

PENGARUH KONSENTRASI MOLARITAS KOH TERHADAP SIFAT KELISTRIKAN BIO BATERAI AMPAS KOPI

THE EFFECT OF KOH MOLARITY CONCENTRATION ON THE ELECTRICAL PROPERTIES OF SPENT COFFEE GROUNDS BIO-BATTERY

Ishak Pawarangan^{*1}, Widya Anjelia Tumewu², Vicky Julius Mawuntu³, Igreya Kumendong⁴, Sayenne Pungus⁵

^{1,3,5}Program Studi Fisika,
Universitas negeri Manado,
Tondano, Indonesia
ishakpawarangan@unima.ac.id

²Program Studi Pendidikan IPA,
Universitas negeri Manado,
Tondano, Indonesia
widyaanjeliatumewu@unima.ac.id

⁴Program Studi Pendidikan Fisika,
Universitas negeri Manado,
Tondano, Indonesia
igreyakumendong@gmail.com

ABSTRACT

Spent coffee grounds are an abundant organic waste material. Spent coffee grounds have significant potential as an environmentally friendly alternative energy source in bio-battery technology. This study aims to analyze the effect of KOH molarity concentration on the electrical properties of coffee ground-based bio-batteries. Variations in KOH molarity solutions of 1M, 3M, and 5M, each mixed with 50 grams of spent coffee grounds, were utilized to evaluate their effect on the electrical properties, including current, voltage, and power output. The results indicate that increasing the molarity concentration significantly enhances the bio-battery's performance, as evidenced by increased voltage and maximum power output. The highest electrical power output, 97.2 mW, was achieved at a 5M KOH concentration. The study concludes that selecting the appropriate molarity concentration is a key factor in optimizing the performance of coffee ground-based bio-batteries. This research contributes to the advancement of renewable energy development from organic waste.

Keywords : *spent coffee grounds, bio-battery, molarity, electrical properties, renewable energy*

1. PENDAHULUAN

Permasalahan global terkait krisis energi dan perubahan iklim telah mendorong pengembangan teknologi yang berfokus pada sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan. Indonesia sendiri masih bergantung pada bahan bakar fosil yang tidak terbarukan sebagai sumber energi^[1]. Bio baterai, sebagai salah satu solusi inovatif, memanfaatkan bahan organik untuk menghasilkan energi listrik melalui proses elektrokimia. Ampas kopi, yang merupakan limbah organik hasil sampingan dari konsumsi dan industri kopi, salah satu material yang potensial menjadi bahan dasar bio baterai. Ampas kopi diketahui mengandung senyawa organik seperti karbohidrat, melanoidin, dan lipid, dan senyawa lainnya^[2,3].

Semakin bermunculannya kedai kopi sebagai bagian dari tren dan gaya hidup masa kini menjadi salah satu faktor terhadap peningkatan perdagangan dan konsumsi kopi. Organisasi Kopi Internasional per Januari 2024 melaporkan bahwa konsumsi kopi global mencapai 173,1 juta kantong (60 kg/kantong di tahun 2022/2023^[4]). Riset terkait pemanfaatan ampas kopi terus dilakukan sebagai upaya pengelolaan produk sampingan yang cukup besar^[5] dari konsumsi kopi menjadi material fungsional. Hasil riset menunjukkan bahwa ampas kopi memiliki potensi menjadi bio-baterai^[1,6-9]. Se jauh ini, riset terkait pemanfaatan ampas kopi masih terbatas pada penggunaannya sebagai bio-baterai. Lebih lanjut, hasil riset lainnya melaporkan bahwa bubuk ampas kopi didominasi unsur karbon (C) pada kisaran 60-70 %^[10,11]. Kandungan karbon ini dapat diaktivasi menjadi karbon aktif yang dan digunakan sebagai bahan elektroda superkapasitor karena mempunyai daya dan kemampuan energi yang tinggi^[12,13].

