

## Sintetis Nanoplatelet Berbahan Dasar Kulit Jengkol Aplikasinya Sebagai Adsorben Amoksisilin

Annazalia Rustandi Putri, Gatut Ari Wardani\*, Mochamad Fathurohman, Taufik Hidayat  
Fakultas Farmasi Universitas Bakti Tunas Husada Tasikmalaya, Jl. Cilolohan No. 36, 321013,  
Tasikmalaya, Indonesia

Corresponding author : gatutariwardani@universitas-bth.ac.id

### Abstract

Excessive use of amoxicillin antibiotics can pollute the environment. One of the methods used to reduce the concentration is the adsorption method. This study aims to determine the characteristics of activated charcoal from jengkol peel, characterization with nanoplatelets, adsorption kinetics and isotherms. The method used in this study is the batch method. Based on the functional groups, it is known that there are nanoplatelet groups in 1.099, morphological analysis of activated charcoal jengkol peel nanoplatelets formed graphene, for crystallinity analysis formed amorphous, adsorption mechanism using second order pseudo equation (Ho) with  $R^2$  value = 0.9966. The adsorption isotherm follows the Freundlich equation with a value of  $R^2 = 0.9561$ .

**Keywords:** Amoxicillin, Jengkol peel, Nanoplatelet, adsorption kinetics, Adsorption isotherm

### Abstrak

Penggunaan antibiotik amoksisilin secara berlebihan dapat mencemarkan lingkungan. Salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi konsentrasi adalah metode adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari arang aktif kulit jengkol, karakterisasi dengan *nanoplatelet*, kinetika adsorpsi dan isoterm. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode batch. Berdasarkan gugus fungsi diketahui bahwa adanya gugus nanoplatelet di 1.099, analisis morfologi arang aktif kulit jengkol *nanoplatelet* terbentuk adanya kepingan (*graphene*), untuk analisis kristalinitas terbentuk amorf, mekanisme adsorpsi menggunakan persamaan pseudo orde dua (Ho) dengan nilai  $R^2 = 0,9966$ . Isoterm adsorpsi mengikuti persamaan Freundlich dengan nilai  $R^2 = 0,9561$ .

**Kata kunci:** Amoksisilin, Kulit jengkol, Nanoplatelet, kinetika adsorpsi, Isoterm adsorpsi

### PENDAHULUAN

Cemaran lingkungan salah satunya limbah penggunaan sisa antibiotik yang tidak bisa terdegradasi dengan baik dan juga tidak bisa di metabolisme oleh tubuh manusia dan hewan. Salah satu contoh antibiotiknya adalah amoksisilin, sehingga sebagian besar di buang melalui perairan limbah rumah sakit. Antibiotik memiliki senyawa yang dihasilkan oleh organisme hidup, amoksisilin merupakan antibiotik yang paling banyak digunakan sebagai trapi untuk perawatan, amoksisilin termasuk kedalam golongan penisilin atau golongan spektrum luas, salah satunya amoksisilin bisa untuk mengobati infeksi contohnya infeksi pada telinga, hidung dan tenggorokan.

Kulit jengkol (*pithecellobium jiringa*) termasuk kedalam limbah organik yang tidak memiliki nilai serta sangat berserakan di pasar-pasar tradisional, akan tetapi kulit jengkol ini

mengandung senyawa aktif seperti alkaloid, flavonoid, tannin, glikosida antraknon, steroid dan saponin, kulit jengkol juga memiliki unsur karbon sebesar 44,02% yang dimana bisa diyakini untuk dimanfaatkan sebagai adsorben. Adsorben pada kulit jengkol memiliki permukaan yang heterogen dan pada setiap sisinya memiliki adsorpsi yang berbeda-beda. Senyawa karbon yang di proses secara aktivasi dimungkinkan memiliki pori dan luas permukaan yang besar sehingga meninggalkan daya serap adsorpsinya, dengan aktivasi menggunakan asam fosfat.

