkitkan tegangan menggunakan karbon aktif tempurung kelapa dengan variasi prosentase NaCl.

## METODE PENELITIAN

Bahan elektroda yang digunakan dalam penelitian ini karbon aktif tempurung kelapa dengan luas permukaan spesifik  $423,147\text{ m}^2/\text{g}$  berdasarkan uji BET. Karbon aktif tempurung kelapa yang berupa serbuk ditempelkan pada permukaan counter elektroda tembaga sebanyak  $0,052\text{ g}$ . Karbon aktif tempurung kelapa yang ditempelkan pada permukaan counter elektroda tembaga berukuran  $25\text{ mm} \times 25\text{ mm}$ . Ukuran efektif dari karbon aktif tempurung kelapa  $25\text{ mm} \times 15\text{ mm}$ . Counter elektroda tembaga berukuran  $50\text{ mm} \times 25\text{ mm} \times 0,3\text{ mm}$ . Sedangkan elektrolit yang digunakan dari larutan NaCl dengan prosentase yang bervariasi yaitu 5%, 10%, dan 15% massa NaCl. Elektrolit NaCl disuntikkan ke dalam model dengan volume  $0,2\text{ ml}$ .

Pengujian dilakukan secara eksperimen untuk memperoleh data tegangan dan temperatur. Pengujian dilakukan dengan menginjeksikan elektrolit larutan NaCl dengan prosentase masing-masing 5%, 10% dan 15% massa NaCl ke dalam model kemudian diberikan energi panas. Adapun model pembangkitan tegangan tersusun atas counter elektroda – elektroda - counter elektorda. Elektroda yang digunakan adalah karbon aktif tempurung kelapa sedangkan counter elektroda dari tembaga. Karbon aktif tempurung kelapa yang berupa serbuk ditempelkan pada permukaan counter elektroda tembaga dengan ukuran  $25\text{ mm} \times 25\text{ mm}$ , sedangkan permukaan counter elektroda tembaga mempunyai ukuran  $50\text{ mm} \times 25\text{ mm}$ . Kemudian model pembangkit tegangan dijepit. Bagian karbon aktif tempurung kelapa dan counter elektroda tembaga dari model dihubungkan ke alat ukur tegangan yaitu multimeter digital yang dihubungkan ke laptop untuk membaca besarnya tegangan yang terukur. Elektrolit larutan NaCl diinjeksikan diantara counter elektroda dan elektorda karbon aktif tempurung kelapa, lalu pemanas dihidupkan. Data diambil ketika panas sudah stabil. Pengukuran besarnya temperatur permukaan sumber panas dan temperatur permukaan bawah model digunakan data logger yang dihubungkan ke laptop.

Adapun skema instalasi pembangkitan potensial listrik ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Instalasi

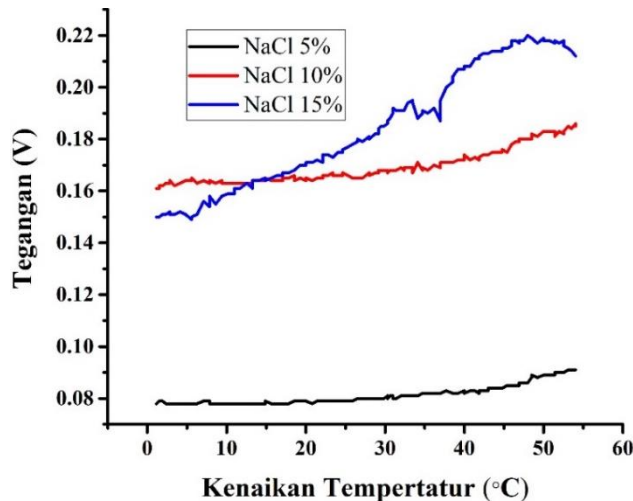
Keterangan gambar:

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| 1. Laptop             | 8. Penjepit                                   |
| 2. Multimeter digital | 9. Suntikan                                   |
| 3. Model              | 10. Counter elektroda (tembaga)               |
| 4. Data Logger        | 11. Elektroda (karbon aktif tempurung kelapa) |
| 5. Termokopel 1       | 12. Elektrolit (NaCl)                         |
| 6. Termokopel 2       | 13. Counter elektroda (tembaga)               |
| 7. Pemanas            |   |

