Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan **ISSN 2716-0963**
Volume 7, Nomor 2, Oktober 2025 **e-ISSN 2716-1218**

Preparasi Arang dari Kulit Jengkol (*Pithecellobium jiringa*) sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb)

Deli Hayaty[1], Tisna Harmawan[1]*, dan Yulida Amri[1]

[1]*Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Samudra*
Jl. Meurandeh, Langsa Aceh 24416, Indonesia

* Corresponding author: tisna_harmawan@unsam.ac.id

ABSTRAK

Kualitas air sebagai sumber daya alam esensial yang menopang seluruh kehidupan menjadi salah satu ancaman serius dalam pencemaran oleh logam berat, khususnya timbal (Pb). Limbah kulit jengkol, yang merupakan lapisan luar buah jengkol, berpotensi untuk diolah menjadi arang yang berfungsi sebagai adsorben untuk menyerap logam Pb. Proses adsorpsi menggunakan adsorben berbasis arang merupakan metode yang efektif untuk menurunkan konsentrasi ion logam Pb. Penelitian ini bertujuan untuk proses karbonasi arang kulit jengkol pada suhu 350°C dengan waktu 30 menit menggunakan *furnace* sebagai adsorben logam Pb. Karakterisasi material dilakukan dengan *Fourier-Transform Infrared* (FTIR), yang hasilnya mengindikasikan adanya reduksi pada ikatan O-H dan pelepasan hidrogen yang signifikan dari ikatan C-H selama proses aktivasi. Analisis konsentrasi Pb sebelum dan sesudah proses adsorpsi menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) menunjukkan penurunan dari 15 mg/L menjadi 3,9019 mg/L. Berdasarkan data tersebut, kapasitas adsorpsi arang kulit jengkol terhadap ion Pb dihitung sebesar 1,8497 mg/g atau 73,98%.

Kata Kunci: Air, Logam Timbal (Pb), Adsorben, Kulit Jengkol.

PENDAHULUAN

Tanaman jengkol (*Pithecellobium jiringa*) tersebar luas di berbagai wilayah Indonesia, khususnya di Sumatra dan Kalimantan. Sejauh ini, kulit jengkol dianggap sebagai limbah organik dimana banyak ditemukan di pasar-pasar tradisional. Keberadaan sampah organik ini tidak hanya menimbulkan masalah kebersihan lingkungan tetapi juga menghasilkan bau tidak sedap yang mengganggu masyarakat. Akibatnya, limbah ini seringkali dibuang begitu saja karena dianggap tidak memiliki nilai ekonomis. Padahal, biomassa dari limbah kulit jengkol dapat diproses menjadi bahan bakar padat atau bioarang [1].

Padahal, biomassa dari limbah kulit jengkol dapat diproses menjadi bahan bakar padat atau bioarang. Kandungan unsur karbon yang signifikan dalam kulit jengkol, yaitu mencapai 44,02%, menjadikannya bahan baku yang potensial untuk pembuatan arang. Unsur karbon ini merupakan komponen kunci yang memungkinkan material tersebut berfungsi sebagai adsorben. Oleh karena itu, kulit jengkol dapat dimanfaatkan sebagai biomassa untuk menghasilkan adsorben yang efektif dalam menyerap berbagai jenis limbah, termasuk logam berat seperti nikel, merkuri, tembaga, krom, timbal, dan seng [2].

Adsorben adalah material padat yang memiliki kemampuan untuk menyerap molekul lain (adsorbat) dipermukaannya. Adsorpsi terjadi melalui perpindahan massa dari fase fluida, baik cair maupun gas, menuju permukaan padatan, di mana molekul-molekul adsorbat berinteraksi dan menempel melalui gaya antarmolekul yang relatif lemah. Mekanismenya dimulai dengan perpindahan molekul dari larutan menuju lapisan film di permukaan luar adsorben, diikuti dengan difusi ke dalam struktur pori, dan akhirnya penempelan pada permukaan internal pori-pori tersebut [3].

Pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan baku adsorben semakin diminati karena ketersediaannya yang melimpah, biaya produksi yang rendah, serta proses pembuatan yang relatif sederhana. Adsorben ini memiliki aplikasi yang luas, mulai dari pemurnian gas, penghilangan bau, hingga penjernihan warna pada produk industri, termasuk dalam pengolahan limbah yang mengandung zat warna dan logam berat [4].

