



**EFEKTIVITAS PENYERAPAN LOGAM Cu (II)
MENGUNAKAN BIOSORBEN DAUN AKASIA MANGIUM
(ACACIA MANGIUM WILD) TERIMMOBILISASI POLIMER
DAN SILIKA GEL**

**Fikri Hasfita¹, Wusnah¹, Leni Maulida¹, Putri Hairani Ritonga¹, Wiza Ulfa Fibarzi¹,
Heri Haryanto²**

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh Kampus Utama
Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

²Teknik elektro, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Indonesia.
Korespondensi: e-mail: fikri.hasfita@unimal.ac.id,

Abstrak

Limbah daun Akasia Mangium (Acacia Mangium Wild) telah digunakan untuk menghasilkan biosorben melalui proses yang ramah lingkungan. Untuk menjaga ketahanan biosorben terhadap degradasi lingkungan dan mikroorganisme maka biosorben diberi perlakuan dengan cara diimmobilisasi dengan polimer terkondensasi dan silika gel. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis efektifitas limbah daun akasia (Acacia Mangium Wild) terimmobilisasi polimer dan silika gel. Percobaan dilakukan dua tahap yaitu persiapan dan perlakuan terhadap biosorben dan uji aktifitas biosorben terhadap logam berat Cu (II). Proses biosorpsi dianalisis berdasarkan tiga jenis biosorben yang terdiri dari biosorben tanpa perlakuan (BTP), Biosorben terpolimerisasi kondensasi (BTPK) dan biosorben terimmobilisasi silika gel (BTSG). Kajian hasil penelitian terdiri dari analisis karakteristik fisik dan kimia biosorben serta uji aktifitas biosorben terhadap logam berat Cu (II) dengan menganalisis pengaruh jumlah biosorben dan konsentrasi limbah terhadap konsentrasi akhir setelah penyerapan, efisiensi penyerapan dan kapasitas penyerapan. Penentuan konsentrasi logam terhadap proses adsorpsi digunakan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). dengan kapasitas penyerapan sebesar 2,165 mg/g pada biosorben terimmobilisasi silika gel. Dengan konsentrasi limbah 200 mg/gr. berat biosorben 4 gram ukuran 100 mesh, Efisiensi penyerapan 64%. Hasil karakteristik diperoleh karakteristik fisik kimia biosorben limbah daun akasia memenuhi standar SNI dan Standar SII.

Kata Kunci: Adsorben, Biosorpsi, Daun Akasia Mangium, Limbah dan Logam berat Cu (II)

DOI : <https://doi.org/10.29103/cejs.v3i5.19900>

1. Pendahuluan

Kehidupan makhluk hidup sangat terganggu oleh keberadaan logam berat di lingkungan, yang semakin meningkat seiring dengan aktivitas industri. Pencemaran ini meracuni perairan, membahayakan kesehatan makhluk hidup, dan menurunkan kualitas lingkungan. Berbagai metode pengolahan limbah, seperti pengendapan dan penggunaan

karbon aktif, seringkali tidak ekonomis dan menyisakan polutan berbahaya. Salah satu alternatif yang dilakukan sebagai upaya untuk mengurangi kandungan logam berat hingga mencapai batas aman adalah dengan metode biosorpsi. Biosorpsi adalah metode yang digunakan secara luas dan telah berkembang pesat dikarenakan efektif, murah, sesuai untuk logam berat dengan konsentrasi kecil. Logam tembaga (Cu) adalah salah satu logam berat yang umum ditemukan di limbah industri, seperti industri kerajinan tembaga dan electroplating, dengan konsentrasi berkisar antara 8,01 ppm hingga 158,94 ppm (Bello dkk., 2022). Paparan Cu yang terus menerus dapat merugikan lingkungan biotik dan abiotik, menyebabkan akumulasi di tanah dan efek negatif bagi hewan dan manusia, termasuk potensi kanker. Proses produksi yang menggunakan Cu, seperti pewarnaan dan pembilasan, menghasilkan limbah tinggi Cu, yang dapat mengakibatkan keracunan dan bioakumulasi di dalam tubuh makhluk hidup (Nwankwo dkk., 2023).

