

Karakterisasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa dengan Variasi Konsentrasi Aktivator Terhadap Adsorpsi Timbal

Argenes Saragih, Ni Made Dwidiani, IGN Nitya Santhiarsa
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Proses aktivasi bertujuan memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon. Upaya untuk memaksimalkan adsorpsi karbon aktif ialah dengan memvariasikan konsentrasi aktivator asam fosfat (H_3PO_4) pada karbon aktif. Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan cara yakni pembersihan material, karbonisasi, aktivasi kimia dengan H_3PO_4 dengan menggunakan autoclave, dilanjutkan proses pencucian. Karakterisasi karbon aktif yang dilakukan antara lain SEM (Scanning Electron Microscopy), uji Proximate, sedangkan performance karbon aktif tempurung kelapa diketahui dengan melakukan pengujian adsorpsi terhadap timbal menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi H_3PO_4 akan meningkatkan morfologi pembentukan pori dan daya adsorpsi terhadap timbal. Penyerapan terhadap timbal pada 2 Molar, 3 Molar, dan 4 Molar berturut-turut 89,11%, 97,07% dan 97,27%.

Kata kunci : tempurung kelapa, karbon aktif, H_3PO_4 , timbal

Abstract

The activation process aims to enlarge the pore by breaking the hydrocarbon bonds. The effort to maximize adsorption of activated carbon is to vary the concentration of phosphoric acid activator (H_3PO_4) on activated carbon. Making activated carbon is done by means of cleaning the material, carbonization, chemical activation with H_3PO_4 using an autoclave, followed by the washing process. Characterization of activated carbon carried out include SEM (Scanning Electron Microscopy), Proximate test, while the performance of activated carbon of coconut shell is known by conducting adsorption testing of lead using an Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The test results show that the greater the concentration of H_3PO_4 will increase the morphology of pore formation and the adsorption power of lead. Lead absorption at 2 Molar, 3 Molar and 4 Molar was 89.11%, 97.07% and 97.27%.

Keywords : coconut shell, activated carbon, H_3PO_4 , lead

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa terbesar di dunia karena memiliki iklim yang tropis. Namun tempurung kelapa terjadi penumpukan pada penyimpanannya karena kurang dikelola dengan baik oleh masyarakat.

Tempurung kelapa memiliki keunggulan untuk dimanfaatkan menjadi bahan karbon aktif antara lain kemudahan untuk didapatkan secara komersial dan memiliki kandungan lignoselulosa yang dapat dikonversi menjadi material dengan kadar karbon yang tinggi. Karbon merupakan material padat hitam yang memiliki pori dari proses pembakaran dan aktivasi bahan kayu atau bahan yang mengandung senyawa karbon.

Adsorpsi timbal (Pb) merupakan salah satu manfaat yang dapat diberikan oleh karbon aktif. Keracunan timbal dapat menyebabkan gangguan sistem peredaran darah pada jantung, reproduksi, saraf dan urin pada kesehatan manusia. Adsorpsi adalah proses difusi molekul adsorbat dari suatu lapisan batas menuju lapisan luar permukaan adsorben (karbon aktif) dan dalam pori-pori adsorben [1].

Penggunaan jenis larutan dan konsentrasi aktivator pada proses aktivasi kimia berfungsi dalam

dekomposisi ikatan hidrokarbon dalam material sehingga meningkatkan pembentukan pori yang berpengaruh terhadap daya adsorpsi dari karbon aktif yang dihasilkan. Oleh karena itu, pentingnya pemanfaatan secara mendalam terhadap tempurung kelapa sebagai bahan karbon aktif perlu dilakukan sehingga tempurung kelapa memiliki nilai guna lebih, dan juga dapat menjadi salah satu cara alternatif dalam mereduksi penumpukan jumlah tempurung kelapa dalam timbunan sampah.

2. Dasar teori

2.1 Karbon Aktif

Karbon aktif/arang aktif, merupakan arang yang diaktifkan melalui proses kimia maupun fisika. Perbedaan karbon aktif dengan karbon biasa dapat dilihat pada morfologi permukaannya. Permukaan karbon aktif memiliki pori-pori (*internal urface*) yang terbuka dan bersih dari deposit senyawa pengotor lainnya, sehingga akan meningkatkan efektifitas adsorpsi dalam pengolahan limbah cair.

