

Karakteristik Karbon Aktif Berbahan Dasar Limbah Tongkol Jagung

Budianto¹⁾, Ni Made Dwidiani^{2)*}, Nitya Santhiarsa³⁾,
Achmad Subhan⁴⁾, Evvy Kartini⁵⁾, Wagiyo Honggowiranto⁶⁾

^{1,2,3)}SI Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia 80361

Email: madedwidiani@unud.ac.id

⁴⁾Pusat Penelitian Fisika LIPI

Kawasan PUSPIPTEK, Gedung 440-442, Muncul, Tangerang Selatan, Banten 15314

Email: acmad.subhan@lipi.go.id

^{5,6)}Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju BATAN

Kompleks BATAN, Gedung 71, Kawasan PUSPIPTEK, Muncul, Tangerang Selatan, Banten 15314

Abstrak

Limbah pertanian merupakan material yang menjanjikan untuk dijadikan karbon aktif karena sifatnya yang ramah lingkungan, murah dan memiliki kandungan karbon yang tinggi. Tongkol jagung merupakan salah satu limbah pertanian yang belum dapat dimanfaatkan secara optimal, umumnya tongkol jagung dibuang begitu saja tanpa diolah kembali sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan. Pada penelitian ini, pengaruh konsentrasi KOH terhadap karakteristik karbon aktif yang dibuat dari limbah tongkol jagung telah dipelajari. Karbon aktif dibuat dengan mengkarbonisasi tongkol jagung pada suhu 400°C, kemudian arang tongkol jagung diaktivasi kimia menggunakan KOH dengan variasi konsentrasi dan rasio massa karbon:massa larutan KOH sebesar 1:2. Selanjutnya serbuk karbon kemudian di aktivasi secara fisika pada suhu 600°C selama 1.5 jam menggunakan gas argon. Karakterisasi karbon aktif dilakukan dengan pengujian SEM dan Proximate. Hasil pengujian menunjukkan ketebalan dinding pori pada permukaan karbon aktif mengalami penipisan seiring dengan meningkatnya konsentrasi KOH yang diberikan. Peningkatan konsentrasi KOH juga menurunkan jumlah kadar karbon terikat pada masing-masing sampel. Kadar karbon terikat untuk karbon aktif teraktivasi KOH 0M, 1M, 2M dan 3M adalah sebesar 65,62%, 65,65%, 64,58% dan 51,66%.

Kata kunci: Limbah tongkol jagung, karbon aktif, pori, kadar karbon..

Abstract

Agricultural wasted are promising material for activated carbon (AC), due their environmental friendly, low cost and high carbon content. Corncob is one of agricultural wastes that yet its utilization is not optimized, generally corncob is disposed offhanded without further treatment. In this research, the influence of KOH concentration to the characteristic of AC derived from corncob was examined. AC were prepared by carbonized the corncob at temperature of 400°C, then followed by activate the corncob char using KOH with various concentration and ratio of char mass:KOH solution is 1:2. Furthermore the char powder physically activated at temperature of 600°C using argon for 1.5 hours. SEM and Proximate were used to characterize the AC. The result showed thickness of the pore wall on the activated carbon surface is thinned along with KOH concentration increasion. Enhancement of KOH concentration also reduce the amount of fix carbon content on each sample. Carbon content of AC with KOH 1M, 2M, 3M and 4M are 65,62%, 65,65%, 64,58% and 51,66% respectively.

Keywords: Corncob wasted, activated carbon, pore, carbon content.

1. Pendahuluan

Tanaman jagung memiliki peranan penting dalam produksi pakan dan perkembangan industri ternak di Indonesia [1]. Pertumbuhan produktivitas tanaman jagung pertahun selama kurun waktu 2016-2020 diperkirakan meningkat dengan rata-rata peningkatan sebesar 5,80% pertahun [2]. Peningkatan produktivitas tanaman jagung juga akan meningkatkan jumlah limbah tongkol jagung yang dihasilkan. Tongkol jagung merupakan limbah organik yang memiliki kandungan lignoselulosa yang cukup tinggi sehingga layak untuk dijadikan karbon aktif [3], [4].

