

Pengaruh Suhu Proses Karbonasi Terhadap Konduktivitas Listrik Arang Bambu Sebagai Elektroda Superkapasitor

*¹Messy Shania Pongajow, ²Heinrich Taunaumang, ³Farly R. Tumimomor, ⁴Alfrie M. Rampengan,

¹⁻⁴Program Studi Fisika, FMIPAK, Universitas Negeri Manado, Indonesia

*Korespondensi penulis: messyshania@gmail.com

Abstract. *Electrical energy is a primary need for every human being. Supercapacitors are sophisticated electrical energy storage devices that combine the advantages of conventional batteries and capacitors so that they have the ability to store energy better. The use of electrode materials is one of the factors that affect the effectiveness of supercapacitors, electrode materials can be made from polymeric materials, metal oxides, and porous materials such as activated carbon. Activated carbon is made through two main stages, namely the carbonization and activation stages. Bamboo charcoal is a solid product that uses bamboo raw materials through a carbonization process under high temperatures (high temperature charcoal). This research is a research using experimental method. From the research results, carbonized bamboo charcoal at temperatures of 300°C, 350°C, 400°C, 450°C and 500°C has a higher electrical conductivity value as the carbonization temperature increases. So it can be concluded that the temperature in the carbonization process affects the electrical conductivity of bamboo charcoal.*

Keywords: *Bamboo, Activated Carbon, Carbonization Temperature, Electrical Conductivity*

Abstrak. Energi listrik merupakan kebutuhan primer bagi setiap manusia. Superkapasitor merupakan perangkat penyimpan energi listrik canggih yang menggabungkan keunggulan baterai dan kapasitor konvensional sehingga memiliki kemampuan penyimpanan energi yang lebih baik. Penggunaan material elektroda merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat efektivitas superkapasitor. Bahan elektroda dapat dibuat dari polimer, oksida logam dan bahan berpori seperti karbon aktif. Karbon aktif dibuat melalui dua tahap utama, yaitu tahap karbonisasi dan aktivasi. Arang bambu merupakan suatu produk padat yang menggunakan bahan baku bambu melalui proses karbonisasi pada suhu tinggi (high temperatur arang). Penelitian ini merupakan penelitian dengan menggunakan metode eksperimen. Dari hasil penelitian, arang bambu yang dikarbonisasi pada suhu 300°C, 350°C, 400°C, 450°C dan 500°C mempunyai nilai daya hantar listrik yang semakin tinggi seiring dengan meningkatnya suhu karbonisasi. Jadi dapat disimpulkan bahwa suhu pada proses karbonisasi berpengaruh terhadap daya hantar listrik arang bambu.

Kata Kunci : Bambu, Karbon Aktif, Suhu Karbonasi, Konduktivitas Listrik

PENDAHULUAN

Energi listrik menjadi kebutuhan primer bagi setiap manusia. Hampir setiap kegiatan membutuhkan listrik, termasuk dalam bidang teknologi dan transportasi membutuhkan listrik dengan piranti penyimpan energi listrik. Contohnya laptop dan mobil listrik yang menggunakan baterai sebagai piranti penyimpan energi listrik (Amaliah dkk., 2018; Budianti, 2020; Aprinita, 2021). Selain baterai, salah satu piranti penyimpan energi listrik modern yang dikembangkan saat ini adalah superkapasitor (Destyorini dkk., 2018; Fanani & Ulfindrayani, 2019; Fitrihya, 2021).

Superkapasitor, yaitu perangkat penyimpanan energi listrik canggih yang menggabungkan keunggulan baterai dan kapasitor biasa untuk meningkatkan kemampuan penyimpanan energi, merupakan jenis perangkat penyimpanan energi listrik kontemporer

lainnya yang saat ini sedang dikembangkan. Superkapasitor adalah salah satu teknologi penyimpanan energi yang paling menjanjikan karena memiliki banyak keunggulan, termasuk kepadatan dan kapasitas daya yang lebih tinggi dibandingkan baterai, waktu pengisian dan pengosongan yang lebih cepat, masa pakai yang lebih lama, dan peningkatan daya tahan (Hidayat & Zidni, 2019; Gunanda, 2021; Hafidoh, 2021). Kolektor arus, elektroda, elektrolit, dan *separator* adalah empat komponen penting dari superkapasitor (Kurniawan dkk., 2018; Jayachandran, 2021; Maulana, 2021). Salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan superkapasitor adalah jenis bahan elektroda yang digunakan (Tumimomor et al, 2017; Patiung & Gazali, 2020; Nurhasmia, 2021). Bahan elektroda dapat dibuat dari bahan polimer, oksida logam, dan material berpori seperti karbon aktif (Pujiyanto, 2010; Putri dkk., 2019; Aprinita, 2021).