Keberadaan logam berat dalam air akan mempengaruhi kualitas air, dan jika konsentrasi melebihi standar, akan menyebabkan penyerapan logam berat ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup, yang berpotensi membahayakan kesehatan mereka (Hussain dkk., 2023). Berbagai metode telah dikembangkan untuk menangani pencemaran akibat logam berat, diantaranya adalah presipitasi, elektrolisis, filtrasi membran, pertukaran ion, reaksi fotokatalitik dan adsorpsi. Akan tetapi sebagian besar dari metode metode tersebut memiliki keterbatasan seperti biaya tinggi, perawatan yang rumit, proses dan kebutuhan energi yang tinggi, atau berisiko menghasilkan polusi sekunder. Biosorpsi menawarkan alternatif pengolahan dengan lebih ekonomis dan aman terhadap lingkungan. Akan tetapi penggunaan biosorben dari biomassa tumbuhan memiliki kekurangan pada faktor ketahanan fisik, kondisi ini dapat diatasi dengan metoda modifikasi biomassa menggunakan teknik immobilisasi dan polimerisasi sehingga melindungi biomaterial tumbuhan terhadap pengaruh suhu dan degradasi bahan kimia. Immobilisasi adsorben adalah proses untuk meningkatkan daya adsorpsi, kekuatan mekanik, dan daya tahan terhadap serangan bakteri dari adsorben. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa sintesis silika gel dan immobilisasi ditizon pada permukaan silika gel telah berhasil dilakukan ditandai dengan adanya situs aktif berupa gugus siloksan, silanol, -SH, -NH, serta adanya mineral kuarsa dan ditizon (Purwiandono and Ibrahim, 2022)

Penelitian ini berfokus pada pemanfaatan limbah daun Akasia Mangium

(*Acacia Mangium Wild*), sebagai biosorben logam berat Cu(II). Akasia merupakan tumbuhan umum di Indonesia dan sering digunakan sebagai bahan baku industri pulp berkat kadar selulosa tinggi dan pertumbuhannya yang cepat. Meskipun bagian-bagian tertentu dari pohon akasia, seperti daun, seringkali dianggap sebagai limbah, daun akasia menyimpan potensi besar sebagai biosorben karena kandungan polifenol alami, termasuk tannin dan saponin. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tannin dan saponin dapat mengurangi emisi gas metana serta menurunkan populasi protozoa (Wibowo dkk., 2021). Selain itu, tannin memiliki gugus -OH yang dapat mengikat logam berat melalui mekanisme pertukaran ion (Mustafa dkk., 2022). Oleh karena itu, penelitian ini meyakini bahwa limbah daun akasia dapat memiliki aktivitas yang signifikan sebagai biosorben, terutama dalam pengujian terhadap logam tembaga (Cu). Pemilihan logam berat sebagai uji kinerja dilakukan mengingat hampir semua limbah mengandung logam berat yang bersifat toksik yang beresiko sangat besar dalam konsentrasi tertentu, selain itu biosorben dari biomassa tumbuhan mengandung gugus fungsi yang memiliki afinitas yang tinggi terhadap logam berat karena itu uji kinerja pada penelitian awal ini difokuskan pada logam berat. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi untuk mengatasi kelemahan dalam penggunaan biomassa sebelumnya dalam proses penyisihan logam berat.

2. Bahan dan Metode

Bahan terdiri dari larutan limbah artifisial yang mengandung logam Cu (II), silika gel dan peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain oven, shaker gelas piala, labu ukur, timbangan, spatula, kertas saring, ayakan ukuran 100 mesh cawan krus porselin, cawan petri, penyaring buchner dan blender yang digunakan untuk menghancurkan daun sedangkan bahan yang digunakan adalah limbah daun akasia, larutan limbah artifisial yang mengandung logam Cu. Pada tahap pembuatan, limbah daun akasia dipersiapkan dalam 3 proses perlakuan yaitu biosorben tanpa perlakuan (BTP), biosorben terpolimerisasi kondensasi (BTPK) dan biosorben terimobilisasi silika gel (BTSG). Hasil penelitian selanjutnya

dikarakterisasi dengan menganalisa sifat fisik dan kimia adsorben, kinerja terhadap logam berat yang dilakukan secara batch dengan variasi percobaan yang terdiri dari: ukuran biosorbent, dan konsentrasi limbah yang mengandung Cu. Ion Cu yang tersisa ditentukan menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Analisis Karakteristik Biosorben