Pencemaran logam berat di perairan menjadi perhatian serius karena dampaknya yang

ISSN 2716-0963
e-ISSN 2716-1218

merusak bagi organisme akuatik. Timbal (Pb) adalah salah satu logam berat yang sering ditemukan dalam limbah industri dan menjadi sumber polusi air. Keberadaan Pb di perairan dapat berasal dari sumber alami maupun aktivitas manusia. Secara alami, Pb dapat masuk ke badan air melalui deposisi atmosferik bersama air hujan atau akibat korosi mineral. Namun, sumber utama pencemaran Pb berasal dari aktivitas manusia, seperti limbah industri, pertambangan bijih timbal, dan pembuangan limbah dari industri mebel yang mengalir ke sistem perairan seperti sungai dan laut [5][6].

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan baku utama dalam penelitian ini adalah limbah kulit jengkol yang berfungsi sebagai prekursor adsorben. Bahan kimia pendukung yang digunakan meliputi asam nitrat (HNO_3) 0.01 M, asam nitrat (HNO_3) 4 N, ($PbNO_3)_2$) dan aquades.

Metode

Pengambilan Sampel

Sampel kulit jengkol yang digunakan memiliki ciri warna hijau kehitaman dan diperoleh dari Pasar Langsa, Gampong Blang, Kecamatan Langsa Lama, Kota Langsa, Provinsi Aceh, Indonesia.

Preparasi Sampel

Kulit jengkol terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran dengan air mengalir. Selanjutnya, sampel dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama tiga hari hingga mencapai kekeringan optimal [7].

Pembuatan Arang

Kulit jengkol kering dihaluskan hingga menjadi serbuk menggunakan blender. Serbuk tersebut kemudian dikarbonisasi dalam furnace pada suhu 350°C selama 30 menit. Setelah proses selesai, sampel arang didinginkan pada suhu ruang [7].

Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR

Analisis gugus fungsional pada permukaan arang kulit jengkol dilakukan menggunakan spektroskopi *Fourier-Transform Infrared* (FTIR) model utilitas ZL 2013 20099730.2. Spektrum inframerah direkam pada rentang bilangan gelombang 500 hingga 4000 cm^{-1}.

Pembuatan Larutan

Larutan induk Pb berkonsentrasi 1000 mg/L disiapkan dengan melarutkan 1,5980 g $Pb(NO_3)_2$ ke dalam labu ukur berkapasitas 1000 mL, kemudian ditambahkan 10 mL HNO_3 dan diencerkan menggunakan akuades hingga mencapai tanda batas. Selanjutnya, larutan standar 100 mg/L diperoleh melalui proses pengenceran dari larutan induk tersebut [8][9].

Pembuatan Kurva Kalibrasi

Serangkaian larutan standar Pb dengan konsentrasi 0, 5, 10, 15, dan 20 mg/L disiapkan dengan mengencerkan larutan standar 100 mg/L. Absorbansi setiap larutan diukur menggunakan instrumentasi *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) dimana diatur panjang gelombang 283 nm. Kurva kalibrasi dibuat dengan memplotkan absorbansi (sumbu y) terhadap konsentrasi (sumbu x) untuk mendapatkan persamaan regresi linear [10][23].

Prosedur Adsorpsi

Sebanyak 0,6 g arang kulit jengkol ditambahkan ke dalam 100 mL larutan Pb 15 mg/L yang pH-nya telah diatur pada kondisi 5 menggunakan HNO_3 0,01 M. Campuran tersebut diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 90 menit. Setelah itu, larutan disaring, dan filtratnya dianalisis dengan AAS untuk menentukan konsentrasi akhir Pb [11].

Rumus presentase adsorpsi Pb:

$$\%\ \text{Teradsorpsi} = \frac{Ci - Ct}{Ci}\ x\ 100\%$$

Defenisi:
Ci: *Initial Concentration* (mg/L)
Ct: *Final Concentration* (mg/L)

Rumus kapasitas adsorpsi Pb:

$$Qe = \frac{Ci - Ct}{m}\ x\ V$$

Defenisi:
Qe: *Adsorption Capacity* (mg/g)
Ci: *Initial Concentration* (mg/L)
Ct: *Final Concentration* (mg/L)
M: *Mass of Adsorbent* (g)
V: *Volume of Solution* (mL) [11].

