

*Adsorption of Cu(II) Using Salacca's Peel Activated by HNO₃***Adsorpsi Logam Cu(II) Menggunakan Adsorben Kulit Buah Salak Teraktivasi HNO₃****Gani Purwiandono^{a,*}, Suleman Ibrahim^a**^a*Program Studi Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang KM.14,5, Yogyakarta 55584, Indonesia*

*Corresponding author: gani_purwiandono@uii.ac.id

Abstract

The biosorbent synthesis of salacca's peel waste as an adsorbent of heavy metals Cu(II) has been investigated. The research aimed to determine the ability of the adsorption activity and the pattern of biosorbent adsorption isotherm of salacca's skin against the adsorption of Cu(II). In this study, the adsorbent of salacca's peel is divided into 2 (two) parts: non-activated adsorbent and activated adsorbent using nitric acid (HNO₃). The adsorbent was carried out at a time variation of 30, 60, 90, and 120 minutes. Characterization and application using Fourier Transform Infra-Red (FTIR) and Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). The adsorption result showed that the optimum adsorption time was 30 minutes for both conditions of adsorbents. The interaction between the adsorbate and the non-activated biosorbent can occur through the chemisorption interaction (Langmuir isotherm). Afterward, the activated biosorbent occurs through the physisorption interaction (Freundlich isotherm).

Keywords: *adsorption, salacca's peel biosorbent, Cu(II).***Abstrak**

Telah dilakukan penelitian sintesis biosorben limbah kulit buah salak sebagai adsorben logam Cu(II). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan aktivitas adsorpsi dan isoterm adsorpsi biosorben kulit buah salak terhadap daya adsorpsi logam Cu(II). Dalam penelitian ini, adsorben kulit buah salak yang digunakan terbagi menjadi 2 (dua) yaitu adsorben tanpa aktivasi dan adsorben teraktivasi asam nitrat (HNO₃) 0,1 M. Aplikasi adsorben dilakukan pada variasi waktu 30, 60, 90 dan 120 menit. Karakterisasi dan aplikasi menggunakan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) dan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Hasil uji adsorpsi menunjukkan waktu optimum adsorpsi dicapai pada 30 menit waktu interaksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biosorben tanpa aktivasi dapat terjadi melalui interaksi kemisorpsi (isoterm Langmuir), sedangkan biosorben teraktivasi terjadi melalui interaksi fisisorpsi (isoterm Freundlich).

Kata kunci: *adsorpsi, adsorben kulit buah salak, Cu(II).*

PENDAHULUAN

Perkembangan industri yang cukup pesat, menyebabkan pemanfaatan logam baik untuk alat pengoperasian, maupun industri yang memproduksi logam sebagai produk utamanya semakin meningkat. Industri yang memanfaatkan logam antara lain industri pelapisan logam, peralatan listrik, cat, pestisida dan sebagainya. Kegiatan dari industri tersebut dapat menyebabkan pencemaran lingkungan karena menghasilkan limbah, terutama pencemaran air oleh limbah logam. Salah satu logam berat dari sekian banyak logam yang dihasilkan dari kegiatan industri tersebut adalah logam tembaga atau Cu(II) (Tong et al., 2011)

Limbah logam Cu(II) dapat menyebabkan pencemaran serius terhadap lingkungan, dan mempunyai sifat toksik yang sangat berbahaya bagi organisme hidup seperti kerusakan organ, gangguan sistem saraf, dan kematian. Hal ini terjadi jika kandungan Cu(II) melebihi ambang batas yang telah ditetapkan (Al-Quinaibit, 2005). Menurut *Environmental Protection Agency* (EPA) kadar tembaga Cu(II) maksimum dalam air limbah adalah sebesar 1,3 mg/L, sedangkan menurut *World Health Organization* (WHO) kandungan logam tembaga Cu(II) maksimum yang diperbolehkan dalam air sebesar 1,5 mg/L (Bilal et al., 2013).