Karena memiliki luas permukaan yang besar, ramah lingkungan dan mudah didapatkan, karbon aktif banyak digunakan sebagai filter air [4], adsorbent zat besi (fe) [5] dan elektroda

superkapasitor [6]. Karbon aktif dapat dibuat dengan cara mengaktivasi karbon yang didapat dari proses dekomposisi kandungan lignoselulosa. Proses aktivasi karbon aktif biasanya dilakukan melalui 2 metode aktivasi, yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika [7]

Kualitas karbon aktif yang dihasilkan dapat ditentukan oleh banyak faktor, salah satunya adalah kadar karbon tetap yang dimiliki oleh karbon aktif itu sendiri. Selain kadar karbon tetap, jumlah pori yang terbentuk juga menentukan kualitas karbon aktif, dimana semakin banyak pori maka akan semakin bagus kualitas karbon aktif yang dihasilkan. Kadar karbon tetap dan jumlah pori pada karbon aktif bergantung pada proses aktivasi yang dilakukan, sehingga perlu dianalisa

bagaimana pengaruh proses aktivasi terhadap kualitas karbon aktif yang didapat.

Penelitian yang telah dilakukan memanfaatkan limbah tongkol jagung sebagai bahan pembuat karbon aktif. Aktivasi karbon aktif dilakukan dengan 2 tahap, yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika. Proses aktivasi kimia dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi KOH sehingga diketahui bagaimana pengaruh konsentrasi KOH dalam proses aktivasi kimia terhadap kualitas karbon aktif yang dihasilkan. Berikut merupakan rumusan masalah dari penelitian yang dilakukan, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi KOH terhadap kadar karbon tetap pada karbon aktif limbah tongkol jagung?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi KOH terhadap morfologi permukaan karbon aktif limbah tongkol jagung?

Batasan dalam penelitian ini ditetapkan sebagai berikut:

1. Pengujian hanya meliputi uji SEM dan uji proximate.
2. Temperatur ruang kerja berada pada suhu ruangan.
3. Standar pengujian proximate menggunakan ASTM D7582 MVA In Coal.
4. Limbah tongkol jagung diperoleh dari kedai jagung sion, Denpasar, Bali.
5. Semua limbah tongkol jagung dianggap memiliki kualitas yang sama.

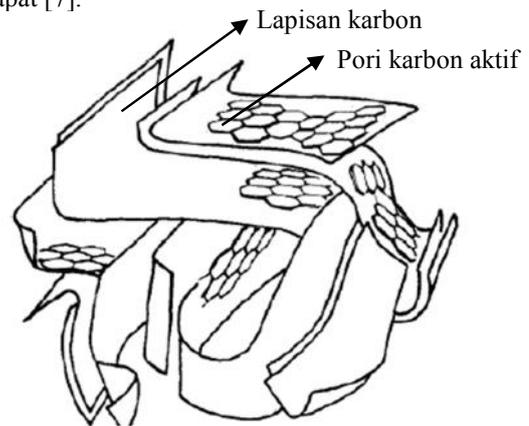
2. Dasar Teori

Jagung (*Zea mays*) merupakan tanaman yang termasuk dalam keluarga *graminae*. Tanaman jagung sangat sering dijumpai di Indonesia dan dapat hidup di berbagai tempat karena mempunyai daya adaptasi yang luas di daerah subtropik ataupun tropik. Limbah tongkol jagung memiliki kandungan lignoselulosa yang terdiri dari lignin sebesar 15%, selulosa 45% dan hemiselulosa sebesar 35% [3]. Lignoselulosa kemudian didegradasi menjadi karbon pada saat proses karbonisasi.

Karbon aktif merupakan material yang memiliki kandungan karbon dan porositas yang besar, karbon aktif tersusun dari atom karbon dengan struktur yang kompleks dan memiliki daya adsorpsi yang baik. Tingginya porositas dan daya adsorpsi yang dimiliki menyebabkan karbon aktif banyak diaplikasikan sebagai pemurni air, penyerap limbah logam berat, pemurni biogas, elektroda superkapasitor dan dalam bidang lain yang membutuhkan daya adsorpsi yang baik.

KOH merupakan basa kuat yang dapat digunakan sebagai aktivator dalam proses aktivasi kimia. Pada saat proses aktivasi berlangsung, KOH bereaksi dengan hidrokarbon dan mikrokristalin karbon sehingga terbentuk porositas pada permukaan karbon. Semakin banyak pori yang

terbentuk, maka akan semakin tinggi pula daya adsorpsi dan luas permukaan karbon aktif yang didapat [7].