Nanoplatelet dapat digunakan sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan konkrit, nanoplatelet termasuk bahan sulfur yang mempunyai sifat konduksi elektik yang baik, kuat, keras, ringan, dan tahan lama. Metode adsorpsi secara batch merupakan adsorpsi yang mudah dan juga merupakan adsorpsi yang tidak mengabdikan waktu yang cukup lama.

Berdasarkan latar belakang tersebut, mendorong peneliti untuk melakukan penelitian mengenai modifikasi arang aktif kulit jengkol nanoplatelet menggunakan metode batch sebagai adsorben amoksisilin.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: kulit jengkol, antibiotik amoksisilin Thihidrat (Sigma-Aldrich), Asam posfat, HCl, larutan iodin 0,1 N, Metilen Biru, tiosulfat 0,1 N, akuades.

### Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *furnance*, timbangan analitik (Mettler Toledo), ayakan 100 mesh, magnetik settirer (Thermo), oven (B-One), gelas kimia, mortir dan stemper, desikator, peralatan gelas laboratorium, *fourier Transform Infrared Spectroscopy*(FTIR) (Agilent), *Scanning Elektron Microscope* (SEM), Spektrofotometri UV-VIS (Agilent), X-Ray Diffraction (XRD).

### Metode

#### Penyiapan Bahan

Sample uji berupa limbah kulit jengkol yang diperoleh dari pasar Cikurubuk, Tasikmalaya sebanyak 500mg di potong-potong dan dicuci bersih lalu di jemur dibawah sinar matahari dan dioven selama 3 jam kemudian di jadikan arang lalu di karakterisasi menggunakan SEM, XRD, dan FTIR.

#### Karbonisasi kulit jengkol

Sample kulit jengkol ditimbang beratnya kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari selama kurang lebih 5 hari, lalu kulit jengkol dioven dengan suhu 100 °C selama 6 jam. Selama masa pengeringan harus ditimbang beratnya yang konstan. Kulit jengkol yang sudah di oven di karbonisasi menggunakan tanur selama 30 menit dengan suhu 350 °C, arang yang sudah dingin kemudian dihaluskan menggunakan mortir lalu di ayak menggunakan ayakan 100 mesh, dilakukan karakterisasi menggunakan SEM, XRD, dan FTIR.

#### Aktivasi Arang Aktif Kulit Jengkol

Kulitjengkol diaktivasi menggunakan asam posfat dengan cara di rendam selama 24 jam, setelah di rendam hasil perendaman di cuci menggunakan akuades hingga pH nya netral, keringkan dengan oven pada suhu 105 °C

selama 1 jam lalu dikeringkan menggunakan desikator. Dikarakterisasi menggunakan SEM, XRD, dan FTIR.

#### Modifikasi menggunakan Nanoplatelet

Modifikasi menggunakan nanoplatelet dengan cara sebanyak 3gr arang aktif kulit jengkol diambahkan HCl sebanyak 10ml, tujuannya agar terbentuk nanoplatelet yaitu dengan terbentuknya kepingan (*graphene*).

#### Kadar Air

Sifat higroskopik dari arang aktif yang dihasilkan dapat diketahui dengan dilakukan pengujian kadar air, adanya molekul air terikat pada arang aktif oleh aktivator menyebabkan pori-pori arang semakin besar, oleh karena itu semakin besar pori-pori maka luas permukaan akan bertambah.

#### Daya Serap Iodin

Pada penelitian ini dilakukan pengujian daya serap arang aktif menggunakan iodium sebagai adsorbat yang akan diserap sebagai adsorben. Hal itu dilakukan untuk mengetahui kemampuan arang aktif dalam menyerap partikel-partikel dengan ukuran molekul yang lebih kecil dengan ukuran dari 1 nm.