Limbah Cu(II) menjadi berbahaya bagi lingkungan, sehingga diperlukan suatu metode pengolahan logam Cu(II) yang tepat sebagai upaya menanggulangi pencemaran. Metode adsorpsi merupakan salah satu metode yang tepat dari sekian banyak metode untuk menanggulangi limbah logam berbahaya. Metode ini diketahui lebih murah dan efektif, jika dibandingkan dengan metode yang umumnya dilakukan seperti presipitasi, elektrodialisis, koagulasi, *reverse osmosis*, ultrafiltrasi, dan lain-lain (Holle et al., 2013). Keunggulan yang lain dari metode ini adalah dalam pengolahannya tidak terbentuk lumpur dan adsorben yang digunakan dapat diregenerasi kembali (Lakherwal, 2014).

Teknologi adsorpsi telah dikenal luas antara lain dengan menggunakan adsorben arang aktif, *clay* seperti zeolit, bentonit, tanah diatome, ataupun biosorpsi menggunakan bagian tumbuhan. Adsorpsi dengan menggunakan bahan organik (biosorben) diketahui memiliki keunggulan dibandingkan dengan adsorben yang lain, antara lain harga yang relatif murah, mudah didapat, ramah lingkungan, dan mudah dilakukan aktivasi. Biosorben yang umum digunakan adalah biosorben dari limbah hasil pertanian atau perkebunan, seperti kulit buah, jerami padi, daun ataupun batang dari tanaman, dan lain-lain.

Salah satu diantara limbah hasil pertanian yang berpotensi digunakan sebagai biosorben adalah kulit salak. Kulit salak dapat digunakan sebagai biosorben karena mengandung selulosa yang dapat mengikat ion logam melalui gugus hidroksil dan karboksil (Herwanto & Santoso, 2006).

Proses adsorpsi logam oleh biosorben dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain waktu kontak, konsentrasi awal adsorbat, dan pH. Daya adsorpsi suatu biosorben untuk mengadsorpsi suatu adsorbat, seperti logam Cu(II) akan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu dan konsentrasi hingga mencapai kondisi setimbang kemudian pada waktu tertentu daya adsorpsi mengalami penurunan (Odeh et al., 2015).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas adsorben kulit salak dengan variasi aktivasi permukaan dan pengaruh variasi waktu kontak optimum adsorben dalam mengadsorpsi logam Cu(II).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam sintesis adsorben kulit salak adalah kulit buah salak, HNO₃ (Merk) dan CuSO₄.5H₂O (Merk).

Instrumen yang digunakan dalam karakterisasi adalah *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) untuk mengetahui konsentrasi logam Cu(II) dan *Fourier*

Transform Spectroscopy Infrared (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi pada adsorben kulit salak.

Aktivasi Biosorben Kulit Salak

Disiapkan serbuk kulit buah salak yang telah dipreparasi pada gelas beaker dengan larutan HNO₃. Selanjutnya serbuk kulit salak disaring dan dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 70 °C sehingga diperoleh biosorben kulit salak teraktivasi HNO₃. Evaluasi gugus fungsi dilakukan menggunakan FTIR.

Uji Adsorpsi Biosorben Kulit Salak

Biosorben kulit salak teraktivasi HNO₃ dan tanpa aktivasi dilakukan pemanasan pada temperatur 60 °C selama 24 jam untuk menghilangkan pengotor. Sebanyak 5 mg biosorben kulit salak dilakukan uji adsorpsi terhadap larutan 50 mL Cu(II) 100 ppm dengan variasi waktu interaksi 30, 60, 90 dan 120 menit. Konsentrasi Cu(II) dievaluasi menggunakan AAS dan mekanisme adsorpsi menggunakan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich.