Gambar 1. Representasi skematik karbon aktif [8]

3. Metode Penelitian

3.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Sikat (pembersih limbah tongkol jagung)
2. Oven (proses dehidrasi)
3. Kendi tanah liat (wadah pembakaran)
4. Loyang oven
5. Furnance
6. Thermocouple
7. Mortal
8. Saringan 100 & 400 mesh
9. Timbangan digital
10. Tube furnance
11. Scanning Electron Microscope (SEM)
12. Proximate Analyzer (TGA 701)

3.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan untuk proses preparasi sampel karbon aktif sebagai berikut:

1. Limbah tongkol jagung
2. Larutan KOH 1, 2, dan 3 molar
3. H₂O
4. Pasir silika
5. HCl 0,1 molar
6. Akuades
7. Kertas lakmus
8. Gas nitrogen
9. Gas argon
10. Gas oksigen

3.3 Pembuatan Karbon Aktif

Karbon aktif dibuat dengan 3 tahapan utama, yakni proses dehidrasi, karbonisasi, aktivasi, dan pencucian. Dalam penelitian ini, proses aktivasi yang digunakan ialah aktivasi kimia-fisika.

1. Proses Dehidrasi

Pada tahapan ini, sampel limbah tongkol jagung yang telah dibersihkan menggunakan H₂O, dijemur terlebih dahulu di bawah sinar

- matahari dari jam 9.00-17.00 selama 3 hari. Kemudian sampel didehidrasi selama 12 jam pada suhu 120°C.
2. Proses Karbonisasi
Arang dalam bentuk serbuk dibuat pada tahapan ini. Sampel limbah tongkol jagung yang telah didehidrasi kemudian dikarbonisasi dengan *furnance* selama 3 jam pada suhu 400°C, pasir silika digunakan sebagai pengisi ruang kosong untuk meminimalisir reaksi antara sampel dengan O₂. Setelah terbentuk arang, sampel kemudian dihaluskan lalu disaring dengan saringan 100 *mesh*.
 3. Proses Aktivasi
Sampel dalam bentuk serbuk kemudian di impregnasi selama 2 jam menggunakan larutan KOH dengan variasi 1, 2, dan 3 molar, dan rasio massa larutan KOH:arang = 2:1. Kemudian sampel yang telah tercampur dipanaskan pada suhu 130°C menggunakan oven non vakum selama 2 jam dan oven vakum selama 6 jam. Proses aktivasi dilanjutkan dengan pemanasan sampel pada suhu 600°C selama 1.5 jam dengan atmosfer argon dan laju aliran 100 mL/menit, serta laju pemanasan 5°C/menit.
 4. Proses Pencucian
Sampel yang sudah diaktivasi kemudian direndam dalam larutan HCl 0,1 molar dan diaduk selama 1 jam. Setelah itu sampel dialiri dengan air suling panas hingga pH mendekati 7. Karbon aktif yang sudah dicuci selanjutnya dikeringkan pada suhu 120°C.

Selanjutnya sampel tanpa perlakuan aktivasi kimia dinamakan dengan CCAC0, dan sampel dengan aktivasi kimia dengan KOH 1 molar, 2 molar dan 3 molar dinamakan dengan sampel CCAC1, CCAC2 dan CCAC3 secara berurutan.

3.4 Metode Uji Proximate

Proximate analysis adalah suatu analisis yang biasa dilakukan terhadap sampel batubara untuk menentukan kandungan air, zat terbang, abu serta karbon tetap [9]. Prinsip kerja proximate ini sendiri ialah pengukuran perbedaan berat sampel setelah dilakukan pemanasan dengan suhu tertentu.

Analisa kadar air pada sampel dilakukan dalam rentang suhu pemanasan sebesar 105-110°C, sedangkan untuk zat terbang pada rentang suhu 900-950°C selama 7-10 menit. Analisa kadar abu dilakukan pada suhu 750-815°C. Apabila hasil analisa kadar air, zat terbang, dan abu telah didapatkan dalam bentuk persentase, maka nilai kadar karbon tetap dapat diketahui.

3.5 Metode Uji SEM

Sampel karbon aktif yang sudah dibuat diuji dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk melihat morfologi permukaan karbon aktif dan zat pengotor yang masih tersisa pada permukaan karbon aktif.