Karakterisasi dalam pembuatan biosorben sangat diperlukan untuk mengontrol kualitas sesuai yang diinginkan. Beberapa adsorben komersial seperti karbon aktif, zeolit dan bentonit sudah memiliki standar kualitas nasional, sedangkan untuk jenis adsorben lainnya seperti kitosan, selulosa, tanin dan adsorben organik lainnya belum memiliki standar kualitas karena penggunaannya masih dalam lingkup terbatas dan dalam tahap pengembangan. Oleh karena itu analisa hasil penelitian dilakukan berdasarkan adsorben komersial (karbon aktif) dan adsorben organik lainnya yang mempunyai sifat yang sama.

3.1.1 Karakteristik fisik dan kimia

Beberapa uji biosorben terdiri dari kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon, bilangan iodine, bilangan methylene blue, luas permukaan dan kapasitas tukar kation. Karakteristik adsorben hasil penelitian dan perbandingannya dengan standar adsorben komersial berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Standar Industri Indonesi (SII) diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik Fisik dan Kimia Biosorben Hasil Penelitian

Komponen	Nilai				
	BTP	BTPK	BTSG	SNI	SII
Kadar air	7%	8%	10%	4,5%	Mak 10%
Kadar abu	4%	0,63%	65,06%	2,5%	2,5%
Kadar zat terbang	3,4%	8,94%	30,54%	Min15 %	Min 15%

Kadar karbon	85,6%	82,42%	14,34%	Min 65%	-
Bilangan iodine	202 mg/g	172 mg/g	15 mg/g	750 mg/g	Min 200 mg/g
Bilangan methylene blue	520,48 mg/g	250,80 mg/g	636,54 mg/g	60 mg/g	-
Luas permukaan	1554,03 m ² /g	750,31 m ² /g	1902,6 m ² /g	-	-
Kapasitas tukar kation	87,70 mg/g	8,62 mg/g	3,16 mg/g	-	-

Penetapan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis biosorben artinya mampu menyerap air dan udara sekelilingnya pada pori-pori di permukaan adsorben. Dari Tabel 1 terlihat bahwa kadar air terendah diperoleh pada biosorben tanpa perlakuan (BTP) sedangkan biosorben dengan perlakuan memiliki kadar air yang lebih tinggi. Berdasarkan standar terlihat biosorben tanpa perlakuan memenuhi standar baik SNI (Standar Nasional Indonesia) maupun SSI (Standar Industri Indonesia). Perlakuan biosorben dimaksudkan untuk menjaga ketahanan biosorben dari kerusakan terhadap lingkungan dan mikroorganisme. Sehingga biosorben diberi perlakuan dengan cara diimmobilisasi dengan polimer terkondensasi dan dan dilapisi silika gel. Berdasarkan uji karakteristik terlihat bahwa biosorben tanpa perlakuan memenuhi standar baik SNI maupun SII, meskipun kadar Abu terlihat tidak memenuhi kedua standar.

Proses pengeringan pada penelitian dilakukan berbeda untuk ketiga jenis biosorben . Biosorben tanpa perlakuan (BTP) proses pengeringan menggunakan sinar matahari, sedangkan untuk biosorben terpolimerisasi kondensasi (BTPK) dan termodifikasi dengan silika (ATSG) dikeringkan dengan bantuan oven pada suhu 105°C selama 2 jam, ketiga jenis biosorben mempunyai tekstur yang berbeda sehingga kadar air yang diperoleh bervariasi. Hasil perhitungan diperoleh kadar air sebesar 7%-10%. (Tabel.1). Kadar air terendah diperoleh pada biosorben BTP yaitu sebesar 7%, untuk BTPK diperoleh kadar air sebesar 8%, dan BTSG diperoleh 10%. Secara keseluruhan kadar air yang diperoleh telah sesuai dengan Standar Industri Indonesia (SII No. 0258-79) yaitu maksimal 10%. Namun tidak sesuai dengan standar SNI, dimana kadar air yang diizinkan maksimal 4,5 %.