Karbon aktif merupakan salah satu bahan elektroda yang secara luas telah digunakan karena harganya yang murah, bahan dasar yang mudah didapat, memiliki konduktivitas listrik yang baik, ketahanan kimia dan luas permukaan spesifik yang tinggi (Tumimomor & Palilingan, 2018; Santika & Wibawa, 2020; Reza dkk., 2022). Dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi adalah tiga tahapan dalam proses produksi karbon aktif (Sugito & Mujasam, 2017; Tetra dkk., 2018; Yuningsih dkk., 2019). Karbonisasi merupakan pemanasan bahan baku dalam kondisi vakum dan dengan temperatur yang tinggi, sedangkan aktivasi merupakan proses pemutusan rantai karbon untuk membuka struktur pori, meningkatkan volume dan memperkecil diameter pori (Kurniawan et al., 2018). Dan suhu yang digunakan dalam proses karbonisasi merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi kualitas karbon aktif itu sendiri. Salah satu aspek penting dari pengembangan dan produk karbon aktif adalah bambu. Dalam penelitian sebelumnya, dinyatakan bahwa arang bambu memiliki potensi untuk menjadi bahan aktif karbon berkualitas tinggi dan efisien (Jayachandran, 2021). Dengan demikian, dikarenakan bambu memiliki kandungan karbon dalam lignin dan selulosa yang menjadikan bahan ini dapat dijadikan alternatif dalam pembuatan karbon aktif (Farly et al, 2017).

Arang bambu merupakan produk yang menggunakan bahan baku bambu melalui proses karbonisasi di bawah suhu yang tinggi (*high temperature charcoal*). Sesuai dengan penggunaan suhu karbonisasi, arang bambu dapat diklasifikasi menjadi arang suhu rendah (*low temperature charcoal*), *middle temperature charcoal*, dan *high temperature charcoal* (Amaliah et al., 2018). Namun, melalui proses karbonisasi arang bambu pada suhu tertentu, apakah nilai konduktivitas bambu sebagai karbon aktif akan tetap efisien?

Dengan demikian berdasarkan permasalahan di atas, maka penelitian ini dilaksanakan dengan judul Pengaruh Suhu Proses Karbonisasi Terhadap Konduktivitas Listrik Arang Bambu Sebagai Elektroda Superkapasitor.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Material Universitas Negeri Manado, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, dan Kebumihan. Alat yang digunakan adalah peralatan penggiling atau penumbuk, sarung tangan, lumping porselen, aluminium foil, oven listrik, krusibel porselin, *furnace*, penyaring 100 Mesh, timbangan analitik, spatula atau sendok, *mixer*, *magnetic stirrer*, *beaker glasspyrex* atau gelas kimia 250 ml, botol semprot, pipa paralon (panjang 10 cm dan diameter 1,5 cm) dan alat uji konduktivitas listrik yaitu *conductivity meter* (LAQUA EC210). Bahan yang digunakan adalah bambu batik dan aquades.

1. Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan persiapan penelitian yang diawali dengan mencari metode yang dapat memecahkan masalah yang telah di rumuskan kemudian melakukan studi literatur yakni melalui penelitian terdahulu internet, jurnal maupun buku.

2. Tahap Pelaksanaan

Peneliti menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan berupa bahan bambu batik yang sudah dicuci dan dipotong-potong yang kemudian di oven selama 24 jam dengan suhu 75°C. Setelah itu, bambu dikeluarkan dari oven dan di potong-potong kecil dan dimasukkan kedalam krusibel porselin lalu di *furnace* dengan variasi suhu karbonisasi 300°C, 350°C, 400°C, 450°C dan 500°C. Setelah melalui proses karbonisasi maka terbentuk arang bambu yang selanjutnya ditumbuk dan dihaluskan dengan menggunakan lumping porselen, kemudian disaring dengan 100 mesh lalu arang bambu di timbang dengan menggunakan timbangan analitik sebanyak 5 gr kemudian dicampurkan menggunakan mixer dengan aquades sebanyak 250 ml lalu di lakukan pengukuran konduktivitas listrik menggunakan *conductivity meter*. Lakukan pengukuran ini dengan arang dari proses karbonisasi pada suhu lainnya. Setelah itu, siapkan pipa dengan panjang 10 cm yang berdiameter 1,5 cm untuk di ukur massa dari arang menggunakan timbangan analitik.

3. Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan perhitungan nilai rata-rata dari hasil pengukuran konduktivitas listrik pada arang dengan lima suhu berbeda dan perhitungan massa jenis arang bambu.

4. Tahap Analisa dan Penyelesaian

Pada tahap ini dilakukan analisa pengaruh suhu proses karbonisasi terhadap konduktivitas listrik arang bambu beserta pengaruh massa jenis dan suhu terhadap konduktivitas listrik arang bambu dengan menggunakan SPSS 25

Pada penelitian ini, variabel yang diperlukan untuk menjabarkan penelitian ini adalah Suhu Karbonisasi (Variabel Bebas), Massa Jenis (Variabel Bebas) Konduktivitas Listrik (Variabel Terikat).

Pada penelitian ini menggunakan bambu yang dikarbonisasi dengan beberapa variasi suhu menghasilkan arang bambu, kemudian dilakukan pengukuran dan pengambilan data konduktivitas listrik. Selanjutnya data massa arang bambu di peroleh dari hasil selisih pengukuran massa pipa berisi arang bambu dan massa pipa.

Pengolahan data dilakukan menggunakan Ms. Excel untuk menghitung nilai rata-rata dari hasil pengukuran konduktivitas listrik lalu membuat grafik dan menghitung nilai massa arang bambu. Kemudian, untuk mencari massa jenis arang bambu dan dibuat grafiknya. Untuk analisa data pengaruh ketiga variabel penelitian yaitu suhu, massa jenis dan konduktivitas diuji menggunakan SPSS 25 dengan mencari data regresi dan korelasi.

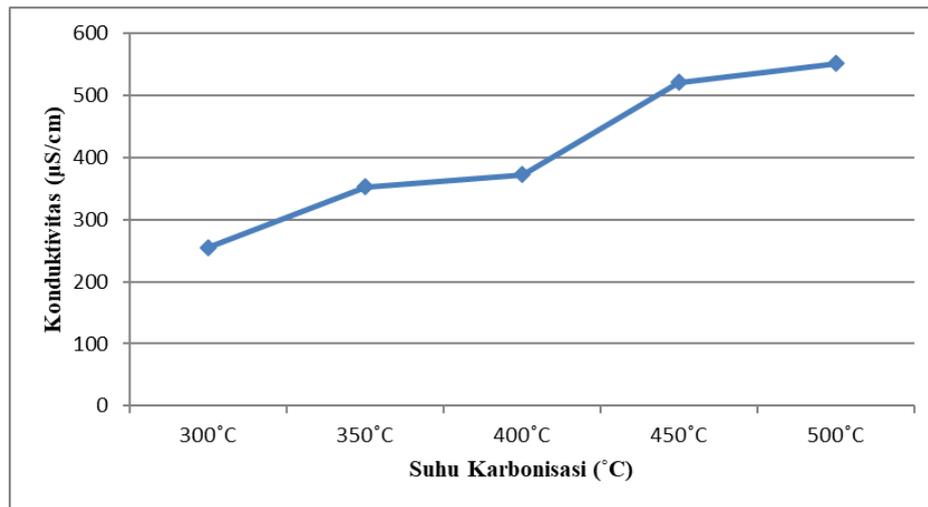
HASIL & PEMBAHASAN

1. Konduktivitas listrik

Tabel 1. Hasil Uji Konduktivitas Listrik Arang Bambu

Suhu	Konduktivitas Listrik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
300	253.1	253.9	255.2	256	256.6	254.96
350	349.4	352.6	353	354.2	355.2	352,88
400	369.8	371.5	372.3	373	374.2	372.16
450	518.3	519.4	520	523.3	523.8	520.96
500	546	551.6	552.1	552.9	553.6	551.24

Tabel 1 di atas menunjukkan hasil pengujian menggunakan alat pengukur konduktifitas (LAQUA EC210) dimana nilai yang didapat adalah nilai konduktifitas listrik ($\mu\text{S}/\text{cm}$).



Gambar 1. Grafik Nilai Daya Konduktivitas Listrik Arang Bambu Terhadap Suhu.