ISSN 2716-0963
e-ISSN 2716-1218

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi dan Karakterisasi Arang Kulit Jengkol

Penelitian ini mengoptimalkan pemanfaatan limbah kulit jengkol, yang selama ini kurang bernilai ekonomis dan menjadi sumber pencemaran lingkungan. Penggunaan arang (biochar) dari kulit jengkol memiliki prospek yang cerah mengingat ketersediaan bahan bakunya yang melimpah. Proses pembuatan arang diawali dengan pencucian dan pengeringan sampel, diikuti penghalusan menjadi serbuk [12][13].

Tahap selanjutnya adalah karbonisasi pada suhu 350°C selama 30 menit. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kandungan karbon dalam biomassa dengan cara menghilangkan senyawa volatil seperti air, hidrogen, dan oksigen. Arang yang dihasilkan kemudian dihaluskan kembali diayak menggunakan saringan berukuran 100 mesh guna menghasilkan partikel yang lebih halus serta berukuran seragam. Pengecilan ukuran partikel ini penting untuk memperluas area permukaan kontak adsorben, yang akan meningkatkan efektivitas adsorpsi [14][15] yang ditunjukkan pada Gambar 1.

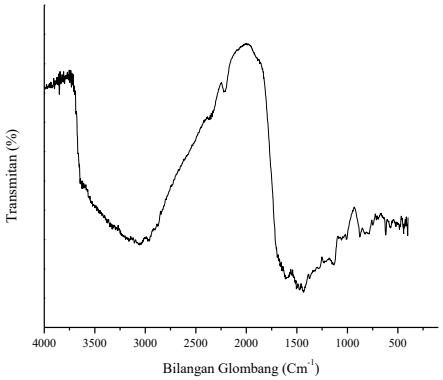


(a) (b)

Gambar 1. (a) Kulit jengkol (b) Arang kulit jengkol

Analisis Arang dari Kulit Jengkol menggunakan FTIR

Analisis FTIR dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada permukaan arang yang berperan aktif dalam proses penyerapan ion logam.



Gambar 2. Karakterisasi FTIR arang kulit jengkol

Spektrum FTIR (Gambar 2) menunjukkan beberapa pita serapan penting. Terjadi pergeseran bilangan gelombang dari 3055,24 cm^{-1} menjadi 3394,72 cm^{-1}, yang mengindikasikan adanya reduksi pada gugus hidroksil (O-H) [16]. Selain itu, pergeseran pada pita regangan C-H (dari 2218,14 cm^{-1} menjadi 2924,09 cm^{-1}) yang diperlihatkan pada Tabel 1. menunjukkan pelepasan hidrogen secara signifikan selama aktivasi. Kehadiran gugus O-H dan C-O menegaskan sifat polar dari arang kulit jengkol, yang memungkinkannya berfungsi sebagai adsorben yang baik untuk ion logam di dalam air [17].

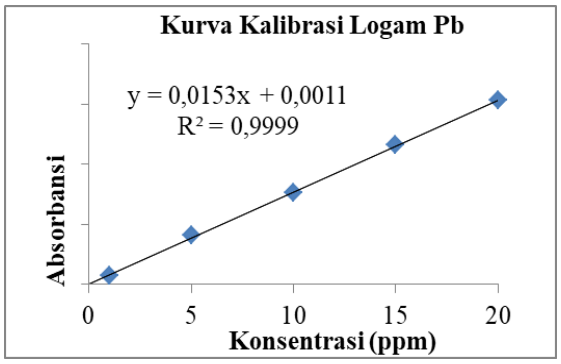
Tabel 1. Hasil karakterisasi FTIR arang kulit jengkol

Bilangan Gelombang Sebelum Aktivasi (cm^{-1})	Referensi (Setiaty dan Budi, 2016) (cm^{-1})	Gugus
3055,24	3394,72	O-H
2218,14	2924,09	C-H
1440,83	1519,91	NO_2
1147,65	1219,01	P-O
1031,92	1045,42	C-H

Analisis Adsorpsi Logam Timbal (Pb)

Gambar 3 merupakan kurva kalibrasi yang menunjukkan hubungan linear antara konsentrasi Pb dan absorbansi, dengan koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9999 dan persamaan regresi y = 0,0153x + 0,0011. Hasil ini mengindikasikan validitas metode pengukuran yang digunakan.