#### Daya Serap Metilen Biru

Uji daya serap metilen biru dilakukan untuk mengetahui kemampuan suatu arang dalam menyerap molekul yang berukuran 1 nm dengan melihat kemampuan luas permukaan pada arang dan kemampuan dalam menyerap larutan yang berwarna

#### Kadar Abu

Pengujian Kadar abu dilakukan untuk mengetahui sisa mineral yang tertinggal pada saat karbonisasi. Selain karbon, bahan alam dasar pembuatan arang aktif juga mengandung mineral, sehingga mineral ini bisa hilang saat melakukan karbonisasi dan aktivasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

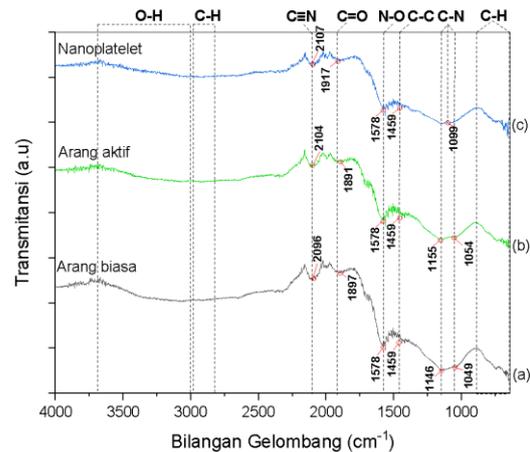
Arang aktif yang dihasilkan ditentukan kualitasnya dengan pengujian kadar air, kadar abu, daya serap metilen biru, dan daya serap iodin. Parameter arang aktif dibandingkan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995, dengan hasil sebagai berikut

**Tabel 1.** Hasil karakterisasi simplisia

Parameter	Hasil penelitian
Kadar Abu	0,12%
DayaSerapIodin	993,9833 mg/gr
DayaSerapMetilenbiru	752,3742 mg/gr
Kadar Abu	0,12%

Arangaktif yang dihasilkan ditentukan kualitasnya dengan pengujian kadar air, kadar abu, daya serap metilen biru dan daya serap iodin. Parameter arang aktif dibandingdengandengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995. Molekul air yang terikat pada arang aktif oleh aktivator menyebabkan pori-pori arang semakin besar, oleh karena itu semakin besar pori-pori maka luas permukaan akan bertambah. Kadar air arang aktif memenuhi standar SNI yaitu sebesar 6,7 % Dengan dilakukannya proses aktivasi, daya serap pada iodium akan meningkat, karena pada proses aktivasi ini akan mengembangkan pori. Daya serap iodium yang dihasilkan pada penelitian ini memenuhi standar kualitas arang aktif yaitu daya serap iodium sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06 – 3730 – 1995 sebesar 993,9833 mg/g.

Uji daya serap arang aktif terhadap *Metilen Biru* untuk mengetahui kemampuan luas permukaan pada arang dan kemampuan dalam menyerap larutan berwarna, salah satunya untuk mengetahui kemampuan suatu arang aktif dalam menyerap molekul yang berukuran 1 nm. Daya serap arang aktif terhadap metilen biru memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu sebesar 752,3742 mg/g. Kadar abu ini juga mengidentifikasi dari arang aktif yang dihasilkan, semakin rendah kadar abu yang dihasilkan maka kemurnian arang aktif yang dihasilkan semakin tinggi, pada proses pencucian setelah di aktivasi kimia dapat melarutkan logam – logam atau mineral yang ada pada arang aktif. Kadar abu arang aktif memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu sebesar 0,12 %.

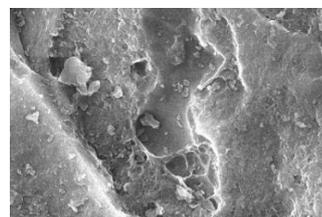


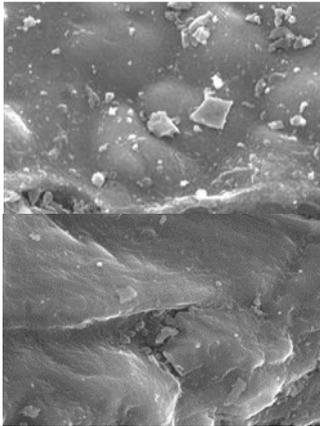
**Gambar 1.** Hasil pemeriksaan spektrum inframerah