Sebelum diuji, sampel karbon aktif dibersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan *ultrasonic cleaner*, sampel yang sudah dibersihkan kemudian dilekatkan pada *specimen holder*. Sampel uji yang sudah dilekatkan pada *specimen holder* kemudian diletakan pada *specimen chamber* dan selanjutnya dilakukan observasi dan pengambilan gambar SEM.

4. Hasil dan Pembahasan

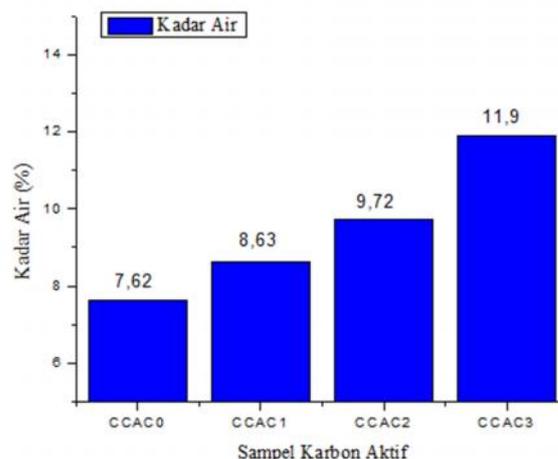
4.1. Hasil Uji Proximate

Pengujian proximate bertujuan untuk mengetahui kandungan karbon tetap setelah sampel mengalami perlakuan panas berdasarkan standar ASTM D7582 MVA *In Coal*. Nilai persentase kandungan karbon tetap merupakan selisih dari 100% massa total di awal pengujian dengan persentase kandungan uap air (*moisture*), *volatile*, dan abu.

Tabel 1. Hasil Uji Proximate

Sampel	Kadar Air (%)	Kadar Volatile (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Fixed Carbon (%)
CCAC0	7,62	16,18	10,58	65,62
CCAC1	8,63	17,48	8,23	65,65
CCAC2	9,72	17,67	8,03	64,58
CCAC3	11,90	23,16	13,28	51,66

4.1.1 Kadar Air



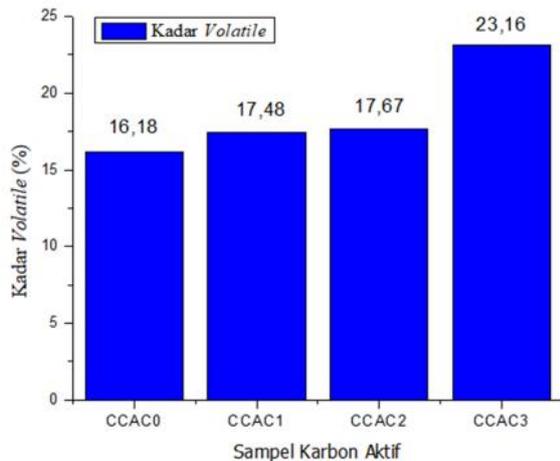
Gambar 2. Histogram nilai kadar air pada karbon aktif tongkol jagung

Kadar air merupakan banyaknya kandungan uap air yang terperangkap pada permukaan karbon aktif. Gambar 2 menunjukkan peningkatan kadar air seiring dengan meningkatnya konsentrasi aktivator, hal ini terjadi karena semakin tinggi konsentrasi aktivator yang diberikan maka karbon aktif yang diaktivasi akan semakin bersifat higroskopis.

4.1.2 Kadar Volatile

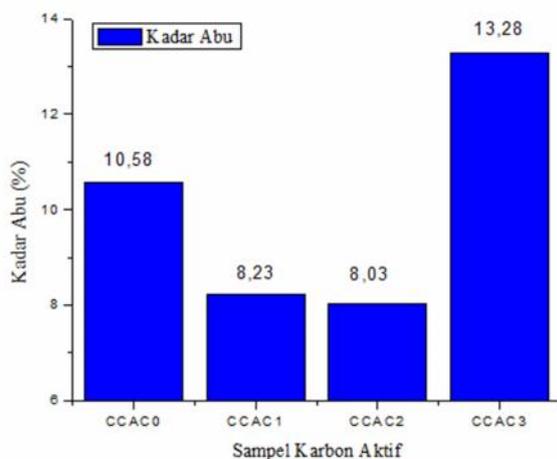
Zat terbang/volatile merupakan senyawa bersifat mudah menguap yang masih tersisa pada

permukaan karbon aktif sebagai hasil dekomposisi senyawa organik (CO, CO₂, H₂, dan CH₄) [10]. Gambar 3 menunjukkan kadar volatile yang meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi aktivator. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi KOH maka akan semakin banyak terbentuk senyawa CO, CO₂, dan H₂ sebagai hasil reaksi antara KOH dengan karbon yang diaktivasi