Kondisi berbeda diperoleh pada penelitian yang dilakukan oleh Riyanto dkk., (2024) menggunakan biomassa serbuk gergaji dan daun nimba diperoleh kadar air masing-masing 8% dan 2% yang dipanaskan dengan matahari. Kadar air 10% diperoleh pada pembuatan biosorben dari biji asam (Murugan, 2006) yang dioven pada suhu tidak lebih dari 111°C. Kondisi ini mengindikasikan bahwa perolehan kadar air sangat dipengaruhi oleh stuktur biomassa dan perlakuan terhadap biomassa. Pada proses karbon aktif terlihat kadar air yang diperoleh lebih rendah dibandingkan dengan biomassa yang dipersiapkan sebagai biosorbent yang hanya dipanaskan dengan matahari dan oven.

Pada penelitian ini kadar zat volatile berkisar antara 3,4%-30,4%. Dari tabel terlihat bahwa kadar zat mudah menguap untuk BTP 3,4%, untuk BTPK 8,94% dan untuk BTSG 30,4%. Hasil ini menunjukkan bahwa kadar volatile untuk BTP dan BTPK sudah memenuhi Standar Industri Indonesia (SII). Penentuan kadar karbon terikat bertujuan untuk mengetahui kandungan karbon dalam biosorben. Berdasarkan SNI 06-3730-95, kadar karbon terikat pada penelitian ini tidak semuanya memenuhi syarat (minimum 65%). BTSG memiliki karbon terikat lebih kecil dari 65%. Hasil ini mengkonfirmasi penelitian yang dilakukan oleh Wahi (2009) menggunakan tandan kosong kelapa sawit dengan hasil sebesar 37,60% hasil ini masih lebih tinggi dibandingkan BTSG dengan perolehan 14 %. Kondisi ini disebabkan pada proses preparasi BTSG bahan baku yang terdiri daun akasia di gunakan dalam jumlah sedikit (0,5 gram) sedangkan silika gel 10 gram, komposisi akasia dalam bahan baku menentukan jumlah selulosa. Kandungan selulosa dalam adsorben akan mempengaruhi besarnya kadar karbon terikat. Kadar selulosa yang tinggi menyebabkan kadar karbon dalam biosorben tinggi, hal ini dikarenakan penyusun selulosa sebagian besar adalah unsur karbon. Daya jerap/adsorpsi adsorben terhadap iodine mengindikasikan kemampuan biosorben untuk mengadsorpsi komponen dengan berat molekul rendah. Nilai Yodium (*Iodine Number*) adalah besarnya miligram yodium yang terserap oleh 1 gram biosorben. Satuannya (mg yodium/g biosorben). 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 micro dan mesoporous yang lebih besar. Luas permukaan zat padat dapat diperkirakan dari angka iodine karena angka iodine merupakan salah satu parameter karakteristik adsorben yang menggambarkan kondisi kesetimbangan dimana molekul iodine tepat menutupi seluruh permukaan adsorben dengan ketebalan satu lapisan molekul. Dengan demikian angka iodine dapat dipandang sebagai kapasitas monolayer sehingga dapat digunakan untuk memperkirakan luas permukaan. Bilangan iodine merupakan indikasi untuk menentukan besarnya volume pori-pori dan ukuran mikrosphere berkisar antara 0-20 Amstrong (Ikawati dkk, 2010)