Kulit jengkol mengandung senyawa organik dalam bentuk hemiselulosa dan lignoselulosa. Gugus hidroksil dalam selulosa berperan penting dalam proses adsorpsi oleh adsorben kulit jengkol (Fildzadkk., 2022). Analisis FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam suatu karbon, karbonaktif, dan CNP. Pada Gambar 1 ditunjukkan spektra FTIR dari senyawa arang (a), arang aktif (b), dan CNP (c). Pola dari spektra FTIR ketiga senyawa terlihat mirip, walaupun begitu terdapat beberapa puncak yang mengalami sedikit pergeseran. Serapan dari puncak-puncak yang identik kemudian dibandingkan dengan referensi agar dapat diinterpretasikan untuk mengetahui gugus fungsi serta vibrasi ikatan yang terdapat pada suatu senyawa seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.

### Morfologi permukaan adsorben

Karakterisasi SEM pada adsorben bertujuan untuk mengetahui morfologi permukaan. Morfologi permukaan arang sebelum dan sesudah aktivasi diidentifikasi menggunakan SEM dengan pembesaran objek 5000 kali. Hasil analisis SEM dapat dilihatpada **Gambar 2**.





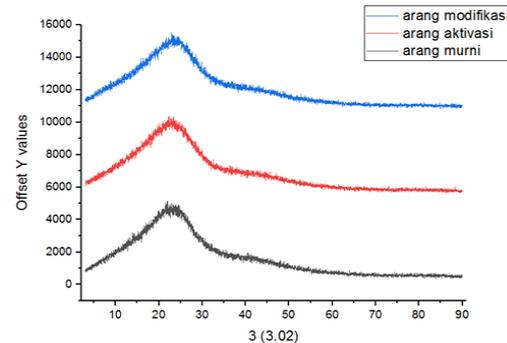
**Gambar 2.** Hasil SEM pada pebesaran 5000x (a) arang sebelum aktivasi (b) arang sesudah aktivasi (c) arang pada modifikasi

Analisis morfologi bentuk permukaan dilakukan dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang menampilkan bentuk adsorben berpori, meskipun ada sebagian dari permukaan yang tertutup. Hasil dari arang sebelum dan sesudah aktivasi terdapat sedikit perbedaan pada arang yang sebelum di aktivasi permukaan arang cukup banyak pori meskipun tidak terlalu terlihat, sedangkan arang yang sudah di aktivasi tidak semua pori terbuka, mungkin karena arang yang sesudah di aktivasi terjadi kontaminasi. Tetapi arang yang sudah diaktivasi terbentuk sedikit kepingan, pada saat modifikasi arang aktif dengan menggunakan HCL bisa terlihat jelas perbedaannya yaitu pada gambar (c) permukaannya sedikit berpori namun tidak nampak jelas dan sudah terlihat terbentuk kepingan meskipun belum sempurna yang menandakan terbentuknya nanoplatelet.

### Kristalinitas adsorben

Berdasarkan difraktogram XRD data kristalinitas untuk sample arang sebelum dan sesudah aktivasi terdapat hasil XRD arang murni, arang aktivasi, arang modifikasi nanoplatelet. Berdasarkan difraktogram XRD Pada **Gambar 3**. Data untuk arang aktif kulit jengkol terdapat pola difraksi dengan puncak difraksi melebar ini menunjukkan struktur arang yang cenderung amorf. Puncak yang didapatkan melalui karakterisasi XRD dapat disebabkan karena proses aktivasi yang dilakukan mengakibatkan adanya pergeseran plat heksagonal dari tingkat

keteraturan yang tinggi menjadi tidak beraturan.