Kinerja bio baterai dipengaruhi oleh berbagai parameter, salah satunya adalah konsentrasi molaritas larutan elektrolit. Konsentrasi molaritas menentukan jumlah ion yang tersedia untuk konduksi listrik, yang secara langsung memengaruhi sifat kelistrikan seperti konduktivitas, tegangan keluaran, dan densitas arus. Variasi konsentrasi molaritas dapat memengaruhi efisiensi transfer elektron dalam

sistem, sehingga memengaruhi performa keseluruhan bio baterai. Oleh karena itu, analisis perlu dianalisis mengenai adanya pengaruh konsentrasi molaritas terhadap sifat kelistrikan dan kajian ini menjadi penting untuk memahami mekanisme dasar dan mengoptimalkan kinerja perangkat.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi molaritas pada sifat kelistrikan bio baterai berbasis ampas kopi yang meliputi tegangan, arus, dan efisiensi daya. Dengan pendekatan eksperimental yang sistematis, studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan bio baterai sebagai alternatif sumber energi berkelanjutan. Pemahaman yang dihasilkan dari penelitian ini juga dapat membuka peluang untuk aplikasi teknologi yang lebih luas dalam konteks pengelolaan limbah organik dan pengembangan energi terbarukan.

2. KAJIAN PUSTAKA

Kopi merupakan minuman yang dihasilkan dari proses pengolahan dan ekstraksi biji tanaman kopi. Umumnya, terdapat dua jenis biji kopi yang biasa ditemui yakni Arabika dan Robusta. Dalam beberapa dekade terakhir, pengembangan teknologi energi alternatif menjadi perhatian utama dalam upaya mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Bio baterai merupakan salah satu inovasi dalam energi ramah lingkungan yang memanfaatkan bahan sampah organik untuk menghasilkan listrik. Ampas kopi, sebagai limbah organik, memiliki potensi memproduksi energi melalui reaksi elektrokimia karena kandungan karbon dan sifat elektrokimianya yang memadai.

Penelitian terkait pemanfaatan ampas kopi pada berbagai aplikasi telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang masih relevan terhadap masalah yang menjadi objek penelitian ini. Sejumlah penelitian terkait pemanfaatan ampas kopi seperti pemanfaatan ampas kopi untuk produksi biodiesel, anoda baterai natrium ion, baterai lithium ion, superkapasitor, anoda penyimpanan energi, dan bio baterai [1,6,20,7,8,14-19]. Tabel 1 menunjukkan bahan, aplikasi dan peneliti terkait dengan pemanfaatan ampas kopi dalam bidang elektronika.

Tabel 1. Pemanfaatan ampas kopi dalam bidang elektronika

Bahan	Aplikasi	Referensi
	Anoda baterai Na-ion	[15]
	Baterai Lithium-ion	[16,18,19]
Ampas kopi	Anoda penyimpanan energi	[17]
	Superkapasitor	[19,20]
	Bio baterai	[6,8,11]

3. METODE PENELITIAN

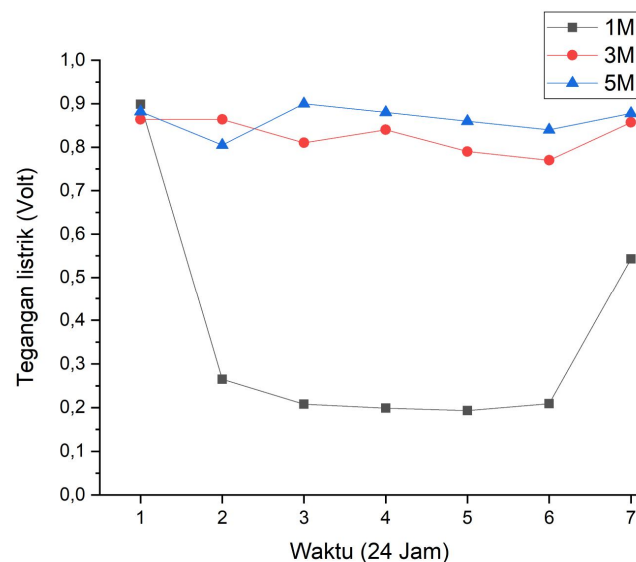
Penelitian dilaksanakan di laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam dan Kebumihan, Universitas Negeri Manado. Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan ampas kopi dari kedai kopi di Tondano, Indonesia, pengeringan pada suhu 80 °C selama 2 jam, penumbukan menggunakan mortar dan pengayakan. Selanjutnya, larutan dibuat dengan menggunakan 50 gram ampas kopi, 150 ml akuades yang masing masing dengan konsentrasi KOH berbeda yakni 1M, 3M, dan 5M. Setelah masing masing konsentrasi di dapatkan, 2 buah elektroda yakni elektroda tembaga (Cu) dan seng (Zn) diletakkan pada jarak 4 cm. Pengujian sifat kelistrikan dilakukan setiap 24 jam dengan memasang resistor beban 100 Ohm. Susunan alat pengujian dan pengukuran pada masing-masing konsentrasi 1M, 3M, dan 5M ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Susunan alat pengujian dan pengukuran untuk konsentrasi 1M, 3M, dan 5M.

