

BIOSORBEN BUAH JABON PUTIH (*Anthocephalus cadamba* Miq.) UNTUK MENJERAP ION LOGAM MERKURI (II)

Faradilla Milenia¹, T. Abu Hanifah^{*2}, Sofia Anita³,
Mufidah Salsabila³, Anastasia Kinzky Zipora Nainggolan³
^{1,3} Kimia FMIPA UNRI

²Program S3 Ilmu Lingkungan UNRI

Email: abu-hanifah@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

This aims of this study to determine the efficiency and adsorption capacity of the biosorbent in absorbing mercury (II), determine the adsorption kinetics and isotherm model and the biosorbent regeneration ability of white jabon fruit. The optimization of the biosorbent powder was carried out on the parameters of pH, contact time and adsorbate concentration. The biosorbent is regenerated by desorption using an HCl desorption agent. Jabon fruit biosorbent powder was made through the drying process of Jabon fruit that has been cut and washed and then ground using a mortar and pestle. The results of the physical and chemical characteristics in this study showed a water content value of 8.09%, ash content of 1.32%, iodine adsorption capacity of 753.5812 mg/g and methylene blue adsorption capacity of 24.8632 mg/g. The results of the biosorption test showed that the optimum conditions for the biosorbent powder were pH 6 with an efficiency of 99.728% and a capacity of 4.7855 mg/g, a contact time of 40 minutes with an efficiency of 99.493% and a capacity of 4.7747 mg/g, at an initial concentration of 80 mgL⁻¹ with an efficiency of 99,912. % and the capacity was 3,5761 mg/g. Based on the FTIR results, the functional groups were C-H aliphatic, C-H aromatic, C=O, C-O and N-H. Based on the results of BET analysis, biosorbent powder had a surface area before adsorption of 3.53039 m²/g, after adsorption I 0 m²/g and after regeneration II 0.17056 m²/g. Based on the SEM-EDS results, it was found that the jabon fruit biosorbent powder had elements of O, C, Na, N, Cl, K, Hg and had an uneven texture. However, because it was in powder form, the distance between the particles looked very tight and has a small grain size. So the surface texture looked very smooth. In this study, the percentage of regeneration was 98.36%. The adsorption kinetics of this study follows the second-order Pseudo equation where the equation was $y = 0.2097x - 0.0075$ with $R^2 = 1$ and $K = 5.86339 \text{ gm}^{-1}\text{min}^{-1}$, assuming a chemical adsorption process which includes intervalence forces or electron exchange between the adsorbent and adsorbate and the adsorption isotherm model follows the Langmuir equation with the equation $y = 0.019x + 0.0153$ with $R^2 = 0.9665$ It is assumed that the active site on the surface of the adsorbent is homogeneous.

Keywords: biosorbent, mercury (II), white jabon.

PENDAHULUAN

Buah jabon putih adalah salah satu bahan baku biomassa. Jabon putih dengan nama ilmiah (*Anthocephalus cadamba* Miq.) Beberapa komponen utama yang terdapat pada biomassa adalah selulosa, hemiselulosa, lignin, kanji, dan protein (Mulyana, 2011). Menurut Emil (2014) batang kayu jabon memiliki kandungan selulosa 42%, lignin 26% dan hemiselulosa 33%..

Salah satu alternatif lain dalam pengolahan limbah yang mengandung logam berat adalah penggunaan bahan-bahan biomassa sebagai biosorben. Prosesnya kemudian disebut sebagai biosorpsi. Metode biosorpsi menggunakan biomassa, selain murah merupakan metode yang efektif dalam mengikat ion logam berat, baik anionik maupun kationik, bahkan pada konsentrasi ion logam yang sangat rendah. (Martins *et al.*, 2006).

Keberadaan merkuri di lingkungan dapat berasal dari berbagai aktivitas manusia yang menghasilkan limbah merkuri sehingga konsentrasi merkuri di lingkungan dapat meningkat

(Purnawan *et al*, 2013). Menurut Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 (Lampiran VI), kadar maksimum merkuri untuk keperluan air baku air minum kurang dari 0,001 mg/L dan untuk kegiatan perikanan yang diperbolehkan kurang dari 0,002 mg/L.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan kajian optimasi serbuk biosorben terhadap variasi pH, waktu kontak dan konsentrasi adsorbat karena dapat mempengaruhi daya biosorpsi biosorben dalam menyerap ion Hg^{2+} . Kemudian dilanjutkan dengan regenerasi biosorben sebanyak 2 kali. Karakterisasi yang digunakan terdiri dari FTIR untuk menganalisis gugus fungsi yang berperan dalam proses adsorpsi, SEM-EDS untuk menganalisis morfologi permukaan dan penentuan unsur yang terkandung menggunakan BET untuk menganalisis luas permukaan dan volume pori-pori