ISSN 2716-0963
e-ISSN 2716-1218



Gambar 3. Kurva kalibrasi larutan standar Pb

Proses adsorpsi ion Pb^{2+} oleh arang kulit jengkol diduga terjadi melalui dua mekanisme utama: pertukaran ion dan penjerapan fisik (fisisorpsi). Pada mekanisme pertukaran ion, kation Pb^{2+} menggantikan ion H^+ dari gugus fungsional seperti karboksilat yang ada di permukaan bioadsorben. Fisisorpsi, di sisi lain, berlangsung akibat interaksi lemah gaya Van der Waals antara permukaan adsorben dan molekul adsorbat, sehingga ion logam dapat terjerap dan tertahan di dalam pori-pori arang [18][19][20].

Tabel 2. Konsentrasi akhir logam timbal (Pb) dan kapasitas adsorpsi

Absorbansi	Kosentasi Pb akhir (mg/L)	Kapasitas adsorpsi (mg/g)	% Adsorpsi
0,0608	3,9019	1,8497	73,98

Hasil analisis AAS menunjukkan bahwa setelah proses adsorpsi selama 90 menit menggunakan 0,6 g adsorben, konsentrasi Pb dalam larutan berkurang dari 15 mg/L menjadi 3,9019 mg/L (Tabel 2). Dari data ini, persentase adsorpsi tercatat sebesar 73,98%, dengan kapasitas adsorpsi mencapai 1,8497 mg/g. Kapasitas adsorpsi ini merepresentasikan jumlah maksimum adsorbat yang dapat diserap per satuan massa adsorben pada kondisi percobaan. [21][22].

KESIMPULAN

Berdasarkan riset yang telah dilaksanakan, dapat ditarik simpulan bahwa arang aktif dari kulit jengkol berhasil dipreparasi melalui proses karbonisasi pada suhu 350°C dengan waktu 30 menit. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan perubahan signifikan pada gugus fungsi, terutama reduksi ikatan O-H dan pelepasan hidrogen dari ikatan C-H, yang mengindikasikan keberhasilan proses aktivasi arang. Arang yang dihasilkan dari kulit jengkol memperlihatkan efektivitas adsorpsi yang tinggi terhadap ion logam timbal (Pb), dengan kapasitas adsorpsi terukur sebesar 1,8497 mg/g atau 73,98%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada KEMDIKBUDRISTEK yang telah membiayai penelitian ini melalui skema beasiswa KIP-Kuliah.

REFERENSI

[1] Abdi, A. D. 2020. MOF-Based Polymeric Nanocomposite Beads As An Efficient Adsorbent For Wastewater Treatment In Batch And Continuous Systems: Modelling And Experiment. *Chemical Engineering Journal*. 400: 12582.

[2] Alfin, A. 2017. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Jengkol (*Pithecellobium Jiringa*) dengan Tiga Pelarut. *Prosiding.*Vol.2, 14-16.

[3] Anam, C., Sirojudin, dan Firdausi, K. S. 2007. Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji, Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Jurnal Berkala Fisika*. 10(1): 79 – 85.

[4] Ari, G. W., dan Wulandari, T. W. 2017. Studi Kinetika Dan Isoterm Adsorpsi Timbal (II) Pada Kulit Jengkol *(Pithecellobium Jiringa)* Teraktivasi. *Jurnal Kovalen*, 3(3):252-257.

[5] Asrijal. 2015. Variasi Konsentrasi Aktivator Asam Sulfat H_2SO_4 Pada Karbon Aktif Ampas Tebu Terhadap Kapasitas Adsorbsi Logam Timbal. Jurnal Al- Kimia. 1-40.

[6] Desianna, I., Putri, C. A., Yulianti, I., dan Sujarwata. 2017. Selulosa Kulit Jagung sebagai Adsorben Logam Cromium (Cr) pada Limbah Cair Batik. *Unnes Physics Journal*. 6(1): 19 – 24.

[7] Fajar, I. P. S., dan Asriza, O. A. 2018. Biosorben Kulit Jengkol *(Pithecellobium jiringa)* sebagai Penyerap Logam Pb pada Air Kolong Pasca Penambangan Timah.

Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan. Vol. 4 No.2, 83-89.