PEMBAHASAN

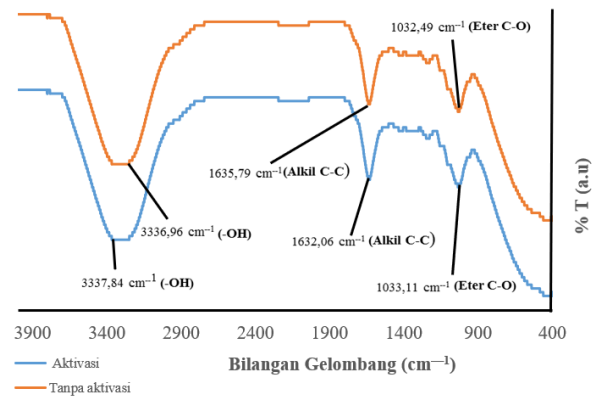
Preparasi biosorben kulit salak dilakukan dengan pembersihan bahan kulit salak dengan tujuan menghilangkan pengotor terlarut. Proses penghilangan pengotor dan kadar air dilakukan dengan pemanasan pada temperatur 60 °C selama 24

jam. Penentuan pemanasan pada temperatur 60 °C selama 24 jam dilakukan untuk menghindari kerusakan permukaan struktur sel adsorben serta penyusutan volume dan penutupan pori-pori adsorben, sehingga dapat mengurangi kapasitas adsorpsi adsorben terhadap adsorbat.

Perlakuan aktivasi biosorben kulit buah salak dilakukan menggunakan HNO₃ dengan tujuan memperbesar dan memperluas situs aktif biosorben pada permukaan untuk meningkatkan daya serap terhadap logam Cu(II). Aktivasi menggunakan larutan asam dapat melepas dan membersihkan pengotor atau ion logam seperti Ca²⁺, K⁺, dan Mg²⁺ yang menutupi pori-pori biosorben.

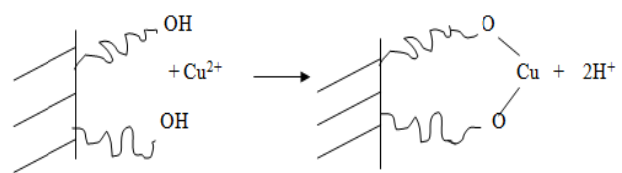
Karakterisasi Biosorben

Karakterisasi gugus fungsi biosorben kulit buah salak dilakukan menggunakan FTIR dengan tujuan mengkonfirmasi perlakuan aktivasi HNO₃ terhadap biosorben kulit salak. Gambar 1 menunjukkan spektra FTIR kulit salak dengan membandingkan perlakuan aktivasi HNO₃ dan tanpa aktivasi. Diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nilai vibrasi antara biosorben dengan perlakuan aktivasi HNO₃ dan tanpa aktivasi. Perbedaan terjadi pada intensitas serapan yang muncul, menunjukkan pengaruh aktivasi HNO₃ tidak merusak gugus fungsi dari biosorben yang berperan terhadap proses adsorpsi Cu(II).



Gambar 1. Spektra FTIR biosorben kulit salak dengan dan tanpa aktivasi HNO₃.

Hasil spektra FTIR menunjukkan bahwa serapan gugus –OH memiliki serapan dominan dan lebar dibandingkan dengan serapan gugus C-C dan gugus C-O pada biosorben teraktivasi HNO₃ maupun tanpa aktivasi. Gugus –OH menjadi salah satu gugus aktif yang bertanggung jawab terhadap proses adsorpsi Cu(II). Gambar 2 menunjukkan mekanisme adsorpsi Cu(II) oleh biosorben kulit buah salak pada gugus –OH.



Gambar 2. Interaksi antara gugus –OH dengan Cu(II).

Uji Adsorpsi Biosorben terhadap Cu(II)

Uji adsorpsi biosorben kulit buah salak terhadap logam Cu(II) bertujuan untuk mengetahui kemampuan aktivitas adsorpsi kulit buah salak terhadap logam Cu(II).

Pengujian dilakukan tanpa menggunakan variabel suhu serta pH adsorben, yaitu konstan pada suhu 25°C dan pH 7. Hasil uji adsorpsi dibandingkan antara biosorben tanpa aktivasi dengan biosorben teraktivasi. Pengujian adsorpsi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data uji adsorpsi Cu(II) menggunakan biosorben kulit salak teraktivasi dan tanpa aktivasi.