Gambar 3. Histogram nilai kadar volatile pada karbon aktif tongkol jagung

4.1.3 Kadar Abu

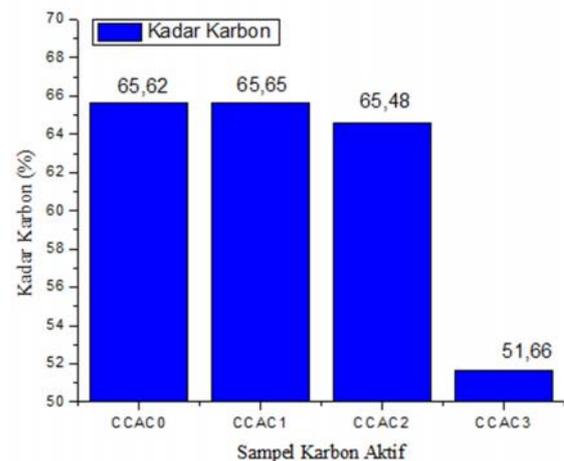


Gambar 4. Histogram nilai kadar abu pada karbon aktif tongkol jagung

Abu merupakan residu dari proses pembakaran dan aktivasi biomassa yang bersifat tidak mudah terbakar dan terdiri dari kalium, natrium, magnesium, zinc, kalsium, dan komponen lain dalam jumlah kecil [4]. Gambar 4 menunjukkan nilai kadar abu yang cenderung menurun pada sampel CCAC0, CCAC1 dan CCAC2 lalu meningkat pada sampel CCAC3. Tingginya kadar abu yang terdapat pada sampel disebabkan karena proses pencucian yang kurang sempurna sehingga menyisakan zat pengotor pada permukaan sampel.

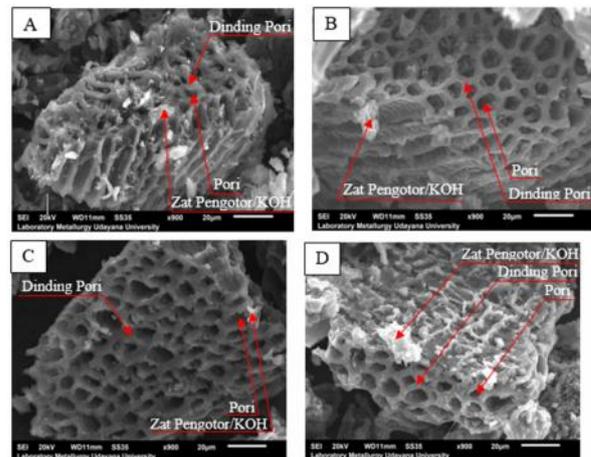
4.1.4 Kadar Karbon

Kadar karbon pada masing-masing sampel didapatkan dari pengurangan berat awal sampel (100%) terhadap kadar air, kadar volatile, dan kadar abu. Semakin tinggi kadar karbon yang didapatkan maka akan semakin baik material tersebut untuk digunakan sebagai bahan baku karbon aktif. Tingginya kadar air, kadar volatile, dan kadar abu yang dimiliki oleh CCAC3 menyebabkan rendahnya kadar karbon terikat pada sampel CCAC3 seperti ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Histogram nilai kadar karbon pada karbon aktif tongkol jagung

4.1. Hasil Uji SEM



Gambar 6. Morfologi permukaan karbon aktif; sampel CCAC0 (A), CCAC2 (B), CCAC3 (C), CCAC4 (D)

Pengujian SEM menghasilkan tampak dua dimensi morfologi permukaan sampel karbon aktif. Melalui hasil pengujian SEM dapat diketahui struktur pori dan zat pengotor berupa sisa aktivator maupun material lain yang terdapat pada permukaan karbon aktif. Hasil pengujian SEM dengan skala 20 µm dapat dilihat pada gambar 6.