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayakan ukuran 100 dan 200 mesh (ASTM E 11 Cat 60.150.000150), ICP-MS (*ICPE-9000 Shimadzu*), FTIR (*IR Prestige-21 Spectrophotometer Shimadzu*), Spektrofotometer UV-Vis (*Thermo scientific Cimatec*), SEM (*Hitachi Flexsem 1000*), EDS (*Ametek Edax*), Brunauer–Emmet-Teller (BET) (Tipe V-sorb 4800 S).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah jabon putih, asam klorida (HCl) 1 M dan kertas saring Whatman 42.

Pembuatan serbuk biosorben buah jabon putih

Buah jabon putih yang matang diambil di kebun tanaman Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Pekanbaru. Buah jabon dicuci dengan air bersih, kemudian dipotong dan dicuci dengan akuades. Buah jabon dikeringkan dengan cara dijemur dibawah sinar matahari hingga buah jabon kering. Buah jabon yang telah kering digerus menggunakan lumpang dan alu, kemudian diayak menggunakan ayakan ukuran lolos 100 mesh dan tertahan di 200 mesh.

Biosorpsi biosorben buah jabon putih terhadap ion merkuri (II)

Penentuan pH optimum biosorben buah jabon putih. Sebanyak 1 g biosorben buah jabon putih dicampurkan dengan 50 mL larutan simulasi merkuri (II) 100 mgL^{-1} dengan variasi pH (2, 4, 6, 8, 10 dan 12) Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 40 menit. Filtrat hasil biosorpsi dianalisis menggunakan ICP-MS. Waktu optimum ditentukan dengan menghitung kapasitas adsorpsi maksimum.

Penentuan waktu kontak optimum. Sampel serbuk biosorben sebanyak 1 g dicampurkan dengan 50 mL larutan simulasi merkuri (II) 100 mgL^{-1} dengan pH optimum yang diperoleh. Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan 80 rpm dan dengan memvariasikan waktu kontak (20, 30, 40, 50, 60 dan 70 menit), lalu didiamkan selama 24 jam. Filtrat hasil biosorpsi dianalisis menggunakan ICP-MS. Melalui nilai kapasitas biosorpsi yang diperoleh maka dapat ditentukan kinetika biosorpsi. Persamaan kinetika adsorpsi yang umumnya digunakan yaitu pseudo orde 1 dan pseudo orde 2.

Penentuan konsentrasi adsorbat optimum. Sampel biosorben sebanyak 1 g kemudian dicampurkan dengan 50 mL larutan simulasi merkuri (II) dengan variasi konsentrasi (30, 60, 90, 120, 150 dan 180 mgL^{-1}) pada pH optimum. Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama waktu optimum dengan kecepatan pengadukan 80 rpm. didiamkan selama 24 jam. Kemudian disaring menggunakan Whatman No. 42. Filtrat hasil biosorpsi dianalisis menggunakan ICP-MS untuk mengetahui adsorpsi maksimum. Melalui nilai kapasitas biosorpsi yang diperoleh, maka dapat ditentukan isotherm adsorpsi yang pada proses

penjerapan serbuk biosorben buah jabon terhadap ion logam Hg^{2+} . Menggunakan Persamaan isoterm adsorpsi *Langmuir* dan isoterm *Freundlich*.

Efisiensi adsorpsi dan kapasitas adsorpsi dihitung dengan persamaan :

$$E = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100\%$$

dan

$$Q = \frac{(C_0 - C_e)}{W_a} \times V$$

Keterangan :

E : Efisiensi adsorpsi (%)

Q : Kapasitas adsorpsi (mg/g)

C_0 : Konsentrasi sebelum adsorpsi (mg L⁻¹)

C_e : Konsentrasi setelah adsorpsi (mg L⁻¹)

V : Volume larutan simulasi (L)

W_a : Berat sampel (g)

Regenerasi Biosorben

Sampel Serbuk biosorben yang telah digunakan pada proses biosorpsi optimum direndam dengan larutan HCl 1 M sebanyak 50 mL diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan waktu kontak dan kecepatan pengadukan dalam kondisi optimum. Filtrat diukur konsentrasi logamnya. Endapan dikertas saring dicuci dengan air suling >90°C sebanyak 300 mL. Kemudian adsorben dipanaskan dalam oven dengan suhu $100 \pm 5^\circ\text{C}$ selama 1 jam. Setelah keluar dari oven, cawan yang berisi adsorben dimasukkan kedalam desikator selama 20 menit sebelum kemudian ditimbang beratnya. Setelah itu serbuk biosorben digunakan kembali untuk biosorpsi pada pH, waktu kontak dan konsentrasi adsorbat optimum. Proses yang sama terus dilakukan hingga regenerasi dilakukan sebanyak 2 kali.