**Gambar 3.** Kristalinitas adsorben

### Penentuan panjang gelombang maksimum

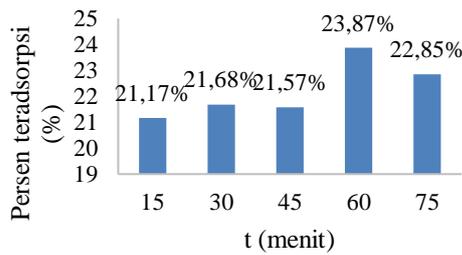
Penentuan panjang gelombang maksimum amoksisilin dilakukan menggunakan Spektrofotometri UV-VIS pada panjang gelombang 200-800 nm dan konsentrasi yang dipakai adalah 10 ppm sehingga dapat diperoleh panjang gelombang maksimum 248 nm. Tujuannya untuk menentukan kepekaan sample amoksisilin dengan maksimal.

### Kurva Baku Standar Antibiotik Amoksisilin

Penentuan konsentrasi antibiotik amoksisilin dapat dilakukan dengan menggunakan kurva standar antara absorbansi terhadap konsentrasi larutan. Senyawa ini dapat menyerap radiasi pada panjang gelombang di daerah ultraviolet hingga panjang gelombang 248 nm dan didapat persamaan regresi linear  $y = 0,0267x + 0,0425$  dengan koefisien relasi  $R^2 = 0,9997$ . Hasil pengukuran absorbansi dari sample yang telah dihasilkan pada saat proses adsorpsi kemudian dimasukan ke dalam persamaan regresi linear dari kurva standar amoksisilin yang telah dibuat dan nantinya akan diperoleh konsentrasi amoksisilin yang teradsorpsi

### Mekanisme Adsorpsi

Mekanisme absorpsi dipelajari menggunakan kinetika adsorpsi dan isoterm adsorpsi. Kinetika dan isoterm adsorpsi digunakan untuk mengamati proses adsorpsi mengikuti persamaan Lagergreen, Ho, Santosa untuk kinetika adsorpsi. Dan untuk persamaan Freundlich dan Langmuir untuk isoterm adsorpsi. Kinetika adsorpsi diperoleh dengan memvariasikan waktu kontak antara adsorbat dan adsorben dalam proses adsorpsi.



**Gambar 4.** Konsentrasi amoksisilin yang teradsorpsi oleh adsorben dengan variasi waktu kontak

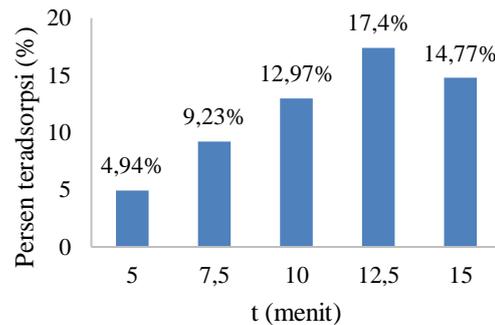
Waktu kontak diperlukan untuk mencapai keadaan yang setimbang (kesetimbangan adsorpsi) hasil adsorpsi pada beberapa variasi waktu kontak dapat dilihat pada gambar 4.6 menurut gambar tersebut seiring bertambahnya waktu maka amoksisilin yang terserap semakin meningkat dan dapat diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 1,0573 mg/g pada menit ke 60 dan efisiensi adsorpsi sebesar 23,8701 %. Penurunan kapasitas adsorpsi disebabkan karena terjadinya proses desorpsi karena permukaan adsorben telah jenuh sehingga tidak mampu lagi untuk berinteraksi dengan amoksisilin sehingga berpengaruh terhadap kapasitas adsorpsi (Jubilate *et al.*, 2016).

Selain itu juga pengaruh waktu kontak mengikut model kinetika Pseudo Orde Dua (Ho), Lagergreen, Santosa.