Hasil penelitian menunjukkan dari ketiga jenis biosorben yang dipreparasi, adsorben yang diberi perlakuan terlihat mempunyai daya serap yang rendah terhadap iodine, terutama BTSG (Tabel 1), perolehan iodine tidak memenuhi standar kualitas manapun. Selain disebabkan oleh tingginya kadar abu seperti dijelaskan diatas, fenomena ini disebabkan oleh waktu kontak biosorben dengan larutan iodine sangat singkat (15 menit) sehingga interaksi dinding sel biosorben dengan larutan iodine terjadi tidak sempurna karena dibatasi oleh faktor difusi. Fakta ini didukung Muliaty, 2010 menjelaskan bahwa entrapment sel ke pendukung pengimobil seperti alginate, poliakrilamida dan silika gel dapat mempunyai efisiensi yang tinggi meskipun pembatasan difusi akan menjadi masalah. Pada kondisi yang berbeda Farida dkk., (2023) melaporkan, kapasitas penyerapan iodine oleh ampas tebu yang dijadikan karbon aktif memperoleh hasil yang sangat tinggi mencapai 508,2517-846,5939 mg/g. Kondisi yang sama dilaporkan oleh Pujianti (2005) yang menggunakan serbuk serbuk gergaji kayu mahoni memperoleh daya serap terhadap iodine berkisar antara 1196.41- 1230.93 mg/g dan biosorben dari daun tandu memperoleh 291 mg/g. Dari perbandingan biomassa dapat diketahui bahwa karbon aktif masih lebih unggul dalam penyerapan iodine di bandingkan adsorben lain.

Penetapan daya serap adsorben terhadap *methylene blue* bertujuan untuk mengetahui kemampuan biosorben dalam menyerap larutan berwarna dan zat organik. Jadi secara tidak langsung kemampuan adsorpsi biosorben terhadap *methylene blue* dapat mengindikasikan distribusi pori yang berukuran besar yakni

meso dan makropori (Hasfita, 2012). Menurut SNI, daya serap karbon aktif terhadap *methylene blue* minimal adalah 60 mg/g. Daya serap terhadap *methylene blue* dari hasil penelitian ini berkisar antara 250,80 mg/g – 636,54 mg/gram. Kadar tertinggi diperoleh pada BTSG, dilanjutkan oleh BTP 520,48 mg/g dan kadar terendah diperoleh pada BTPK. Kapasitas penyerapan yang tinggi menunjukkan biosorben mempunyai permukaan yang bermuatan negative sehingga mempunyai afinitas tinggi dengan *methylene blue* yang bermuatan positif. Sedangkan permukaan biosorben yang bermuatan positif parsial atau keseluruhan tidak dapat berinteraksi dengan baik dengan polutan yang bermuatan positif sehingga kapasitas penyerapan menurun.

Luas permukaan merupakan komponen penting proses adsorpsi, dimana interaksi antar komponen terjadi pada permukaan biosorben. Luas permukaan yang tinggi diinginkan untuk memperoleh kinerja biosorben tinggi. Semakin tinggi luas permukaan menunjukkan semakin kecil ukuran butir biosorben. Dengan menganggap bahwa molekul adsorbat terorientasi seragam membentuk suatu lapisan tunggal (monolayer) maka lapisan permukaan total suatu padatan dapat dihitung dengan menggunakan metode adsorpsi metilen biru. Dari hasil penelitian Tabel 1 diperoleh luas permukaan adsorben berkisar antara 750,31 m²/g – 1902,67 m²/g. Luas permukaan terbesar didapat pada BTSG. Sedangkan luas permukaan terkecil di peroleh pada BTP , BTPK memperoleh luas permukaan sebesar 1554,03 mg²/g. Luas permukaan jenis biomassa lainnya dilaporkan oleh Gautam. dkk.(2011) menggunakan daun randu yang diaktifasi dengan asam posphat mencapai 310 m²/g selanjutnya biosorben daun randu yang dimodifikasi dengan asam sulfat memiliki luas permukaan 210 m²/g . Biosorben dengan luas permukaan antara 100- 1000 m²/g berada pada ukuran mikropori mempunyai jari-jari < 1 nm, volume pori antara 0,15 – 0,5 cm³/g dapat berfungsi sebagai bahan penjerap (Darmawan, 2008). Fakta ini juga sangat berhubungan dengan ukuran partikel biosorben yang digunakan. biosorben dengan ukuran 100 - 200 mesh digolongkan dalam bentuk powder dengan diameter 0,1 mm. Dan jika berukuran lebih besar dari 0,1 mm digolongkan dalam bentuk granular. Biosorben berbentuk powder mempunyai luas permukaannya lebih

besar dibandingkan dengan biosorben berbentuk granular, sehingga kecepatan adsorpsinya juga menjadi lebih besar.