Sampel CCAC3 memiliki struktur pori yang lebih teratur jika dibandingkan dengan CCAC0, CCAC1 dan CCAC2. Hal ini menunjukkan bahwa

peningkatan konsentrasi KOH membantu proses pembentukan pori yang lebih sempurna. Peningkatan konsentrasi KOH juga menyebabkan menipisnya dinding pori karbon aktif. Penipisan dinding pori yang terjadi mengindikasikan terbentuknya pori dengan ukuran diameter yang lebih besar atau bertambahnya jumlah pori yang terbentuk pada permukaan sampel.

Bagian karbon aktif pada gambar 6 juga menunjukkan adanya zat pengotor yang terdapat pada permukaan sampel. Zat pengotor ini dapat diakibatkan karena kurang sempurnanya proses pencucian karbon aktif sehingga menyebabkan tertinggalnya kandungan KOH maupun zat pengotor lainnya pada permukaan sampel.

5. Kesimpulan

Penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Konsentrasi Aktivator Karbon Aktif Limbah Tongkol Jagung terhadap Kapasitansi Superkapasitor” telah dilakukan. Adapun beberapa kesimpulan yang dapat ditarik, yakni sebagai berikut.

1. Peningkatan konsentrasi aktivator akan menurunkan kadar karbon tetap yang terdapat pada masing-masing sampel. Hal ini ditunjukkan dari data hasil pengujian proximate dimana nilai kadar karbon tetap untuk sampel CCAC0-CCAC3 sebesar 65,62%, 65,65%, 64,58% dan 51,66%.
2. ketebalan dinding pori pada permukaan karbon aktif mengalami penipisan seiring dengan meningkatnya konsentrasi KOH yang diberikan. Struktur pori yang terbentuk juga semakin teratur seiring dengan peningkatan konsentrasi KOH yang diberikan.

Daftar Pustaka

- [1] L. Ligawati, 2017, *Analisis Produksi dan Konsumsi Jagung Domestik Dalam Rangka Pencapaian Swasembada Jagung Nasional Tahun 2017*, Institut Pertanian Bogor.
- [2] L. Nuryati, B. Waryanto, Akbar, and R. Widaningsih, 2016, *Outlook Komoditas Pertanian Sub Sektor Tanaman Pangan*, Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- [3] E. Hermiati, D. Mangunwidjaja, T. C. Sunarti, and O. Suparno, 2010, *Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu untuk Produksi Bioetanol*, *J. Litbang Pertan.*, vol. 29, no. 4, pp. 121–130.
- [4] R. H. Aisiyah, 2016, *Pemanfaatan Karbon Aktif dari Limbah Tongkol Jagung Sebagai Filter Air*, Institut Pertanian Bogor.
- [5] I. Nuuruningrum, 2017, *Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung (Zea mays Linn) Sebagai Arang Aktif dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Air Sumur Gali Warga di Kelurahan Jati Utomo Kecamatan Binjai Utara Tahun 2017*, Universitas Sumatera Utara.
- [6] M. P. Adhikari *et al.*, 2015, *Nanoporous Activated Carbons Derived from Agro-waste Corncob for Enhanced Electrochemical and Sensing Performance*, *Chem. Soc. Japan*, pp. 1–30.
- [7] T. J. Bandoz, 2006, *Activated Carbon Surfaces in Environmental Remediation*, Interface. New York: Elsevier Ltd.
- [8] B. Viswanathan, P. I. Neel, and T. K. Varadarajan, 2009, *Methods of Activation and Specific Applications of Carbon Materials*. Chennai: Indian Institute of Technology.
- [9] O. Prahesthi and F. Zamani, 2015, *Penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) Analisis Kimia Proksimat Batubara*, Jakarta: Pusat Sumber Daya Geologi.
- [10] Y. Yuliah, S. Suryaningsih, and K. Ulfi, 2017, *Penentuan Kadar Air Hilang dan Volatile Matter Pada Bio-Briket Dari Campuran Arang Sekam Padi dan Batok Kelapa*, *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, vol. 01, no. 01, pp. 51–57.



Budianto, Lahir di Jakarta, 15 Oktober 1997. Meraih gelar Sarjana Teknik (S.T) dari Universitas Udayana pada tahun 2019. Penulis menyelesaikan studinya dengan topik terkait inovasi perangkat penyimpanan energi listrik. Penulis dapat dihubungi melalui email: budilie70@yahoo.com