$$\text{Regenerasi (\%)} = \frac{q_{er}}{q_{eo}} \times 100\%$$

q_{eo}

Keterangan :

q_{er} : Kapasitas biosorpsi biosorben teregenerasi (mg/g)

q_{eo} : Kapasitas biosorpsi biosorben awal (mg/g)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi arang buah jabon putih

Serbuk biosorben buah jabon putih dikarakterisasi secara fisik dan kimia yang meliputi kadar air, kadar abu, daya jerap iodium, daya jerap metilen biru dan luas permukaan serbuk biosorben dengan hasil karakterisasi dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Karakterisasi biosorben buah jabon putih

Karakterisasi				
Kadar air (%)	Kadar abu (%)	Daya jerap iodium (mg/g)	Daya jerap metilen biru (mg/g)	Luas permukaan (m ² /g)
8,09	1,32	758,5812	24.8632	92.1764

Penetapan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis biosorben artinya mampu menyerap air dan udara sekelilingnya pada pori-pori di permukaan adsorben. Rata-rata kadar air yang diperoleh ialah 8,09%. Menurut Baryatik (2019), semakin kecil kadar air yang dihasilkan maka semakin banyak pori yang dapat diserap oleh adsorbat sehingga proses adsorpsi dapat dilakukan secara optimal.

Penentuan kadar abu berhubungan erat dengan kandungan mineral yang terdapat dalam suatu bahan, kemurnian serta kebersihan suatu bahan yang dihasilkan. Analisis kadar abu biosorben menunjukkan perolehan kadar abu sebesar 1,32%. Menurut Mudaim *et al* (2021) adanya kandungan abu yang berlebihan dapat menyebabkan tersumbatnya pori-pori pada adsorben, sehingga menyebabkan luas permukaan biosorben berkurang.

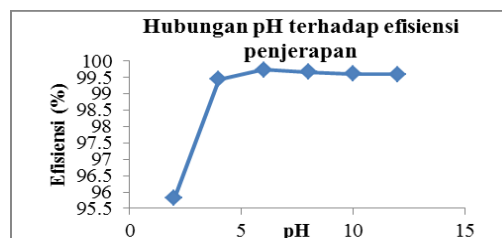
Metilen biru memiliki ukuran partikel yang cukup besar, sehingga pada saat berlangsungnya peristiwa adsorpsi, terjadi penyumbatan pori-pori, sehingga partikel metilen biru tidak mampu masuk pada bagian pori yang ukurannya lebih kecil. Jadi secara tidak langsung kemampuan adsorpsi biosorben terhadap metilen biru dapat mengindikasikan distribusi pori yang berukuran besar yakni makropori. Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai jerap terhadap metilen biru pada serbuk biosorben adalah 24,8632 mg/g dengan luas permukaan yaitu 92,1764 m²/g. Hal ini diperkirakan pada serbuk biosorben buah jabon tidak banyak terdapat pori yang berukuran makropori, sehingga tidak terjadi kesesuaian ukuran pori adsorben dengan ukuran molekul metilen biru yang berukuran besar.

Daya jerap biosorben terhadap iodine mengindikasikan kemampuan biosorben untuk mengadsorpsi komponen dengan berat molekul rendah. Hasil daya jerap biosorben terhadap iodine yang diperoleh pada percobaan ini ialah 753,5812 mg/g. Daya serap biosorben terhadap Iodine dipengaruhi oleh luas permukaan. Biosorben dengan kemampuan menyerap iodine-nya tinggi berarti memiliki luas permukaan yang lebih besar dan juga memiliki struktur mikro yang lebih besar. Dengan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa biosorben hasil penelitian diduga mempunyai pori-pori yang kecil hal ini terlihat dari analisa daya serap biosorben terhadap iodine yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan biosorben dalam menyerap adsorbat yang memiliki pori-pori mikro seperti logam berat

Kondisi Optimum Biosorpsi Biosorben buah jabon putih dalam penjerapan ion merkuri (II)

pH optimum

Pengujian biosorpsi terhadap variasi pH bertujuan untuk mengetahui pH yang dibutuhkan dalam menyerap ion logam secara optimal. Hasil penentuan pH optimum dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Hubungan pH terhadap efisiensi penjerapan ion merkuri (II)