Kapasitas Tukar Kation (KTK) atau *Cation Exchangable Cappacity* (CEC). KTK merupakan jumlah total kation yang dapat dipertukarkan (*cation exchangable*) pada permukaan koloid yang bermuatan negatif. Satuan hasil pengukuran KTK adalah milliequivalen kation dalam 100 gram biosorben atau mekation per 100 g adsorben. Dari Tabel1 diperoleh KTK untuk BTP sebesar 87,70 mg/g dan BTSG dan BTPK masing-masing diperoleh 3.16 meq/g dan 8,62 meq/g. menurut (Hasfita, 2012) Kapasitas Tukar Kation dipengaruhi oleh komposisi kimia yang terkandung dalam biosorben Semakin banyak zat organik dalam adsorben, kapasitas tukar kation akan meningkat. Hal ini dipengaruhi oleh gugus fungsional adsorben yang bermuatan negative sehingga dapatdipertukarkan dengan ion-ion lain yang mempunyai muatan berbeda. Semakin tinggi nilai KTK (kapasitas tukar kation) maka fungsi biomassa sebagai biosorben bisa berubah menjadi resin.

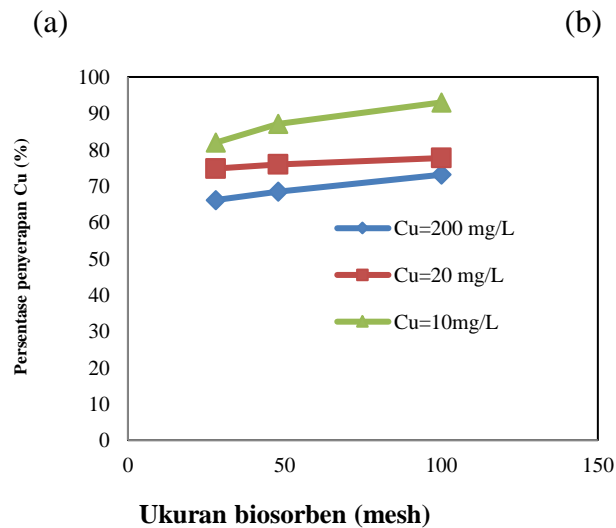
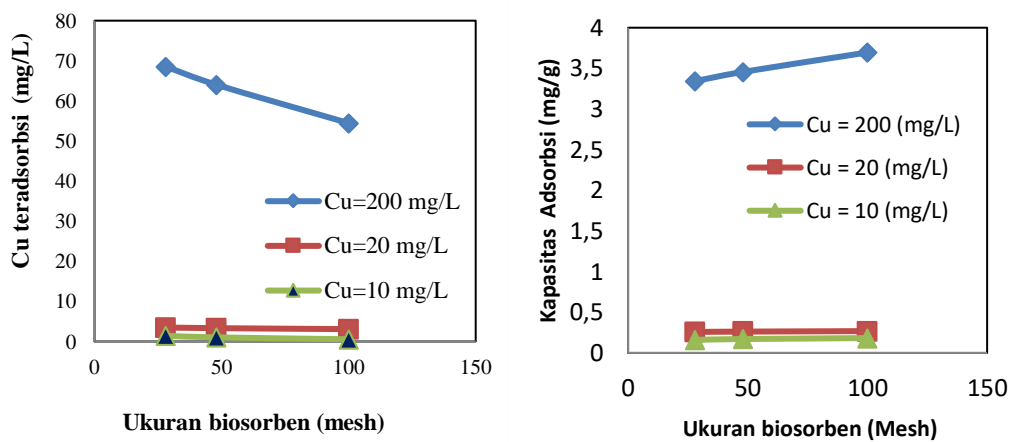
3.2 Uji Penyerapan Terhadap Logam berat