Pada umumnya karbon aktif memiliki bentuk butiran (granular) dengan distribusi ukuran partikel 0.8-1.2 mm atau serbuk halus memiliki ukuran 5-10 μm . Komponen dari karbon aktif ini terdapat

beberapa bagian yaitu abu, karbon tetap, air, volatile, sulfur dan nitrogen. Terdapat 2 cara utama dalam mengaktifkan karbon, yaitu dengan pembakaran (karbonisasi) dan aktivasi yang dilakukan dengan dua cara yaitu fisika dan kimia. Karbonisasi berguna terjadinya dekomposisi senyawa pengotor dari material. Aktivasi merupakan proses peningkatan penghilangan senyawa volatil yang masih belum dapat dihilangkan pada proses pembakaran.

2.2 Tempurung Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera L.*) termasuk family *Palmae* dari genus *Cocos*. Tempurung kelapa memiliki kandungan lignoselulosa yang dapat dimanfaatkan menjadi bahan karbon aktif. Kelapa banyak dimanfaatkan untuk bahan pangan masyarakat sehari-hari berasal dari daging buah kelapa, sehingga tempurung kelapa kurang dimanfaatkan dan terjadi penumpukan pada penyimpanannya. Parameter pemilihan bahan tempurung kelapa tertuju pada luas permukaan yang dihasilkan, sehingga kemampuan penyerapan adsorbat akan semakin meningkat seiring dengan peningkatannya pori yang terbentuk [2].

2.3 Aktivasi

Aktivasi adalah proses untuk membuat karbon menjadi aktif dengan mengoksidasi molekul-molekul hidrokarbon. Aktivasi bertujuan untuk meningkatkan keaktifan material sehingga mengalami perubahan sifat fisik dan kimia dalam kemampuan adsorpsi. Pada penelitian ini hanya menggunakan aktivasi kimia dan yang menjadi variable pada penelitian ini adalah variasi konsentrasi aktivator.

Aktivasi metode kimia ialah proses perendaman dengan menggunakan bahan kimia sebagai aktivator untuk menguraikan karbon dari kandungan senyawa-senyawa selulosa, hemiselulosa dan lignin sehingga kadar karbon tetap yang akan terbentuk semakin meningkat. Aktivator H_3PO_4 merupakan senyawa kimia yang digunakan sebagai pengaktif pada karbon aktif untuk meningkatkan performansi daya adsorpsi karbon aktif dalam penyerapan logam berat timbal (Pb).

Pemilihan H_3PO_4 sebagai *activating agent* berdasarkan sifat reaktifnya dengan air yang dapat menguraikan senyawa hidrokarbon sehingga rongga atau pori yang terbentuk dari material karbon aktif akan terlihat lebih terbuka [3]. Keunggulan lainnya dari aktivator H_3PO_4 yaitu memudahkan dalam proses pencucian dengan penggunaan akuades untuk menghilangkan senyawa pengotor dan zat senyawa kimia yang masih melekat pada permukaan pori-pori

karbon aktif yang dapat mempengaruhi kapasitas adsorpsi karbon aktif yang dihasilkan.

Peningkatan konsentrasi aktivator yang berlebih akan dapat merusak struktur pori yang terbentuk dan menurunkan performansi daya adsorpsi dari karbon aktif dikarenakan *over activation* konsentrasi senyawa kimia [4].

2.4 Timbal (Pb)

Timbal (Pb) merupakan unsur logam berat yang memiliki kelarutan rendah di lingkungan perairan dan dapat mengganggu kesehatan manusia jika masuk kedalam tubuh atau keracunan timbal [5].