Parameter ketiga model kinetika Ho, dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang paling besar dan paling baik dibanding dengan model kinetika Lagergreen dan Santosa. Kinetika Pseudo Orde dua Ho dengan konstanta laju adsorpsi sebesar 8,058 g/mg.min adsorben mampu mengabsorpsi 1.0 mg amoksisilin dalam 1 menit. Hal tersebut menunjukkan bahwa laju adsorpsi larutan amoksisilin dipengaruhi oleh konsentrasi adsorbat dan sisi aktif pada adsorbat. Isoterm adsorpsi diperoleh dengan memvariasikan konsentrasi awal amoksisilin yang diserap oleh adsorben. Proses adsorpsi yang terjadi pada penelitian ini sesuai dengan isoterm Freundlich

**Tabel 4.** Parameter Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua (Ho), Lagergreen, Santosa.

Model Kinetika	Adsorpsi	Parameter	Nilai
Ho	arang aktif kulit	$R^2$	0,9966
		K	8,058 g/mg.min
Lagergreen	jengkol	Qe	1,0573 mg/g
		$R^2$	0,9893
Santosa	arang aktif kulit	K	0,0133 g/mg
		Qe	1,5130 mg/g
	jengkol	$R^2$	0,705
		K	0,0195 g/mg



**Gambar 5.** Hasil Adsorpsi Amoksisilin dengan

Model Kinetika	Adsorpsi	Parameter	Nilai
Freundlich	arang aktif kulit	$R^2$	0,9561
		jengkol	
Langmuir	arang aktif kulit	$R^2$	0,7207
		jengkol	

Variasi Konsentrasi

**Tabel 5.** Parameter Isoterm Adsorpsi Freundlich dan Langmuir.

Dilihat dari nilai  $R^2$  adsorpsi larutan amoksisilin menggunakan modifikasi nanounplatelet lebih mengikuti model persamaan isoterm Freundlich dengan nilai  $R^2$  0,9561 dimana angka tersebut yang lebih mendekati 1 dibandingkan dengan persamaan isoterm Langmuir. Hal tersebut dapat terjadi karena terdapat sisi aktif adsorpsi yang memiliki afinitas yang tinggi, sedangkan bagian yang lainnya memiliki afinitas rendah.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka dapat diambil kesimpulan Hasil karakterisasi arang aktif kulit jengkol menunjukkan kadar air, daya serap iodine, daya serap metilen biru dan kadar abu sebesar 6,7%, 993,9833 mg/g, 752,342 mg/g, 0,12% semua hasil karakterisasi memenuhi standar SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis.

Pada analisis gugus fungsi menggunakan FTIR, gugus aktif yang terdapat dalam arang sebelum dan setelah aktivasi lebih murni mengandung atom karbon memiliki pori – pori yang sedikit terbuka dan ada terbentuk kepingan, pada permukaan nanoplatelet sudah nampak terlihat terbentuk kepingan tetapi belum sempurna, struktur pori pada arang aktif tidak begitu terlihat jelas namun masih bisa diamati. Pengujian kinetika adsorpsi arang aktif terhadap amoksisilin thihidrat mengikuti persamaan Ho dengan nilai  $R^2$  pada arang aktif sebesar 0,9966, nilai K sebesar, nilai  $q_e$  ( $q_e$  teoritis) sebesar 1,0573 mg/g, Isoterm adsorpsi arang aktif kulit jengkol mengikuti ke persamaan Freundlich dimana  $R^2$  sebesar 0,9561, nilai KI sebesar 0,4250