Hasil uji biosorpsi pada variasi pH menunjukkan bahwa serbuk biosorben buah jabon putih memiliki kemampuan yang baik pada pH 6 dengan efisiensi sebesar 99,73% dan kapasitas biosorpsinya sebesar 4,7855 mg/g. Efisiensi biosorpsi biosorben cenderung meningkat dengan meningkatnya pH dan setelah mencapai optimum efisiensi dan kapasitas biosorpsinya akan berkurang. Pada pH rendah, konsentrasi ion H⁺ dalam larutan tinggi, mengakibatkan gugus aktif pada permukaan biosorben terprotonasi dan menghasilkan sebagian muatan positif pada

situs aktif biosorben. Kondisi ini tidak menguntungkan terjadinya interaksi antara Hg (II) yang bermuatan positif. Pada pH yang lebih tinggi logam merkuri (II) mengendap menjadi $\text{Hg}(\text{OH})_2$. Sehingga didapatkan bahwa pH optimum yang diperoleh pada penelitian ini ialah 6.

Waktu Kontak

waktu kontak juga merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi proses biosorpsi. Semakin lama waktu kontak adsorben dengan adsorbat, maka penyerapan adsorbat dan proses difusi berlangsung dengan baik hingga mencapai kesetimbangan (keadaan jenuh). Ketika telah mencapai keadaan jenuh maka akan terjadi penurunan efisiensi (Cahyani, 2020). Pada penelitian ini dilakukan variasi waktu kontak dari 20, 30, 40, 50, 60 dan 70 menit. Hubungan antara efisiensi penjerapan terhadap Ph dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Hubungan waktu kontak terhadap efisiensi penjerapan ion merkuri (II)

waktu kontak yang diperlukan untuk serbuk biosorben menyerap ion merkuri (II) secara optimal pada waktu kontak 40 menit dengan efisiensi sebesar 99,49% dan kapasitas sebesar 4,7747 mg/g. Menurut Yulis dan Sari (2022), Pada awal waktu kontak, proses penjerapan masih rendah dikarenakan gugus fungsi pada biosorben belum sepenuhnya berinteraksi secara maksimal dengan logam kemudian akan meningkat hingga mencapai kondisi optimum setelah mencapai kondisi optimum efisiensi akan menurun. Ketika telah mencapai kondisi optimum efisiensi akan semakin menurun, hal ini dikarenakan terjadi kejenuhan pada sisi aktif biosorben sehingga tidak mampu lagi menyerap adsorbat .

Konsentrasi Adsorbat

Proses biosorpsi juga dipengaruhi oleh konsentrasi awal logam. Biosorpsi akan meningkat sejalan dengan kenaikan konsentrasi logam berat sampai mengalami kejenuhan. Hubungan antara efisiensi penjerapan terhadap konsentrasi adsorbat dapat dilihat pada **Gambar 3**. Hasil penjerapan terbesar pada konsentrasi awal 80 mgL^{-1} dengan efisiensi sebesar 99,91 % dan kapasitas sebesar 3,5761 mg/g. Pada konsentrasi awal 40-80 mgL^{-1} efisiensi biosorpsi meningkat, setelah mencapai kondisi optimum pada konsentrasi 80 mgL^{-1} efisiensi menurun dengan meningkatnya konsentrasi awal hal ini dikarenakan terjadi kompetisi ion logam dalam berinteraksi dengan pusat aktif biosorben sehingga pusat aktif mengalami kejenuhan.



Gambar 3. Hubungan konsentrasi adsorbat terhadap efisiensi penjerapan ion merkuri (II)

Pada variasi konsentrasi awal logam efisiensi berbanding terbalik dengan kapasitas dimana dengan meningkatnya konsentrasi, kapasitas adsorpsinya meningkat. Kapasitas terbesar penelitian ini ialah pada konsentrasi awal 140 mgL^{-1} yaitu 6.8833 mg/g . Penjerapan kapaistas rendah pada konsentrasi ion logam rendah dan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi ion logam dikarenakan semakin tinggi konsentrasi ion logam, semakin rata proses pengikatan pada seluruh permukaan biosorben. Peningkatan hingga rentang konsentrasi tertinggi yang berarti bahwa biosorben dapat menyerap konsentrasi diatas itu.