[8] Harmawan, T., & Lestari, D. (2020). Pemeriksaan logam berat cadmium (Cd) dan plumbum (Pb) pada lipstik yang beredar di Pasar Brayan Medan Timur secara spektrofotometri serapan atom (SSA). *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, *2*(2), 18-22.

[9] Hasibuan, N. H., Hutapea, S., dan Rahman, A. 2022. Pemanfaatan Limbah Kulit Jengkol sebagai Bahan Baku Kompos dan Biochar dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Bawang Merah (*allium ascalonicum L*). *Jurnal Ilmiah Pertanian (JIPERTA)*, 4(1) 2022: 32-44.

[10] Hestina., Gultom, E., Sijabat, S., dan Aritonang, B. 2022. Sintesis Dan Karakterisasi Arang Kulit Jengkol Sebagai Adsorben Terhadap Kadar BOD, COD TTS pada Limbah Cair Industri. *Jurnal of Chemistry, Education, and Science.* Vol. 6 No. 2:122-133.

[11] Intan, L., Mahraja, M., Farid, F., Gusti, R. D., dan Permana, E. 2020. Penyerapan Ion Pb Menggunakan Adsorben dari Limbah Padat Lumpur Aktif Pengolahan Air Minum. *Chem. Prog*, Vol. 13. No. 2, 68-76.

[12] Julhim, S. T. 2013. Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*). *Jurnal Entropi*, 8(01): 500-506.

[13] Kartini, M., Herdiyanti, H., Nurliati, G., Kadarwati, A., dan Swantomo, D. 2019. Sintesis Silika Xerogel dari Abu Daun Bambu sebagai Adsorben Uranium. *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*. 13(1): 27 – 36.

[14] Kusuma, A. T., Effendi, N., Abidin, Z., dan Awaliah, S. S. 2019. Analisis Kandungan Logam Berat Timbal Pb (II) dan Raksa (Hg) pada Cat Rambut yang Beredar di Kota Makassar dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Celebes Enviromental Science Journal*. 1(1): 6 – 12.

[15] Latiyfah, R., Karina, R., dan Nurfadillah. 2017. Analisis Timbal (Pb) Pada Sedimen dan Air Laut di Kawasan Pelabuhan Nelayan Gampong Deah Glumpang Kota Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*. 2(1): 89-96.

[16] Merry, T. 2020. Penyerapan Logam Berat (Pb) Oleh Limbah Kulit Jengkol (*Pithecellobium jiinga*). Ekologi Industri. Penerbit ANDI. Yogyakarta.

[17] Nurlaili., Kurnia, L. T., dan Ratnani, D. R. 2017. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam sebagai Adsorben Zat Warna Methyl Orange Dalam Larutan. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*. 2 (2): 11-14.

[18] Pambudi, A., Farid, M., dan Nurdiansah, H. 2017. Analisis Morfologi dan Spektroskopi Infra Merah Serat Bambu Betung *(Dendrocalamus asper)* Hasil Proses Alkalisasi sebagai Penguat Komposit Absorbsi Suara. *Jurnal Teknik ITS.* 6(2): 441 – 444.

[19] Rakhmania, D. C., Khaeronnisa, I., Ismuyanto, B., Juliananda, dan Himma, F. N. 2017. Adsorpsi Ion Kalsium Menggunakan Biomassa Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Diregenerasi HCL. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan,* 1(1): 16-24.

[20] Ridhuan, K., dan Suranto, J. (2017). Perbandingan Pembakaran Pirolisis dan Karbonisasi pada Biomassa Kulit Durian Terhadap Nilai Kalori. Turbo : *Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1), 50–56.

[21] Rozanna, D., dan Hasfita F. 2016. Pemanfaatan Limbah Kulit Jengkol (*Pithecellobium jiringa*) Menjadi Bioarang dengan Menggunakan Perekat Campuran Getah Sukun dan Tepung Tapioka. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 5:1 (2016) 105-123.

[22] Sahara, E., Permatasari, D. E., dan Suarsa, I. W. 2019. Pembuatan dan Karakterisasi Arang dari Batang Limbah Tanaman Gumitir dengan Aktivator $ZnCl_2$. *Journal of Chemistry*. 13(1): 95 – 103.

[23] Harmawan, T., & Irmawati, A. (2017). Analisa Kadar Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Krim Pemutih Yang Beredar Di Daerah Percut Sei Tuan Sampali Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, *1*(2).