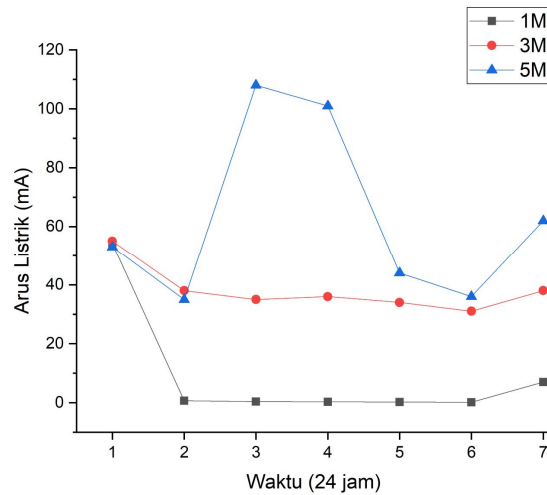
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran terhadap sifat kelistrikan yang meliputi arus dan tegangan listrik pada 3 konsentrasi 1M, 3M dan 5M KOH dilakukan setiap 24 jam menggunakan multimeter. Data hasil pengukuran disajikan dalam bentuk grafik arus dan tegangan listrik menggunakan aplikasi Origin. Hasil pengukuran tegangan listrik (Volt) setiap 24 jam selama 7 hari pada 3 konsentrasi berbeda ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil pengukuran tegangan listrik pada 3 konsentrasi KOH berbeda

Nilai tegangan (Volt) setiap 24 jam selama 7 hari pada konsentrasi 1M, 3M, dan 5M menunjukkan hasil yang berbeda seperti tampak pada Gambar 2. Pada hari pertama nilai tegangan listrik pada konsentrasi 1M, 3M, dan 5M memiliki nilai yang hampir sama masing masing pada nilai 0,899 V; 0,864 V; 0,882 V. Pada hari kedua untuk konsentrasi larutan 1M mengalami penurunan yang drastis hingga 0,265 V. Pola penurunan nilai tegangan listrik 1M memiliki pola yang mirip bio baterai ampas kopi Robusta^[6] dan ampas kopi Arabika pada jarak elektroda 6 cm^[8] dimana pada hari kedua mengalami penurunan drastis. Hari ketiga hingga keenam nilai arus relatif stabil. Hari ketujuh terdapat anomali dimana nilai tegangan mengalami peningkatan dari tegangan pada hari sebelumnya dimana peningkatan terbesar pada konsentrasi 1M yang meningkat hingga 0,543 V dari sebelumnya 2,09 V. Selanjutnya, nilai arus listrik yang dihasilkan pada masing masing konsentrasi ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil pengukuran arus listrik pada 3 konsentrasi KOH berbeda