Pengujian kemampuan adsorpsi timbal menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Konsentrasi timbal yang terserap digunakan untuk mengetahui karakteristik kemampuan adsorpsi karbon aktif tempurung kelapa:

$$Q_{Pb} = \left(\frac{C_i - C_e}{w} \right) \times V \quad (1)$$

Dimana:

C_i = Konsentrasi adsorbat awal (mg/L)

C_e = Konsentrasi adsorbat sisa (mg/L)

Q_{Pb} = Kapasitas adsorpsi timbal (mg/g)

V = Volume larutan timbal (ml)

W = Berat karbon (gr) [6]

Keterangan:

Volume larutan timbal = 20 ml

$W = 0,1$ gr

Konsentrasi timbal yang teradsorpsi didapat dari alat AAS.

3. Metode Penelitian

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Proses pembuatan bahan karbon aktif yang dijelaskan pada skema desain penelitian sebagai berikut.



Gambar 1. Skema desain penelitian

3.2 Variabel Penelitian

1. Variabel bebas
 - a. Konsentrasi H_3PO_4 2, 3, dan 4 Molar
2. Variabel terikat
 - a. Daya serap Timbal
 - b. Morfologi permukaan karbon aktif tempurung kelapa
3. Variabel kontrol
 - a. Suhu karbonisasi, suhu pengeringan.
 - b. Waktu aktivasi

3.3 Peralatan Pengujian

1. Oven untuk pengeringan.
2. Kendi dari tanah liat sebagai wadah untuk

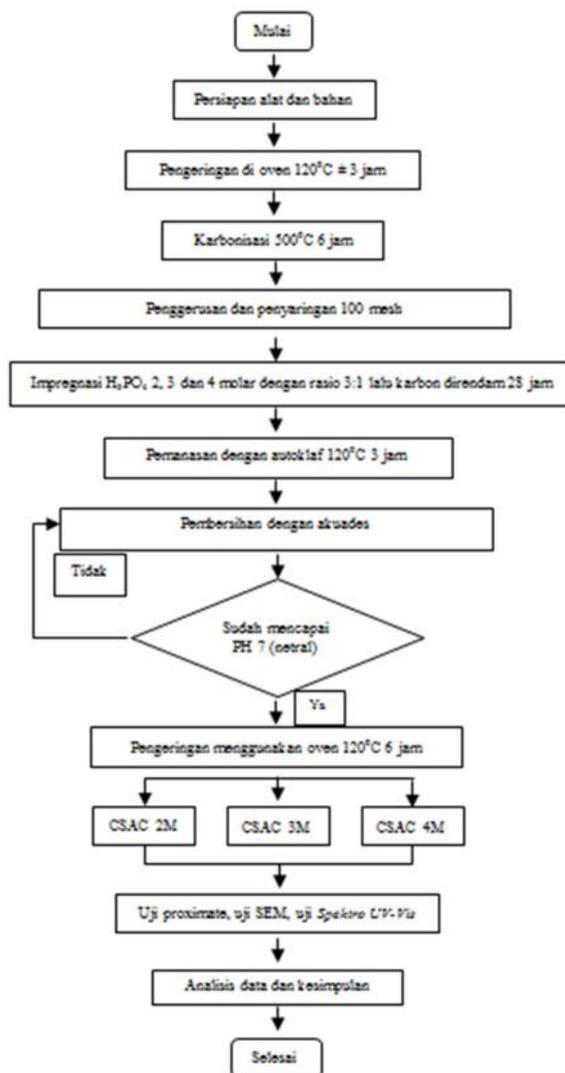
- pemanasan material.
- 3. Loyang oven untuk wadah material.
- 4. Furnace untuk karbonisasi.
- 5. *Thermocouple* mengetahui suhu karbonisasi.
- 6. Mortal untuk menghaluskan arang.
- 7. Saringan 100 *mesh* untuk menyaring arang.
- 8. Timbangan
- 9. Kertas indikator pH.
- 10. *Autoclave* untuk proses aktivasi kimia.
- 11. *Proximate Analyzer* untuk menganalisis kandungan karbon dari sampel karbon aktif.
- 12. *Scanning Electron Microscope (SEM)*.
- 13. *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)*.

3.4 Prosedur Pelaksanaan

Adapun tahapan pembuatan karbon aktif tempurung kelapa terdiri dari 3 tahap utama, yakni tahap pengeringan, karbonisasi, dan aktivasi kimia. Adapun penjelasannya sebagai berikut.