Waktu (menit)	Tanpa Aktivasi (%)	Teraktivasi (%)
30	45,32	67,75
60	37,99	64,75
90	42,32	67,81
120	41,71	61,47

Tabel 1 menunjukkan variasi waktu kontak pada rentang waktu 30-120 menit. Penurunan konsentrasi optimum terjadi pada waktu ke-30 menit, yaitu sebesar 67,75% atau 32,246 mg/g untuk biosorben kulit buah salak teraktivasi dan 45,32% atau 54,68 mg/g untuk konsentrasi biosorben kulit buah salak tanpa aktivasi. Pada menit ke 30, situs aktif dari biosorben kulit salak dapat secara optimum mengikat ion logam Cu(II) dan mengadsorpsi lebih banyak logam Cu(II) dibandingkan pada waktu lainnya.

Penurunan aktivitas adsorpsi terjadi disebabkan oleh tingkat kejenuhan situs aktif setelah mengadsorpsi logam Cu(II). Pada Tabel 1 diketahui bahwa aktivitas adsorpsi biosorben teraktivasi lebih baik dibanding biosorben tanpa aktivasi. Hal tersebut

disebabkan oleh perlakuan aktivasi telah melepaskan pengotor dan ion logam seperti Ca^{2+} , K^+ dan Mg^{2+} yang menutupi sebagian pori-pori biosorben kulit buah salak, sehingga pori-pori biosorben kulit buah salak menjadi lebih besar untuk mengadsorpsi Cu(II).

Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi menggambarkan mekanisme distribusi molekul antara adsorben kulit salak dan Cu(II) saat proses adsorpsi pada kesetimbangan. Penentuan isoterm adsorpsi dilakukan untuk biosorben kulit buah salak teraktivasi dan tanpa aktivasi. Model isoterm adsorpsi yang akan digunakan pada penelitian ini adalah isoterm adsorpsi Langmuir dan isoterm adsorpsi Freundlich. Isoterm adsorpsi Langmuir menunjukkan bahwa proses adsorpsi yang terjadi adalah secara kimia dan isoterm Freundlich menunjukkan adsorpsi yang terjadi secara fisika.

Tabel 2. Isoterm Langmuir biosorben teraktivasi HNO_3

No	Waktu (menit)	Ce (ppm)	Qe (ppm)	1/Ce	1/Qe
1	30	32,25	91,938	0,031	0,011
2	60	35,25	91,187	0,028	0,011
3	90	32,192	91,952	0,031	0,011
4	120	38,527	90,368	0,026	0,011

Tabel 3. Isoterm Freundlich biosorben teraktivasi HNO₃

No	Waktu (menit)	Ce (ppm)	Qe (ppm)	Log Ce	Log Qe
1	30	32,246	91,938	1,508	1,963
2	60	35,25	91,187	1,547	1,959
3	90	32,192	91,952	1,507	1,963
4	120	38,527	90,368	1,585	1,956

Tabel 2 dan 3 menunjukkan data isoterm adsorpsi pada adsorben kulit salak teraktivasi HNO₃ dan Tabel 4 dan 5 menunjukkan isoterm adsorpsi pada adsorben kulit salak tidak teraktivasi HNO₃.

Tabel 4. Isoterm Langmuir biosorben tanpa aktivasi HNO₃

No	Waktu (menit)	Ce (ppm)	Qe (ppm)	1/Ce	1/Qe
1	30	54,68	86,33	0,018	0,012
2	60	62,01	84,497	0,016	0,012
3	90	57,676	85,581	0,017	0,012
4	120	58,287	85,428	0,017	0,012

Tabel 5. Isoterm Freundlich biosorben tanpa aktivasi HNO₃

No	Waktu (menit)	Ce (ppm)	Qe (ppm)	Log Ce	Log Qe
1	30	54,68	86,33	1,737	1,936
2	60	62,01	84,497	1,792	1,926
3	90	57,676	85,581	1,761	1,932
4	120	58,287	85,428	1,765	1,931

Plot grafik kurva isoterm adsorpsi Langmuir pada biosorben kulit salak

teraktivasi menunjukkan persamaan garis $y = -0,0227x + 0,0116$ dengan nilai $R^2 = 0,8831$. Sedangkan pada biosorben kulit salak tanpa aktivasi diperoleh persamaan garis $y = -0,1459x + 0,0142$ dengan $R^2 = 0,9484$.