Berdasarkan data nilai konduktivitas listrik pada Tabel 1 serta Gambar 1 terlihat bahwa suhu karbonisasi arang berpengaruh pada nilai konduktivitas listriknya. Dari hasil penelitian, arang bambu yang dikarbonisasi pada suhu 300°C, 350°C, 400°C, 450°C dan 500°C memiliki nilai konduktivitas listrik yang semakin tinggi seiring dengan peningkatan suhu karbonisasi. Dikarenakan proses karbonisasi menyebabkan hilangnya komponen-komponen pengotor pada arang seperti kadar air, volatile, dan mineral sehingga meningkatkan kadar karbon dan sekaligus meningkatkan keteraturan bentuk karbon. Hal ini juga dapat menyebabkan konduktivitas listriknya pun semakin meningkat.

Nilai konduktivitas listrik arang bambu hasil karbonisasi pada suhu 300°C yang diukur menggunakan *conductivity meter* dengan rata-rata 254,96 µS/cm. Lalu pada suhu 350°C, nilai konduktivitas listrik dengan rata-rata 352,88 µS/cm. Selanjutnya, pada suhu 400°C, nilai konduktivitas listrik dengan rata-rata 372,16 µS/cm. Suhu karbonisasi yang dinaikkan hingga 450°C mengakibatkan arang bersifat lebih konduktif dengan nilai rata-rata konduktivitas listrik sebesar 520,96 µS/cm. Saat suhu karbonisasi dinaikkan lagi menjadi 500°C, nilai konduktivitas listriknya meningkat lagi hingga 551,24 µS/cm. Jika nilai konduktivitasnya berada pada kisaran 10^{-6} sampai 10^2 S/cm maka bahan tersebut diklasifikasikan sebagai material semikonduktor. Nilai konduktivitas listrik arang bambu berada pada kisaran $2,5496 \times 10^{-4}$ S/cm sampai $5,5124 \times 10^{-4}$ S/cm yang berdasarkan teori berada pada rentang nilai konduktivitas listrik yang dimiliki material semikonduktor. Dengan demikian, maka arang bambu merupakan material semikonduktor.

2. Massa Jenis Arang Bambu

Tabel 2. Perhitungan Massa Arang Bambu

Suhu (C)	Massa Pipa Berisi Arang Bambu (gr)	Massa Pipa (gr)	Massa Arang Bambu (gr)
300	13.6078	5.4446	8.1632
350	13.9352	5.4446	8.4906
400	15.45	5.4446	10.0054
450	15.6216	5.4446	10.177
500	15.7375	5.4446	10.2929

Dalam pengukuran ini diketahui menggunakan:

- Pipa paralon panjang 10 cm
- Diameter pipa paralon 1,5 cm = jari-jari 0,75 cm

Pada kondisi udara kering, panjang dan lebar pipa dinyatakan dalam sentimeter (cm). Massa arang kemudian diukur dengan neraca analitik dalam kondisi kering udara. Massa arang bambu dapat dihitung dengan mengurangkan massa pipa yang berisi arang dengan massa pipa. Seseorang dapat menghitung volume menggunakan temuan pengukuran dimensi ini. Dengan menggunakan rumus volume silinder yaitu:

$$V = \pi \times (rd)^2 \times t \times \frac{1}{2}$$

$$V = 3,14 \times (\times 1,5)^2 \times 10 \times \frac{1}{2}$$

$$V = 17,6625 \text{ cm}^3$$

Menghitung nilai massa jenis arang bambu menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \dots \dots \dots (2)$$

Di mana :