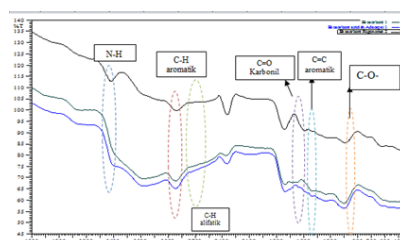
Regenerasi Biosorben

Ketika kesetimbangan biosorpsi telah tercapai, proses biosorpsi pada serbuk biosorben akan terhenti. Untuk mengembalikan kapasitas biosorpsi dari serbuk biosorben dilakukan proses regenerasi. Regenerasi adsorben merupakan proses desorpsi atau pelepasan kembali adsorbat yang sudah diserap dan terperangkap didalam adsorben.agen pendesorpsi yang digunakan ialah HCl 1M. Pada medium asam, gugus karboksil, karbonil, atau hidroksil pada adsorben menjadi terprotonasi dan tidak menarik ion logam yang bermuatan positif, sehingga terjadi pelepasan ion-ion logam ke dalam larutan atau agen desorpsi. Pada agen penukar proton seperti HCl, ion-ion H^+ yang dilepaskan oleh HCl memiliki ikatan yang sangat kuat terhadap permukaan adsorben (Adebayo, 2020).. Pada biosorpsi sebelum regenerasi diperoleh efisiensi biosorpsinya sebesar 99,60% dengan kapasitas biosorpsi sebesar $3,5656 \text{ mg/g}$.

Pada biosorpsi setelah regenerasi diperoleh efisiensi biosorpsi menurun menjadi 89,85% dengan kapasitas biosorpsinya menjadi $3,5071 \text{ mg/g}$. Sehingga diperoleh persen regenerasinya yaitu 98,36%

Analisis gugus fungsi biosorben buah jabon putih

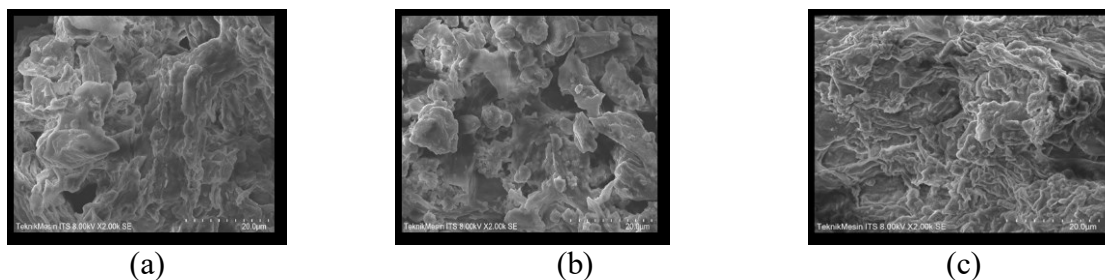
Serbuk biosorben sebelum adsorpsi, setelah adsorpsi I dan setelah regnerasi II sama sama memiliki gugu fungsi yang sama yaitu dapat dilihat bahwa arang buah jabon mempunyai gugus fungsi C-H alifatik, C-H aromatik, C=O, C-O dan N-H. Adanya gugus C=O (karbonil) yang menunjukkan situs aktif bermuatan negatif. Gugus OH pada biosorben mengindikasikan adanya senyawa fenol, alkohol dan asam karboksilat (Hasfita, 2012). Situs aktif ini akan berkontribusi menentukan kemampuan daya jerap serta luas permukaan adsorben, terutama pada adsorbat yang bermuatan positif (Oktasari, 2018). Kemunculan gugus N-H menandakan adanya penyusun struktur lignin. Selulosa yang terdapat pada serbuk biosorben mempunyai situs aktif dengan muatan negatif seperti hidroksil (Wirhamna, 2019) dan unsur dengan potensial negatif seperti N akan menarik ion yang bermuatan positif (Herlin, 2019). Hasil FTIR dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Spektrum FTIR biosorben buah jabon putih sebelum adsorpsi, setelah adsorpsi I dan setelah regenerasi II

Analisis morfologi dan kandungan unsur biosorben buah jabon putih

Hasil analisis morfologi arang buah jabon putih menggunakan instrumen *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dengan pembesaran 2000x dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Morfologi biosorben buah jabon putih menggunakan SEM dengan pembesaran 2000x. (a) sebelum biosorpsi (b) setelah biosorpsi (c) setelah regenerasi II.