Plot grafik kurva isoterm adsorpsi Freundlich pada biosorben kulit salak tanpa aktivasi menunjukkan persamaan garis $y = -0,955x + 2,1075$ dengan nilai $R^2 = 0,9992$. Sedangkan pada biosorben kulit salak tanpa aktivasi diperoleh persamaan garis $y = -0,1704x + 2,1324$ dengan $R^2 = 0,9992$.

Penentuan mekanisme adsorpsi antara adsorben kulit salak dengan Cu(II) menggunakan pendekatan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Pada hasil analisis perhitungan diperoleh mekanisme adsorpsi adsorben kulit salak teraktivasi HNO₃ dengan Cu(II) mengikuti model isoterm Freundlich yaitu berlangsung secara fisisorpsi *multilayer*. Mekanisme fisisorpsi memungkinkan terjadinya ikatan sekunder Van der waals antara permukaan adsorben dengan Cu(II). Interaksi tersebut bersifat lemah dan memungkinkan ion Cu(II) bergerak leluasa yang menyebabkan proses adsorpsi terjadi pada multi lapisan.

Model interaksi adsorpsi Langmuir lebih disukai pada mekanisme interaksi adsorben kulit salak tanpa aktivasi dengan Cu(II). Model adsorpsi Langmuir lebih

banyak menggunakan interaksi kemisorpsi dibanding fisorpsi melalui pembentukan senyawa kompleks antara permukaan adsorben buah salak dengan Cu(II). Gugus – OH pada biosorben berperan sebagai ligan yang dapat menyumbangkan sepasang elektron bebas pada orbital d kosong milik Cu(II) dan sangat dipengaruhi oleh banyaknya situs aktif dari permukaan biosorben. Semakin banyak ion logam yang terjerap akan membuat situs aktif menjadi jenuh sehingga kemampuan adsorpsi akan berkurang.

KESIMPULAN

Penurunan konsentrasi Cu(II) terbesar diperoleh pada adsorben kulit salak teraktivasi HNO₃ pada menit ke-30 sebesar 67,75%. Mekanisme adsorpsi Cu(II) oleh biosorben teraktivasi HNO₃ mengikuti model fisorpsi Freundlich dengan nilai R² sebesar 0,9992. Sedangkan mekanisme adsorpsi Cu(II) oleh biosorben tanpa aktivasi mengikuti model kemisorpsi Langmuir dengan nilai R² sebesar 0,9484.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Qunaibit, M.H., Mekhemer, W.K. and Zaghloul, A.A., 2005. The adsorption of Cu (II) ions on bentonite—a kinetic study. *Journal of colloid and interface science*, 283(2), pp.316-321.

Bilal, M., Shah, J.A., Ashfaq, T.G., Syed Mubashar, T., Adnan, A., Pervez, A., Haroon, Hajira, and Mahmood, Q., 2013, Waste biomass adsorbents for copper removal from industrial waste water – A review, *Journal of Hazardous Materials*, 322-333.

Herwanto, B., dan Santoso, E., 2006, Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Pada Membran Selulosa-Khitosan Terikat Silang. *Akta Kimindo*. 2. 1.

Holle, R.B., Wuntu, A.D., and Sangi, M.S., 2013, Kinetika Adsorpsi Gas Benzena pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal MIPA UNSRAT Online* 2(2): 100-104.

Lakherwal, D., 2014, Adsorption of Heavy Metals: A Review, *Journal of Environmental Research and Development*, 41-48.

Odeh, L., Imad Odeh, M. Khamis, M. Khatib, M. Qurie, Z. Shakhser, and M. Qutob., 2015, Hexavalent Chromium Removal and Reduction to Cr (III) by Polystyrene Tris(2-aminoethyl)amine, *American Journal of Analytical Chemistry*, 6, 26-37.

Tong, X. J., Li, J. Y., Yuan, J. H., and Xu, R. K., 2011, Adsorption of Cu (II) by biochars generated from three crop straws. *Chemical Engineering Journal*, 172(2-3), 828-834.