1. Tahap Pengeringan
 - a. Tempurung kelapa dibersihkan dan dicuci menggunakan air yang mengalir lalu dikeringkan selama 24 jam.
 - b. Tempurung kelapa dikeringkan didalam oven selama 3 jam pada suhu 120°C.
2. Tahap Karbonisasi
 - a. Tempurung kelapa dikarbonisasi di dalam *furnace* 6 jam dengan suhu 500°C. Dalam proses karbonisasi ini untuk meminimalisir reaksi dengan oksigen, digunakan pasir silika (*silicon dioksida*) sebagai pengisi ruang kosong kendi tempat karbonisasi.
 - b. Arang tempurung kelapa digerus dengan mortal.
 - c. Arang tempurung kelapa kemudian diayak menggunakan saringan 100 mesh.
3. Tahap Aktivasi
 - a. Arang tempurung kelapa diaktivasi kimia dengan larutan H_3PO_4 dan direndam selama 28 jam dengan variasi konsentrasi 2, 3 dan 4 molar serta rasio berat (H_3PO_4 : arang) 3:1.
 - b. Sampel diautoklaf 120°C selama 3 jam
 - c. Karbon aktif dicuci dengan akuades sampai pH 7 netral.
 - d. Karbon aktif tempurung kelapa dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 6 jam.
 - e. Karbon aktif yang sudah dikeringkan siap untuk diuji.

3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Langkah-Langkah Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

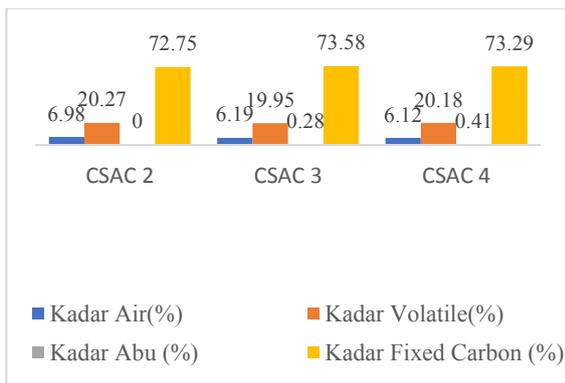
4.1 Uji Proximate

Uji proximate ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh besarnya kandungan *fixed carbon* terhadap variasi konsentrasi H_3PO_4 . berdasarkan ASTM D7582 MVA *BIOMASS*.

Berdasarkan data tabel di atas, kadar karbon tetap tertinggi pada sampel CSAC 3 yaitu 73,58 %. Tinggi rendahnya nilai karbon tetap dipengaruhi dengan nilai kadar abu, kadar air dan kadar volatile. Kadar abu dan kadar *volatile* pada sampel CSAC 4 meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi H_3PO_4 . *Fixed carbon* suatu karbon aktif semakin tinggi bila kadar *volatile* dan kadar abu yang dihasilkan rendah [7].

Tabel 1. Data hasil uji proximate

Sampel	Kadar Air (%)	Kadar Volatile (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Fixed Carbon (%)
CSAC 2	6,98	20,27	0,00	72,75
CSAC 3	6,19	19,95	0,28	73,58
CSAC 4	6,12	20,18	0,41	73,29



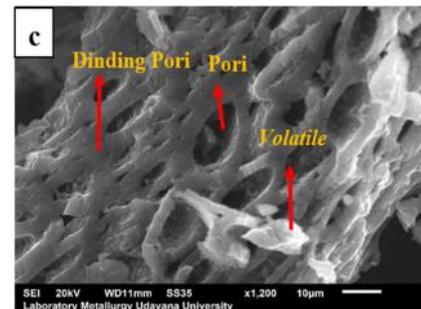
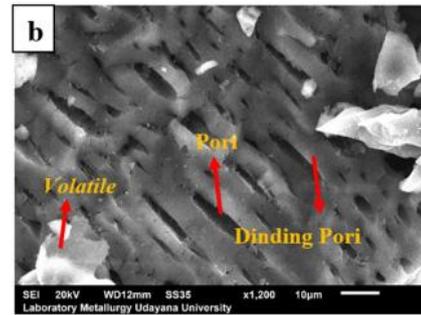
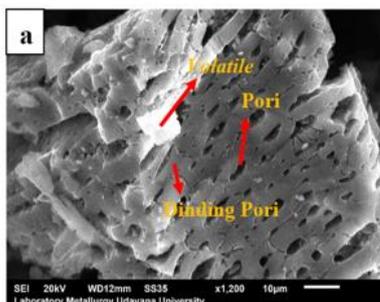
Gambar 3. Grafik Hasil Uji Proximate