Pada **Gambar (a)** menunjukkan gambar biosorben sebelum adsorpsi, terlihat bentuk morfologis biosorben buah jabon putih mempunyai tekstur yang tidak merata. hampir seluruh permukaannya terdapat rongga. Namun karena berbentuk powder jarak antar partikel terlihat sangat rapat dan memiliki ukuran butir yang kecil. Sehingga tekstur permukaannya terlihat sangat halus. Meskipun demikian rongga yang dimiliki pada permukaan adsorben memungkinkan untuk terjadinya proses penyerapan, dimana larutan akan memenuhi permukaan adsorben dan mengisi rongga yang kosong sehingga terjadi interaksi antara biosorben dengan larutan. Pada **Gambar (b)** menunjukkan gambar serbuk biosorben setelah adsorpsi, terlihat pori-pori pada permukaan biosorben tertutupi oleh ion Hg^{2+} . pada **Gambar (c)** menunjukkan

gambar serbuk biosorben setelah regenerasi II, dimana terlihat pori-pori pada biosorben lebih sedikit daripada biosorben sebelum biosorpsi dikarenakan biosorben telah mengalami satu kali proses biosorpsi dan proses desorpsi yang memungkinkan masih tertinggalnya logam merkuri (II) dan larutan pendesorpsi HCl pada permukaan biosorben.

Analisis komposisi kimia dari permukaan biosorben secara kuantitatif dan kualitatif dilakukan menggunakan EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) yang ada pada alat SEM. Persentase massa dari elemen-elemen kimia yang terkandung dalam biosorben dan arang aktif dapat dilihat pada **Tabel 1**. komposisi unsur terbanyak pada serbuk biosorben buah jabon putih adalah unsur O dan C, dimana hal ini mengindikasikan bahwa serbuk biosorben mengandung selulosa. Elemen lain yang timbul pada serbuk biosorben ialah natrium (Na). Adanya elemen natrium dan kalium mengindikasikan terdapat kadar abu (Haura *et al.*, 2017). Unsur Cl muncul setelah regenerasi II yang menandakan bahwa masih terdapat larutan pendesorpsi yang tertinggal pada permukaan biosorben.

Tabel 2. Kandungan unsur biosorben buah jabon putih

Sampel	Analisis unsur (wt%)						
	O	C	Na	N	Cl	K	Hg
Sebelum adsorpsi	50,43	27,46	0,54	8,44	0,05	1,23	-
Setelah adsorpsi	49,68	24,21	0,60	8,97	0,06	3,84	5,65
Setelah regenerasi	58,2	28,57	0,54	7,15	0,08	0,11	4,12

Analisi luas permukaan biosorben buah jabon putih

Penentuan luas permukaan serbuk biosorben sebelum adsorpsi, setelah adsorpsi dan setelah regenerasi dianalisis menggunakan alat BET. Hasil analisis dapat dilihat pada **Tabel 3**.

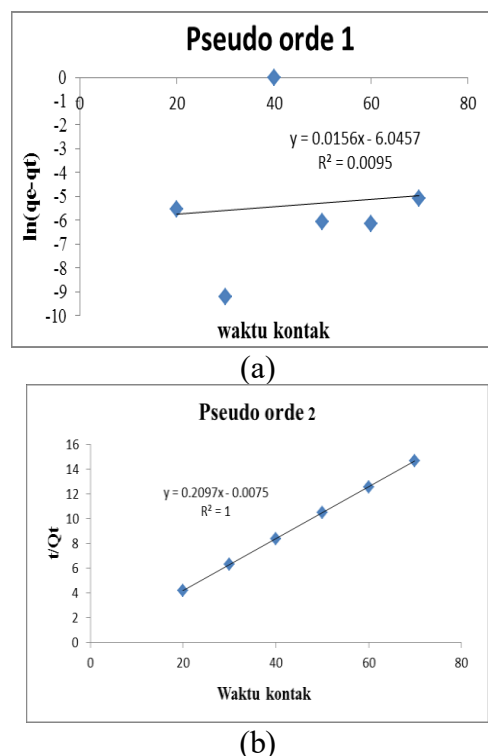
Tabel 3. Hasil analisis BET biosorben buah jabon putih sebelum adsorpsi, setelah adsorpsi dan setelah regenerasi

Biosorben	Luas Permukaan (m ² /g)	Volume Pori (cc/g)	Jari-jari pori (nm)
Sebelum adsorpsi	3,53039	0,0102313	1,61423
Setelah adsorpsi	0	0,000316808	1,6166
Setelah regenerasi	0,17056	0,000388398	9,30883

Hasil yang diperoleh didapatkan luas permukaannya semakin kecil disebabkan pada permukaan biosorben tertutupi oleh logam berat merkuri. Pada hasil BET setelah adsorpsi diperoleh luas permukaannya yaitu 0 m²/g hal ini disebabkan karena pada permukaan serbuk biosorben telah dipenuhi oleh ion merkuri (II) sehingga luas permukaannya menjadi 0. Kemudian pada hasil luas permukaan setelah regenerasi terjadi penurunan dari luas permukaan sebelum adsorpsi dikarenakan serbuk biosorben masih adanya HCl yang tertinggal pada permukaan biosorben dari tahap desorpsi. Hal ini berbanding terbalik dengan jari-jari serbuk biosorben yang diperoleh dimana terjadi peningkatan jari-jari pori sebelum adsorpsi dan setelah regenerasi. Hal ini disebabkan karena pori-pori dari serbuk biosorben telah menyerap ion merkuri (II).