Gambar 3 menunjukkan nilai arus listrik yang dihasilkan selama 7 hari berbeda pada masing-masing konsentrasi. Tampak pada grafik bahwa nilai tegangan terendah dihasilkan pada konsentrasi 1M dengan produksi nilai arus maksimum sebesar 54 mA pada hari pertama dan terus mengalami penurunan nilai arus hingga hari keenam. Konsentrasi 3M menghasilkan nilai arus listrik sebesar 54 mA pada hari pertama dan nilai arus relatif stabil pada hari kedua hingga ketujuh pada kisaran 31 hingga 38 mA. Konsentrasi larutan 5M menghasilkan nilai arus yang relatif lebih tinggi dibanding 2 konsentrasi lainnya. Meski demikian, nilai arusnya tidak stabil. Nilai arus yang dihasilkan pada konsentrasi 3M dan 5M lebih stabil dan lebih tinggi dibanding hasil riset sebelumnya^[6,8]. Sifat kelistrikan berupa arus, tegangan, dan daya listrik yang dihasilkan pada konsentrasi 1M, 3M, dan 5M dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat kelistrikan bio-baterai ampas kopi pada konsentrasi berbeda

Hari ke-	Sifat kelistrikan								
	Arus Listrik (mA)			Tegangan Listrik (V)			Daya Listrik (mW)		
	1M	3M	5M	1M	3M	5M	1M	3M	5M
1	54	55	53	0,899	0,864	0,882	48,546	47,520	46,746
2	0,67	38	35	0,265	0,864	0,805	0,178	32,832	28,175
3	0,42	35	108	0,208	0,810	0,900	0,087	28,350	97,200
4	0,31	36	101	0,199	0,840	0,880	0,062	30,240	88,880
5	0,22	34	44	0,193	0,790	0,860	0,042	26,860	37,840
6	0,19	31	36	0,209	0,770	0,840	0,039	23,870	30,240
7	7	38	62	0,543	0,857	0,878	3,801	32,566	54,436

Daya listrik yang dihasilkan konsentrasi larutan 1M, 3M, dan 5M seperti tampak pada Tabel 1 memiliki nilai yang tidak signifikan berbeda pada rentang 46 hingga 48 mW dan dapat menghidupkan beban berupa lampu LED dengan baik. Konsentrasi larutan 1M menghasilkan daya yang terus menurun sebagai akibat dari menurunnya produksi arus dan tegangan listrik dan mengakibatkan beban lampu LED tidak dapat menyala. Konsentrasi larutan 3M dan 5M masih dapat menghidupkan lampu LED dengan baik meskipun lampu menyala lebih redup pada konsentrasi larutan 3M. Hal ini bersesuaian dengan hasil penelitian sebelumnya bahwa peningkatan konsentrasi larutan berpengaruh terhadap produksi daya listrik^[1]. Konsentrasi molaritas menentukan jumlah ion yang tersedia untuk konduksi listrik, yang secara langsung memengaruhi sifat kelistrikan seperti tegangan keluaran, densitas arus dan daya listrik. Variasi konsentrasi molaritas dapat memengaruhi efisiensi transfer elektron dalam sistem, sehingga memengaruhi performa sifat kelistrikan bio baterai.

Konsentrasi molaritas larutan elektrolit memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat kelistrikan bio baterai berbasis ampas kopi, yang tampak dalam nilai arus, tegangan, dan daya listrik yang dihasilkan. Pada konsentrasi 1M, jumlah ion dalam larutan relatif rendah, sehingga arus dan tegangan yang dihasilkan kecil. Hal ini menyebabkan daya listrik yang dihasilkan kurang optimal karena jumlah ion yang tersedia untuk menghantarkan listrik terbatas. Ketika konsentrasi dinaikkan menjadi 3M, jumlah ion dalam larutan bertambah, yang meningkatkan konduktivitas dan efisiensi reaksi redoks. Pada konsentrasi ini, nilai arus, tegangan, dan daya listrik mencapai puncaknya, karena kombinasi optimal antara jumlah ion yang tersedia dan mobilitasnya. Namun, pada konsentrasi 5M, meskipun jumlah ion dalam larutan lebih tinggi dibandingkan dengan 3M dan 1M, fenomena "ion crowding" atau penumpukan ion di sekitar elektroda mulai terjadi. Penumpukan ini menghambat mobilitas ion dan mengurangi efisiensi transfer muatan, sehingga arus, tegangan, dan daya listrik yang dihasilkan tidak sebaik pada konsentrasi 3M. Dengan demikian, meskipun konsentrasi 5M lebih tinggi, performa terbaik dicapai pada konsentrasi 3M karena keseimbangan ideal antara jumlah dan mobilitas ion dalam larutan.