Dimulai dengan menginjeksikan elektrolit larutan NaCl (12) ke dalam model (3) menggunakan suntikan (9) lalu dipanaskan dengan alat pemanas (7). Elektrolit dari larutan NaCl yang diinjeksikan dengan suntikan volumenya 0,2 ml. Elektrolit yang diinjeksikan dari larutan NaCl dengan prosentase masing-masing 5%, 10% dan 15% massa NaCl. Sedangkan model pembangkitan tegangan tersusun atas counter elektroda - elektroda - counter elektroda. Elektroda yang digunakan adalah karbon aktif tempurung kelapa (11) dan counter elektroda dari tembaga (10) dan (13). Kandungan tembaga Cu = 98,68%. Elektrolit NaCl ketika diinjeksikan dan diberikan panas pada model terjadi interaksi dengan karbon aktif tempurung kelapa dan counter elektroda tembaga yang mengakibatkan pelepasan elektron. Elektron yang lepas ini dibaca oleh multimeter digital (2) yang dilengkapi data logger yang dihubungkan ke laptop (1) yang membaca besarnya tegangan listrik. Multimeter yang dipakai adalah Mastech tipe MS8250C. Data temperatur diperoleh dengan menggunakan termokopel 2 (6) yang diletakkan pada permukaan bawah model dan pada permukaan atas pemanas termokopel 1 (5), terhubung dengan data logger (3) dan tersambung ke laptop untuk menyimpan data. Termokopel tipe K digunakan dengan diameter 0,3 mm. Sedangkan data logger yang digunakan adalah advantec tipe USB-4718.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tegangan yang dihasilkan oleh model pembangkitan tegangan akibat kenaikan temperatur hingga  $\Delta T = 54^{\circ}\text{C}$  ditunjukkan pada Gambar 2. Model pembangkitan tegangan menggunakan karbon aktif tempurung kelapa sebagai elektroda dengan counter elektroda tembaga. Sedangkan elektrolit dari larutan NaCl dengan prosentase masing-masing 5%, 10%, dan 15%. Sedangkan  $\Delta T$  merupakan kenaikan temperatur permukaan bawah model dari temperatur ruang.



Gambar 2. Tegangan akibat kenaikan temperatur dengan variasi prosentase NaCl

Ketika elektrolit dari larutan natrium chloride (NaCl) dengan prosentase NaCl 5% diinjeksikan suntikkan kedalam model pembangkitan tegangan, tegangan yang dihasilkan sekitar 0,078 volt, pada prosentase NaCl 10% sekitar 0,161 volt, dan dengan prosentase 15% sekitar 0,15 volt. Ketika model dipanaskan hingga temperatur  $\Delta T = 54^{\circ}\text{C}$ , tegangan yang dihasilkan meningkat sampai mencapai 0,091 volt pada prosentase 5% NaCl, pada prosentase NaCl 10% mencapai sekitar 0,181 volt, dan pada prosentase 15% mencapai 0,212 volt. Tegangan yang dihasilkan baik pada prosentase NaCl 5%, 10%, dan 15% cenderung meningkat. namun di atas temperatur  $\Delta T = 45^{\circ}\text{C}$ , cenderung menurun pada prosentase NaCl 15%, sedangkan pada prosentase 5% dan 10% cenderung melemah. Hal ini disebabkan pada temperatur tinggi molekul air yang mengikat NaCl lepas sehingga larutan NaCl mengkristal menjadi NaCl menyebabkan proses pelepasan elektron berkurang.