Penentuan Kinetika dan Isoterm adsorpsi

Studi kinetika adsorpsi menggambarkan tingkat penyerapan zat terlarut yang menentukan waktu tinggal dari serapan adsorbat pada antarmuka padatan-larutan termasuk proses difusi. Kinetika adsorpsi yang dipilih pada penelitian ini adalah model pseudo orde satu dan pseudo orde dua. Pada **Gambar 6.** disajikan gambar berupa grafik kinetika adsorpsi pseudo orde 1 dan pseudo orde 2.



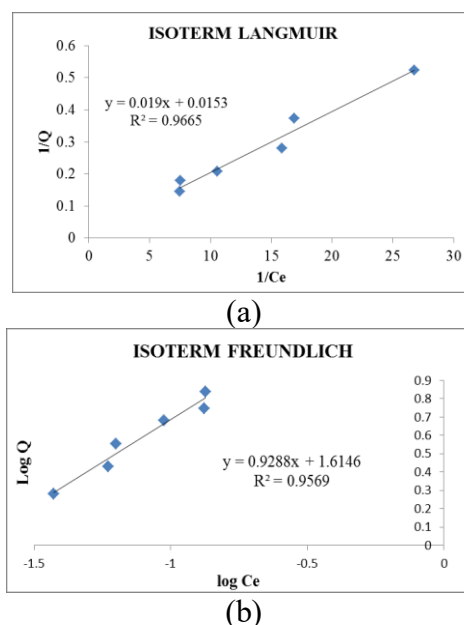
Gambar 6. Grafik Kinetika adsorpsi (a) pseudo-orde satu (b)pseudo-orde dua

Berdasarkan grafik yang terdapat **Gambar 6** diperoleh persamaan kinetika adsorpsi pseudo orde 1 ialah $y = 0,0156x - 6,0457$ dengan yaitu $R^2 = 0,0095$ dan $K = -0,0156 \text{ gmg}^{-1}\text{min}^{-1}$. Persamaan untuk kinetika pseudo orde 2 ialah $y = 0,2097x - 0,0075$ dengan $R^2 = 1$ dan $K = 5,86339 \text{ gmg}^{-1}\text{min}^{-1}$. Hasil perbandingan nilai R^2 , menunjukkan bahwa persamaan kinetika pseudo orde 2 memiliki nilai R^2 1. Adsorpsi Hg^{2+} pada serbuk biosorben buah jabon mengikuti persamaan kinetika pseudo orde 2.

Fransina dan Tanasale (2007) menyatakan bahwa mekanisme proses adsorpsi pseudo orde dua dijelaskan dengan mengasumsikan bahwa sebagai penentu laju reaksi adalah proses penjerapan kimia yang meliputi gaya antar valensi atau pertukaran elektron antara adsorben dan adsorbat, proses pengambilannya yang terdiri dari penjerapan kimia-fisik, pertukaran ion, pengendapan atau pembentukan kompleks.

Isoterm adsorpsi dilakukan untuk mendeskripsikan proses dan mekanisme adsorpsi yang terbentuk. Pada **Gambar 7** grafik isoterm *Langmuir* dan grafik isoterm *Freundlich* yang diperoleh berdasarkan penentuan kapasitas adsorpsi serbuk biosorben buah jabon dengan variasi konsentrasi adsorbat.

Berdasarkan grafik yang terdapat pada **Gambar 7 (a)** diperoleh persamaan untuk isoterm *Langmuir* ialah $y = 0,019x + 0,0153$ dengan nilai koefisien determinasi yaitu $R^2 = 0,9665$. Pada **Gambar 4 (b)** Persamaan untuk isotherm *Freundlich*nya $y = 0,9288x + 1,6146$ dengan $R^2 = 0,9569$. Hasil perbandingan nilai R^2 , menunjukkan bahwa persamaan isoterm *Langmuir* memiliki nilai R^2 lebih mendekati 1 yaitu 0,9665 dapat disimpulkan bahwa biosorpsi Hg^{2+} pada serbuk biosorben buah jabon mengikuti persamaan adsorpsi *Langmuir* diasumsikan bahwa situs aktif (*active site*) pada permukaan adsorben bersifat homogen dimana satu ion Hg^{2+} menempati satu situs aktif dan tidak ada adsorpsi lebih lanjut yang dapat dilakukan pada situs tersebut. Saat keadaan di mana tempat adsorpsi belum mengalami kejenuhan dengan adsorbat maka kenaikan konsentrasi adsorbat akan dapat menaikkan jumlah zat yang teradsorpsi. Semakin tinggi nilai koefisien relasi untuk model *Langmuir*, maka adsorbat yang teradsorpsi adalah dalam bentuk tunggal (monolayer) dan bersifat homogen (Murtihapsari *et al.*, 2012).