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada pembimbing bapak gatut ari wardani dan bapak mohammad fathurohman yang sudah membimbing sampai selesai penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Pandia, S., & Warman, B. (2016). Pemanfaatan Kulit Jengkol Sebagai Adsorben Dalam penyerapan Logam Cd (II) Pada limbah cair Industri Prlapisan Logam Utilozation Ngapi Nut Pell As Adsorben To Remove Cd (II) From Electroplating Industry Wastewater. In *Jurnal Teknik Kimia USU* (Vol. 5, Issue 4). Pijoh, J. E. E., Palandeng, H. M. F., & Ottay, R. I. (2021). *Gambaran kandungan antibiotik pada sedimen kawasan pesisir teluk Manado*. 9(2), 341–345.
- Suharyani, I., Susilo, R., Salsabila, D., Nurcholisah, N., Septiyati, T., & Rahmasari, Y. (2022). Review: Modifikasi Struktur Amoksisilin Dan Uji Aktivasinya Sebagai Antibakteri Secara in Vitro. *Medical Sains : Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 7(2), 101–108.
- Thressia, M., Pengajar, S., Teknik, A., & Padang, G. (n.d.). *Penyerapan logam berat (Pb) oleh limbah kulit jengkol (Pithecellobium jiringa)*.
- Wardani, G. A., & Wulandari, W. T. (2017). Studi kinetika dan isoterm Adsorpsi timbal (II) Pada kulit jengkol (Pithecellobium jiringa) Teraktivasi (Study of Kinetics and Isotherm Adsorption of Lead(II) on Jengkol's Peel (Pithecellobium jiringa) Activated). *Kovalen*, 3(3), 252–257.
- Zhao, P., Geng, T., Zhao, Y., Tian, Y., Li, J., Zhang, H., & Zhao, W. (2021). Removal of Cu(II) ions from aqueous solution by a magnetic multi-wall carbon nanotube adsorbent. *Chemical Engineering Journal Advances*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.ceja.2021.100184>
- Dan, S., Carbon, K., & Cnt, N. (2018). *Dari kulit durian Dengan menggunakan Metode Chemical Vapor Deposition ( CVD )*. Cvd.
- Depkes RI. (1995). Farmakope Indonesia edisi IV. In *Departemen Kesehatan Republik Indonesia*.
- Lajja, N., Faza, Z., Sains, F., Teknologi, D. A. N., Islam, U., & Walisongo, N. (2021). *Adsopsi logam Cd ( II ) menggunakan adsorben arang aktif dari kulit buah. li*.
- Masriatini, R., & Fatimura, M. (2019). Penggunaan arang tempurung kelapa yang diaktifkan untuk menyerap zat warna limbah cair industri kain tradisional. *Jurnal Redoks*, 4(2), 37–40.
- Spektrofotometer, P., Untuk, E., & Senyawa, A. (2018). *Chimica et Natura Acta*. 6(3), 111–115.
- Zhao, P., Geng, T., Zhao, Y., Tian, Y., Li, J., Zhang, H., & Zhao, W. (2021). Removal of Cu(II) ions from aqueous solution by a magnetic multi-wall carbon nanotube adsorbent. *Chemical Engineering Journal Advances*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.ceja.2021.100184>
- Fildza, M., Rohmatullaili, R., & Oktasari, A. (2022). Utilization of jengkol peel (pithecellobium jiringa) as an adsorbent of iron metal. *Walisongo Journal of Chemistry*, 5(2), 130–135. <https://doi.org/10.21580/wjc.v5i2.11582>
- Hurairah, S., Fahimi, N., Halim, A., Hanafiah, M., Nordin, N., Jalil, N., & Daud, Z. (2023). Archidendron jiringa seed peel extract in the removal of lead from synthetic residual water using coagulation-flocculation process. *ScienceAsia*, 49(1), 94. doi:10.2306/scienceasia1513-1874.2023.135
- Muslim, A., Ellysa, E., & Said, S. D. (2017). Cu(II) ions adsorption using activated carbon prepared from Pithecellobium Jiringa (jengkol) shells with ultrasonic assistance: Isotherm, kinetic and thermodynamic studies. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 49(4), 472–490.

<https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2017.49.4.4>

- Othman, N. (2023). IR Spectroscopy in Qualitative and Quantitative Analysis. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.106625
- Ragadhita, R., Amalliya, A., Nuryandi, S., Fiandini, M., Nandiyanto, A., Hufadd, A., Mudzakir, A., Nugraha, W., Farobie, O., Istadi, I., Al-Obaidi, A., (2023), Sustainable Carbon-Based Biosorbent Particles from Papaya Seed Waste: Preparation and Adsorption isotherm, *Mor. J. Chem.*, 11(2), 395-410.
- Udvardi, B., Kovács, I. J., Fancsik, T., Kónya, P., Bátori, M., Stercel, F., Falus, G., & Szalai, Z. (2016). Effects of particle size on the attenuated total reflection spectrum of minerals. *Applied Spectroscopy*, 71(6), 1157–1168. <https://doi.org/10.1177/0003702816670914>