Berdasarkan data grafik di atas, terlihat bahwa persentase kadar air mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya konsentrasi H_3PO_4 . Penurunan kadar air ini berhubungan dengan sifat *dehydrating agent* H_3PO_4 yang mengikat molekul air yang terkandung dan akan ikut menguap saat pengeringan.

Nilai kadar abu meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi aktivator H_3PO_4 . Hal ini dikarenakan terjadinya pembentukan pori yang menghasilkan abu oleh proses pembakaran pada bidang karbon aktif permukaan karbon aktif [8]. Sehingga semakin banyak pori yang dihasilkan maka kadar abu akan meningkat juga.

Variasi konsentrasi H_3PO_4 pada sampel terhadap nilai kadar *volatile* tidak menunjukkan perbedaan nilai yang signifikan. Kadar *volatile* ini disebabkan oleh proses pencucian sampel yang belum mencapai nilai maksimal sehingga sisa aktivator masih melekat pada sampel.

4.2 Uji SEM



Gambar 4. Morfologi Permukaan karbon aktif dengan pembesaran 1200x;

(a) CSAC 2 M, (b) CSAC 3 M, (c) CSAC 4 M

4.2.1 Morfologi Permukaan

Gambar 4 (a) menunjukkan morfologi permukaan pori dari sampel CSAC 2 terlihat masih belum banyak pori yang terbentuk dan tidak teratur, untuk sampel (b) CSAC 3 dan (c) CSAC 4 lebih banyak pori dan bentuk struktur porinya lebih teratur.

Berdasarkan bentuk pori masing-masing sampel, dapat dijelaskan bahwa peningkatan konsentrasi H_3PO_4 , membentuk rongga pori-pori yang meningkat dan memperluas permukaan karbon aktif yang dari berbentuk tidak teratur menjadi oval karena pori yang dihasilkan semakin banyak [9].

4.2.2 Bagian Karbon Aktif

Hasil pengujian oleh *Scanning Electron Microscope* (SEM) memperlihatkan 3 bagian utama dari sampel karbon aktif tempurung kelapa, yakni, dinding pori, *volatile* (zat pengotor) dan pori-pori. Terlihat ukuran pori dari karbon aktif tempurung kelapa semakin besar seiring menurunnya ukuran dinding pori oleh meningkatnya konsentrasi aktivator. Sampel (c) CSAC 4 memiliki ukuran pori yang paling besar.

4.3 Uji Adsorpsi Timbal

Uji penyerapan dilakukan untuk melihat seberapa besar kemampuan karbon aktif tempurung kelapa dalam penyerapan timbal.

Karbon ditimbang 0,1 g lalu dicampur kedalam larutan timbal 10 ppm 20 ml setelah itu diaduk

dengan *magnetic stirrer* selama 60 menit. Kemudian dilakukan penyaringan dengan kertas *whatman 42* dan hasil filtratnya diukur konsentrasinya dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Hasil adsorpsi timbal ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil data uji adsorpsi timbal 10 PPM

Sampel	C _{sisa} (ppm)	C _{terserap} (ppm)	X _m (mg/g)	PT (%)
CSAC2	1,08	8,92	177,8	89,11
CSAC3	0,29	9,71	193,8	97,07
CSAC4	0,27	9,73	194,2	97,27

Dari tabel 2 didapatkan peningkatan konsentrasi H₃PO₄ akan semakin meningkatkan adsorpsi timbal. Semakin besar dan banyak sisi aktif dinding sel karbon aktif yang dihasilkan menyebabkan interaksi difusi timbal akan semakin efektif [10]. Penyerapan maksimum timbal yang terjadi pada penelitian ini ada pada sampel CSAC 4 sebesar 97,07% dan kapasitas adsorpsi 194,2 mg/g. Adsorpsi yang terjadi dikarenakan adanya gaya tarik menarik antar permukaan timbal dan karbon aktif atau berdifusi dari adsorbat menuju adsorben yang oleh adanya ikatan Van Der Waals.