Gambar 7. Grafik isoterm (a) Langmuir (b)Freundlich

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini ialah:

1. Hasil penentuan kadar air, kadar abu, daya jerap iodium dan daya jerap metilen biru berurut yaitu: 8,09%; 1,32%; 753,5812 mg/g dan 24,8632 mg/g dengan luas permukaan 92,1764 m²/g
2. Hasil uji biosorpsi diperoleh kondisi optimum pada pH 6 waktu kontak 40 menit dan konsentrasi awal 80 mg L⁻¹.
3. Persen regenerasi yang diperoleh mencapai 98,36%.
4. Kinetika adsorpsi mengikuti persamaan Pseudo orde dua, dengan persamaanya $y=0,2097x - 0.0075$ dengan $R^2 = 1$ dan $K= 5,86339 \text{ gmg}^{-1}\text{min}^{-1}$. Proses penjerapan secara kimia yang meliputi gaya antar valensi atau pertukaran elektron antara adsorben dan adsorbat. Model isoterm adsorpsi mengikuti persamaan *Langmuir* $y= 0,019x + 0,0153$ dengan $R^2 = 0,9665$ dan diasumsikan bahwa situs-situs aktif yang terdapat pada permukaan adsorben adalah homogen.

DAFTAR PUSTAKA

- Adebayo, G.B. 2020. Adsorption of Cr(VI) ions onto goethite, activated carbon and their composite: kinetic and thermodynamic studies. Switzerland: Springer.
- Emil, Nadhrah. 2014. Analisis Komponen Kimia Dan Dimensi Serat Kayu Jabon. *Skripsi*. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Fransina E.G Dan Tanasale Matheis F.J.D.P, 2007. Studi Kinetika Adsorpsi Biru Metilen Pada Kitin Dan Kitosan. *J. Sains MIPA*. 13 (3): 171-176.
- Haura.U., Razi.F dan Meilina.H. 2017. Karakterisasi adsorben dari kulit manggis dan kinerjanya pada adsorpsi logam Pb(II) Dan Cr(Vi). *Biopropal Industri* 8(1): 47-54.
- Hasfita.F. 2012. Studi pembuatan biosorben dari limbah daun akasia mangium (*Acacia Mangium Wild*) untuk aplikasi penyisihan logam. *Jurnal Teknologi Kimia*. UNIMAL. 1(1) : 36-48.
- Herlin, J.M. 2019. Karakterisasi suhu optimum karbonisasi buah jabon putih (*Anthocephalus cadamba*) dan daya jerap arang teraktivasi NaOH terhadap Cd²⁺. *Skripsi*. FMIPA Universitas Riau, Pekanbaru.
- Martins, B.L., Cruz C.V., Luna, A.S., And Henriques, C.A. 2006. A Sorption And Desorption Of Pb²⁺ Ions By Dead Sargassum Sp. Biomass. *Biochemical Engineering Journal*. 27(3): 310-314.
- Mulyana, D., Asmarahman, C., Dan Fahmi, I. 2011. Panduan Lengkap Bisnis Bertanam Kayu Jabon. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Murtihapsari, Mangallo, B., and Handyani, D. D. (2012). Model Isoterm Freundlich dan Langmuir oleh Adsorben Arang Aktif Bambu Andong (*G . verticillata*). *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*, 2(1), 17–23.
- Oktasari, A. 2018. Kulit Kacang Tanah (*Archis hypogaea L.*) sebagai Adsorben Ion Pb (II). *Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*. 2(1) : 17-27.

Purnawan S, Sikanna R, Prismawiryanti. (2013). Distribusi Logam Merkuri Pada Sedimen Laut Di Sekitar Muara Sungai Poboya. *Jurnal Of Natural Science*, 2 (1): 18-24.

Yulis,P.A dan Sari.Y. 2022. Kepok Banana Peels as Biosorbent for Mercury Sorption from Artificial Wastewater. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*. 7(1): 64-75.