5. KESIMPULAN

Bio-baterai berbahan ampas kopi dengan pengaruh konsentrasi larutan 1M, 3M, dan 5M telah berhasil dilakukan dan telah dapat menghasilkan sifat kelistrikan. Konsentrasi molaritas larutan elektrolit memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat kelistrikan bio baterai berbahan dasar ampas kopi berupa arus, tegangan, dan daya listrik. Pada konsentrasi 1M, kinerja bio baterai menunjukkan hasil yang rendah dalam hal arus, tegangan, dan daya listrik karena jumlah ion yang tersedia terbatas. Pada konsentrasi 3M, terjadi peningkatan performa yang signifikan akibat peningkatan jumlah ion yang mendukung reaksi elektrokimia, sehingga arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan lebih tinggi. Pada konsentrasi 5M, kinerja bio baterai mencapai puncaknya dengan menghasilkan arus, tegangan, dan daya listrik tertinggi, selama tidak terjadi kejenuhan larutan yang dapat mengurangi efisiensi. Peningkatan konsentrasi molaritas hingga batas optimal menjadi salah satu faktor penting dalam memaksimalkan efisiensi bio baterai ampas kopi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterimakasih kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) Tahun 2024 atas dukungan pendanaan sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Penelitian ini merupakan bagian dari pengembangan prototipe bio baterai ampas kopi yang selanjutnya digunakan dalam kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat Tahun 2024. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika, Universitas Negeri Manado yang telah memberikan fasilitas dan bantuan selama proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Haliq, R., Kan, K., & Ismail, I. (2022). Utilization of Spent Coffee Grounds with Sodium Hydroxide (NaOH) as Electrolyte for Applications Bio-Battery. *Defect and Diffusion Forum*, 421, 111–120. <https://doi.org/10.4028/p-9b45r6>
- [2] Novitra, R., Aziz, H., & Taer, E. (2022). Supercapactors based on active carbon from spent arabica coffee ground using NaOH activators. *Journal of Aceh Physics Society*, 11(1), 33–40. <https://doi.org/10.24815/jacps.v11i1.22227>
- [3] Atabani, A. E., Al-Muhtaseb, A. H., Kumar, G., Saratale, G. D., Aslam, M., Khan, H. A., Said, Z., & Mahmoud, E. (2019). Valorization of spent coffee grounds into biofuels and value-added products: Pathway towards integrated bio-refinery. *Fuel*, 254(February), 115640. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.115640>
- [4] International Coffee Organization (ICO). (2024). *Coffee Market Report*.