Tegangan timbul karena ada proses pelepasan elektron akibat interaksi antara gugus fungsi, pori pada permukaan karbon aktif tempurung kelapa, elektrolit NaCl, dan counter elektroda tembaga. NaCl ketika larut dalam air terionisasi menjadi  $\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ , karena diikat oleh molekul air. Ion-ion dari NaCl berinteraksi dengan permukaan karbon aktif tempurung kelapa yaitu mengalami gaya elektrostatis dengan gugus fungsi, pori-pori dan counter elektroda tembaga untuk melepaskan elektron. Pori-pori pada permukaan karbon aktif tempurung kelapa memiliki kutub positif dan negative. Kutub positif cenderung menarik  $\text{Cl}^-$ , sedangkan kutub negative cenderung menarik  $\text{Na}^+$ , sehingga terjadi pelepasan elektron. Demikian juga terjadi gaya elektrostatis pada gugus fungsi untuk melepaskan elektron. Pada karbon aktif tempurung kelapa memiliki 11 gugus fungsi berdasarkan uji FTIR yaitu (C-H) Alkenes (out-of-plane bend), (C-O) ethers, (C≡C) Alkyne, (C≡N) Nitriles, (O-H) Carboxylic acid, (C-H) Alkanes (stretch), (C-H) Aromatic (stretch), (O-H) Alcohols, Phenols H-Bonded, (N-H) Primary amides (stretch), (O-H) Alcohols, Phenols Free. Pelepasan elektron juga terjadi pada counter elektroda tembaga, dimana ion-ion NaCl mengalami gaya elektrostatis dengan tembaga sehingga tembaga melepaskan 1 elektron. Pada Gambar 2 menunjukkan semakin tinggi temperature semakin besar tegangan yang dihasilkan baik pada prosentase NaCl 5%, 10%, maupun 15%. Hal ini disebabkan dengan pemberian panas membantu pelepasan elektron, sehingga semakin tinggi temperturnya semakin banyak elektron yang dilepas. Demikian juga semakin tinggi prosentase NaCl semakin tinggi tegangan yang dihasilkan yaitu Prosentase NaCl 15% lebih tinggi dibandingkan NaCl 5% dan 10%. Hal ini disebabkan, semakin tinggi prosentase NaCl semakin banyak ion-ion NaCl yang terbentuk atau semakin banyak NaCl terionisasi menjadi  $\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$  sehingga semakin banyak elektron yang dilepaskan ketika berinteraksi dengan permukaan karbon aktif dan counter elektroda tembaga.

## SIMPULAN

Berdasarkan pembangkitan tegangan dari model dengan variasi prosentase NaCl yaitu 5%, 10%, dan 15%, dengan menggunakan karbon aktif tempurung kelapa sebagai elektroda dan counter elektroda tembaga adalah semakin tinggi prosentase NaCl semakin tinggi tegangan yang dihasilkan. Karena semakin banyak prosentase NaCl semakin banyak ion-ion dari NaCl terbentuk untuk berinteraksi dengan gugus fungsi, pori-pori dari permukaan karbon aktif tempurung kelapa dan counter elektroda tembaga dalam melepaskan elektron.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. K. Hussein, “Applications of nanotechnology in renewable energies - A comprehensive overview and understanding,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 42, pp. 460–476, 2015.
- [2] M. Xie, S. Dunn, E. Le Boulbar, and C. R. Bowen, “Pyroelectric energy harvesting for water splitting,” *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 42, no. 37, pp. 23437–23445, 2017.
- [3] J. Serafin, B. Dziejarski, and O. F. C. Junior, “Design of highly microporous activated carbons based on walnut shell biomass for H<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> storage,” vol. 201, no. September 2022, pp. 633–647, 2023.
- [4] M. Q. Wu, S. Wu, Y. F. Cai, R. Z. Wang, and T. X. Li, “Form-stable phase change composites: Preparation, performance, and applications for thermal energy conversion, storage and management,” vol. 42, no. July, pp. 380–417, 2021.
- [5] B. Xu, L. Liu, H. Lim, Y. Qiao, and X. Chen, “Harvesting energy from low-grade heat based on nanofluids,” *Nano Energy*, vol. 1, no. 6, pp. 805–811, 2012.
- [6] A. R. M. Siddique, S. Mahmud, and B. Van Heyst, “A review of the state of the science on wearable thermoelectric power generators (TEGs) and their existing challenges,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 73, no. December 2016, pp. 730–744, 2017.
- [7] C. Portet, G. Yushin, and Y. Gogotsi, “Electrochemical performance of carbon onions, nanodiamonds, carbon black and multiwalled nanotubes in electrical double layer capacitors,” *Carbon N. Y.*, vol. 45, no. 13, pp. 2511–2518, 2007.
- [8] Y. Qiao, V. K. Punyamurtal, A. Han, and H. Lim, “Thermal-to-electric energy conversion of a nanoporous carbon,” *J. Power Sources*, vol. 183, no. 1, pp. 403–405, 2008.
- [9] K. Liu *et al.*, “Thermal–Electric Nanogenerator Based on the Electrokinetic Effect in Porous Carbon Film,” *Adv. Energy Mater.*, vol. 8, no. 13, pp. 1–6, 2018.
- [10] H. Lim, Y. Shi, and Y. Qiao, “Thermally chargeable supercapacitor working in a homogeneous, changing temperature field,” *Appl. Phys. A Mater. Sci. Process.*, vol. 122, no. 4, pp. 2–7, 2016.