$$\rho = \text{massa jenis/massa jenis (gr/cm}^3\text{)}$$

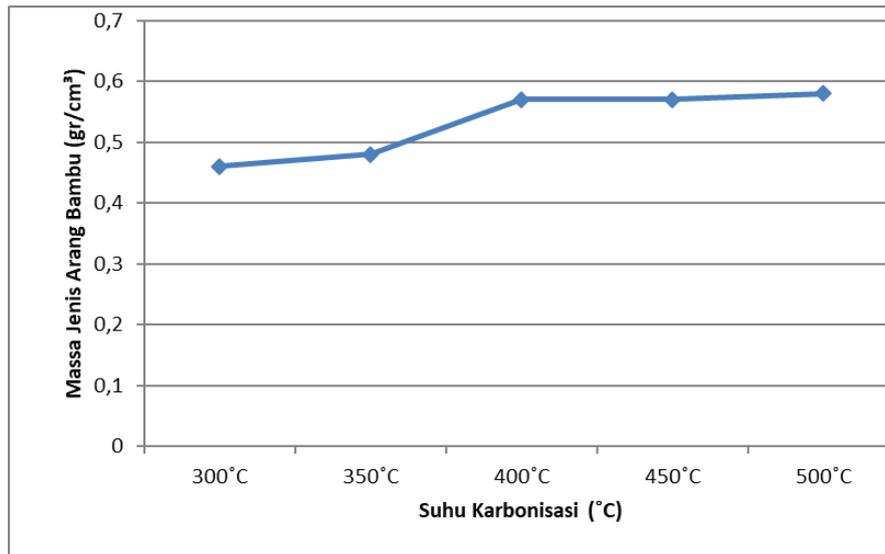
$$m = \text{massa (gr)}$$

$$V = \text{volume (cm}^3\text{)}$$

Hasil perhitungan massa jenis arang bambu seperti terlihat pada tabel 3:

Tabel 3. Kepadatan Arang Bambu

Suhu (C)	Massa jenis Arang Bambu (gr/cm ³)
300	0,46
350	0,48
400	0,57
450	0,57
500	0,58

**Gambar 2.** Grafik Nilai Massa Jenis Arang Bambu Terhadap Suhu

Tabel 3 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa kepadatan arang bambu meningkat seiring dengan meningkatnya suhu karbonisasi. Hal ini juga disebabkan karena massa jenis merupakan ukuran yang menunjukkan perbandingan massa terhadap volume suatu benda.

3. Uji Statistik

a. Pengaruh Suhu terhadap Konduktivitas

Hasil uji statistik Anova menunjukkan bahwa variabel Y (Suhu Karbonisasi) berpengaruh signifikan terhadap variabel. Hasil tersebut menunjukkan koefisien determinasi (R Square) sebesar 0,949 yang menunjukkan bahwa 94,9% variasi konduktivitas disebabkan oleh pengaruh variabel bebas (Suhu Karbonisasi) dan sisanya disebabkan oleh faktor lain.

b. Pengaruh Massa Jenis terhadap Konduktivitas Listrik

Hasil uji statistik Anova menunjukkan bahwa variabel Y (densitas) mempunyai pengaruh nyata (signifikansi) terhadap variabel. Koefisien determinasi (R Square) yang diperoleh dari

output ini sebesar 0,704 yang menunjukkan bahwa 70,4% variasi konduktivitas disebabkan oleh pengaruh variabel bebas yaitu densitas, dan sisanya disebabkan oleh faktor lain.

KESIMPULAN

Proses pembuatan karbon aktif dari bambu berhasil dilakukan dengan variasi suhu karbonisasi pada 300°C, 350°C, 400°C, 450°C dan 500°C, maka dapat diambil kesimpulan bahwa suhu pada proses karbonisasi berpengaruh pada konduktivitas listrik arang bambu. Hal ini dikarenakan nilai konduktivitas listrik dari arang bambu yang semakin tinggi seiring dengan peningkatan suhu karbonisasi yaitu nilai konduktivitas listrik arang bambu berada pada kisaran $2,5496 \times 10^{-4}$ S/cm sampai $5,5124 \times 10^{-4}$ S/cm dan berdasarkan nilai tersebut maka arang bambu sebagai karbon aktif dapat digunakan sebagai salah satu bahan elektroda superkapasitor.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaliah, F., S. Sahara, dan Fuadi, N. 2018. Pengaruh Temperatur Terhadap Nilai Kapasitansi Elektroda Superkapasitor Graphene Berbasis Bambu Betung. *Jft*, 5 (2), 90–100
- Aprinita, R. 2021. Pengaruh Suhu Karbonisasi Terhadap Densitas Elektroda Karbon Superkapasitor dari Limbah Biomassa Daun Kelapa Sawit. *Repository University of Riau*, 1–6
- Budianti, A. N. S. 2020. Pengaruh Elektrolit Li₂SO₄, Na₂SO₄ dan K₂SO₄ Terhadap Nilai Kapasitansi Spesifik Karbon Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*) Teraktivasi KOH Sebagai Penyimpanan Energi Superkapasitor. Vol. 8, Issue 75.
- Destyorini, F., Suhandi, A., Subhan, A., dan Indayaningsih, N (2018). Pengaruh Suhu Proses Karbonisasi Terhadap Struktur dan Konduktivitas Listrik Arang Serabut Kelapa. *Jurnal Fisika*, 10 (2), 129-130.
- Fanani, N., & Ulfindrayani, I. F. 2019. Sintesis Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Limbah Bambu Menggunakan Aktivator Asam *Pospat (H₃PO₄)*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII. 741–746.
- Fitrilya. 2021. Pengaruh Suhu Terhadap Kualitas Karbon Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*) Teraktivasi KOH Sebagai Penyimpanan Energi Superkapasitor. *Skripsi : Universitas Hasanuddin*.
- Gunanda, P. F. (2021). *Pengaruh Komposisi Pencampuran Abu Cangkang Kelapa Sawit Dan Grafit Dengan Matriks Resin Epoxy Pada Pellet Konduktor Komposit Terhadap Mikrostruktur, Konduktivitas Listrik Dan Kerapatan*. *Skripsi : Universitas Islam Riau*.
- Hafidoh, D. M. 2021. Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Bambu Menggunakan Aktivator HCl Sebagai Adsorben Timbal (Pb). *Skripsi : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim*
- Hidayat, R., & Zidni, M. I. (2019). “Sejuta Bambu Untuk Indonesiaku” *Socio-Ecopreneur Untuk Mensejahterakan Pengrajin Bambu Di Desa Hargomulyo, Gedangsari, Gunung*