- <https://www.icocoffee.org/documents/cy2023-24/cmr-0524-e.pdf>
- [5] Kourmentza, C., Economou, C. N., Tsafrakidou, P., & Kornaros, M. (2018). Spent coffee grounds make much more than waste: Exploring recent advances and future exploitation strategies for the valorization of an emerging food waste stream. *Journal of Cleaner Production*, 172, 980–992. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.088>
- [6] Pawarangan, I., & Jefriyanto, W. (n.d.). *Identifikasi Sifat Kelistrikan Bio-baterai Berbahan Dasar Ampas Kopi Identification of Electrical Properties of Bio-battery based on Spent Coffee Grounds*. 92–96.
- [7] Haliq, R., Aryaraditya Prawira, I. K. Y., & Ismail, A. I. (2022). Utilization of Spent Coffee Grounds with Hydrochloric Acid (HCl) as Electrolyte for Bio-Battery Applications. *Defect and Diffusion Forum*, 421, 121–131. <https://doi.org/10.4028/p-jum2pa>
- [8] Pawarangan, I., Pineng, M., & Anum, S. A. (2022). The electrical productivity of Arabica coffee grounds battery based on electrode distance and dryness level. *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.12928/jrkpf.v9i1.20>
- [9] Pawarangan, I., Pongsapan, F. P., Jefriyanto, W., Pineng, M., Tana, D. P., & Anum, S. A. (2022). Spent Coffee Grounds and Its Potential Applications for Electronic Devices: A Review. *AIP Conference Proceedings*, 2542(November), 050014-1-050014–050015. <https://doi.org/10.1063/5.0103206>
- [10] Pawarangan, I., Thana, D. P., Jefriyanto, W., & ... (2023). Analisis Struktur Morfologi Dan Gugus Fungsi Serbuk Kopi Robusta Toraja. *Fullerene Journal of ...*, 8(1), 21–26. <https://doi.org/10.37033/fjc.v8i1.520>
- [11] Thana, D. P., Pawarangan, I., Jefriyanto, W., Pineng, M., Pasinggi, E. S., Bone, R. S., Mari', Y., & Conny, C. (2023). Morphological structure and functional group of Toraja robusta and arabica spent coffee grounds for electronic device applications. *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika*, 10(1), 22–27. <https://doi.org/10.12928/jrkpf.v10i1.378>
- [12] Surawan, T., & Priambodo, P. S. (2019). Supercapacitor Based On Active Carbon Electrode: Review. *2019 16th International Conference on Quality in Research (QIR): International Symposium on Electrical and Computer Engineering*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/QIR.2019.8898254>
- [13] Ahmad, A., Gondal, M. A., Hassan, M., Iqbal, R., Ullah, S., Alzahrani, A. S., Memon, W. A., Mabood, F., & Melhi, S. (2023). Preparation and Characterization of Physically Activated Carbon and Its Energetic Application for All-Solid-State Supercapacitors: A Case Study. *ACS Omega*, 8(24), 21653–21663. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c01065>
- [14] Blinová, L., Pastierova, A., & Sirotiak, M. (2017). Biodiesel Production from Spent Coffee Grounds. *Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology*, 25(40), 113–121. <https://doi.org/10.1515/rput-2017-0013>
- [15] Gao, G., Cheong, L. Z., Wang, D., & Shen, C. (2018). Pyrolytic carbon derived from spent coffee grounds as anode for sodium-ion batteries. *Carbon Resources Conversion*, 1(1), 104–108. <https://doi.org/10.1016/j.crcon.2018.04.001>
- [16] Luna-Lama, F., Rodríguez-Padrón, D., Puente-Santiago, A. R., Muñoz-Batista, M. J., Caballero, A., Balu, A. M., Romero, A. A., & Luque, R. (2019). Non-porous carbonaceous materials derived from coffee waste grounds as highly sustainable anodes for lithium-ion batteries. *Journal of Cleaner Production*, 207, 411–417. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.024>
- [17] Tsai, S. Y., Muruganatham, R., Tai, S. H., Chang, B. K., Wu, S. C., Chueh, Y. L., & Liu, W. R. (2019). Coffee grounds-derived carbon as high performance anode materials for energy storage applications. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 97, 178–188. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2019.01.020>
- [18] Vo, T. N., Le, V. T., Dang, N. K., Le, M. L. P., Nguyen, V. H., Tran, V. M., Nguyen, M. T., Tran, N. H. T., Nguyen, T. L., & Kim, I. T. (2024). ZnCl₂-based activation for converting spent coffee grounds into a robust anode for Li-ion batteries. *Biomass and Bioenergy*, 181(April 2023), 107058. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2024.107058>

- [19] Sangprasert, T., Sattayarut, V., Rajrujithong, C., Khanchaitit, P., Khemthong, P., Chanthad, C., & Grisdanurak, N. (2022). Making use of the inherent nitrogen content of spent coffee grounds to create nanostructured activated carbon for supercapacitor and lithium-ion battery applications. *Diamond and Related Materials*, 127(April), 109164. <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2022.109164>
- [20] Karakaş, D. E., Akdemir, M., Atelge, M. R., Kaya, M., & Atabani, A. E. (2023). Defatted spent coffee grounds-supported cobalt catalyst as a promising supercapacitor electrode for hydrogen production and energy storage. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 25(2), 483–493. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02164-2>