5. Kesimpulan

1. Peningkatan konsentrasi berpengaruh terhadap ukuran pori dan karakteristik (*fixed carbon*) karbon aktif tempurung kelapa. Dengan bertambahnya konsentrasi aktivator H₃PO₄ 2, 3, dan 4 Molar, meningkatkan pembentukan pori dan meningkatkan kadar *fixed carbon* dari 72,75% menuju nilai tertinggi 73,58 % dan menurun dengan nilai 73,29 %.
2. Peningkatan konsentrasi aktivator H₃PO₄ 2, 3, dan 4 Molar karbon aktif tempurung kelapa meningkatkan daya adsorpsi terhadap timbal. Daya adsorpsi terhadap timbal meningkat berturut-turut sebesar 89,11%, 97,07%, dan 97,27%.

Daftar Pustaka

[1] Hartini L., 2014, *Karakterisasi Karbon Aktif Teraktivasi NaCl Dari Ampas Tahu*.

[2] Yuliusman Y., 2016, *Pembuatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Melalui Aktifasi Kimia Dengan Koh Dan Fisika Dengan Co2*, Seminar Nasional Teknik Kimia, (June), pp. 1-6.

[3] Medan U. and Tamiang A., 2018, *Karakterisasi Mikrostruktur Karbon Aktif Tempurung Kelapa*

dan Kayu Bakau Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera
Characterization of Activated Carbon Microstructure of Coconut Shell and Mangrove Wood Indonesia sebagai negara tropis, 4(1), pp. 45–54.

[4] Fisika, D. *Et Al.*, 2016, *Tongkol Jagung Sebagai Filter Air*.

[5] Deviyanti, Side S. H. N., 2014, *Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit Singkong terhadap Ion Logam Timbal (Pb 2+) Adsorption Capacity of Active Charcoal of Cassava Peel to Pb 2+ Ion* Deviyanti, 2 Sumiati Side, 3), Jurnal Chemica, Vol.5 No.2, pp. 58–65.

[6] Anita Imawati A., 2015, *Kapasitas Adsorpsi Maksimum Ion Pb(II) Oleh Arang Aktif Ampas Kopi Teraktivasi Hcl Dan H3po4*, Vol.4 No.2.

[7] Verlina, wa ode, 2014, *Potensi Arang Akif Tempurung Kelapa sebagai Adsorben Emisi Gas CO, NO, dan NO*, Kimia FMIPA UNHAS, 1(x).

[8] Suryani, D. A., Hamzah, F. and Johan, V. S., 2018, *Variasi Waktu Aktivasi terhadap Kualitas Karbon Aktif Tempurung Kelapa*, 5(1), pp. 1–10.

[9] Po, D. A. N. H. *Et Al.*, 2015, *Pengaruh Penambahan Aktivator Zncl 2 , Koh, Dan H 3 Po 4 Terhadap Produk Karbon Aktif Dari Pelepah Aren (Arenga Pinnata)*.

[10] Sangkota V. D. A., Supriadi S. and Said I., 2017, *Pengaruh Aktivasi Kimia Arang Tanaman Eceng Gondok (eichhornia crassipes) Terhadap Adsorpsi Logam Timbal (Pb)*, Jurnal Akademika Kimia, Vol.6 No.1, pp. 48. doi: 10.22487 /j24775185.2017.v6.i1.9228.



Argenes Saragih menyelesaikan studi program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2016 sampai 2020. Menyelesaikan studi program sarjana dengan topik penelitian Karakterisasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa dengan Variasi Konsentrasi Aktivator Terhadap Adsorpsi Timbal.