- Kidul, Yogyakarta Dalam Momentum Masyarakat Ekonomi Asean (MEA). Jurnal ABDINUS, Vol. 1, Issue 01, 16.
- Jayachandran, M., dkk. 2021. *Activated carbon derived from bamboo-leaf with effect of various aqueous electrolytes as electrode material for supercapacitor applications*. *Science Direct*.
- Kurniawan, P., Taer, E., Malik, U., dan Taslim, R. 2018. Pengaruh Konsentrasi Koh Terhadap Sifat Fisis Dan Elektrokimia Elektroda Karbon Dari Limbah Kulit Durian Sebagai Sel Superkapasitor. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 15 (1), 62.
- Maulana, A. I. 2021. Pengaruh Suhu Terhadap Kualitas Karbon Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*) Teraktivasi $H_3 PO_4$ Sebagai Bahan Elektroda Superkapasitor. *Skripsi : Universitas Hasanuddin*.
- Nurhasmia. 2021. Studi Penggunaan Superkapasitor Sebagai Media Penyimpan Energi. *Progressive Physics Journal*, 2 (2), 79.
- Patiung, H. B., Pasae, Y., dan Gazali, A. 2020. Pemanfaatan Arang Aktif Dari Bambu Untuk Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Saintis*, 1 (2), 37–42.
- Pujiyanto. 2010. Tesis : Pembuatan Karbon Aktif Super dari Batubara dan Tempurung Kelapa. Depok : Universitas Indonesia.
- Putri, R. W., Haryati, S., dan Rahmatullah. 2019. Pengaruh Suhu Karbonisasi Terhadap Kualitas Karbon Aktif Dari Limbah Ampas Tebu. *Jurnal Teknik Kimia*, 25 (1), 1–4
- Reza, M., dkk. 2022. Karakterisasi Karbon Aktif Dari Kulit Pisang Kepok Sebagai Superkapasitor. *Jurnal Teknik Kimia*, 16 (2), 53–60.
- Santika, D. G., Wibawa, P. D. 2020. Desain Dan Implementasi Superkapasitor Sebagai Buffer Storage Baterai. *e-Proceeding of Engineering*, 7 (1), 18–25.
- Sugito, H., & Mujasam. 2017. Konduktivitas Listrik Pulp Kakao dengan Fermentasi dan Pengenceran. *Jurnal Berkala Fisika*, 12 (3), 93-98.
- Tetra, O. N., dkk. 2018. Superkapasitor Berbahan Dasar Karbon Aktif Dan Larutan Ionik Sebagai Elektrolit. *Jurnal Zarah*, 6 (1), 39–46.
- Tumimomor, F., Maddu, A., & Pari, G. 2017. Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Bambu Sebagai Elektroda Superkapasitor. *Jurnal Ilmiah Sains*, 17 (1), 73.
- Tumimomor, F. R., & Palilingan, S. C. 2018. Pemanfaatan karbon aktif dari sabut kelapa sebagai elektroda superkapasitor. *Fullerene Journal of Chemistry*, 3 (1), 13.
- Yuningsih, L. M., Mulyadi, D., Jaka, A. K. 2019. Pengaruh Aktivasi Karbon Aktif Dari Tongkol Jagung Dan Tempurung Terhadap Nilai Konduktivitas. *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, 6 (2), 533.