3.2.1 Pengaruh Ukuran Biosorben

Pengaruh ukuran biosorben terhadap penjerapan logam Cu(II) diperlihatkan pada Gambar 1. dengan menganalisis persentase penyerapan dan kapasitas penyerapan. meningkatnya bilangan partikel, efisiensi terbesar diperoleh pada konsentrasi 10 mg/L dengan ukuran partikel 100 mesh sebesar 92,99%, dan efisiensi terendah diperoleh pada konsentrasi 200 mg/L dengan efisiensi 66,11% ukuran partikel 28 mesh. Semakin besar ukuran mesh maka daya serap bertambah besar. Hal ini disebabkan karena semakin besar ukuran mesh, partikel semakin halus dan ukuran semakin kecil sehingga luas permukaan karbon aktif semakin besar, mengakibatkan ion tembaga (Cu) dengan mudah masuk ke dalam rongga-rongga adsorben sehingga daya serap yang dihasilkan semakin besar. Pada penelitian ini, kondisi optimum dicapai pada ukuran 100 mesh.

Kapasitas total adsorpsi tergantung pada luas permukaannya. Sementara ukuran partikel tidak mempengaruhi luas permukaan. Ukuran partikel

mempengaruhi tingkat adsorpsi; tingkat adsorpsi naik dengan adanya penurunan ukuran partikel. Semakin kecil ukuran butir, maka semakin besar permukaan sehingga dapat menyerap kontaminan makin banyak. Secara umum kecepatan adsorpsi ditunjukkan oleh kecepatan difusi zat terlarut ke dalam pori-pori partikel adsorben. Ukuran partikel yang ideal untuk proses penjerapan umumnya berkisar antara -100/+200 mesh, yang memastikan area permukaan yang cukup untuk interaksi adsorpsi yang efektif (Istighfarini dkk., 2021).

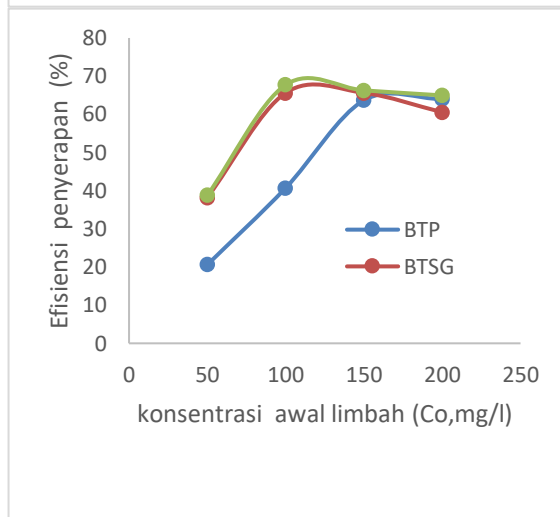
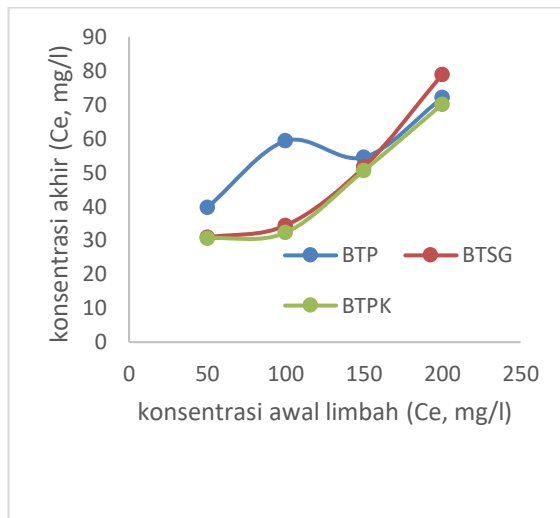


(c)

Gambar 1 Pengaruh Ukuran Adsorben terhadap penyerapan logam Cu^{2+} menggunakan biosorben BTP, (a) Cu teradsorpsi (mg/L), (b) kapasitas adsorpsi (mg/g), (c) Persentase penyerapan(%),

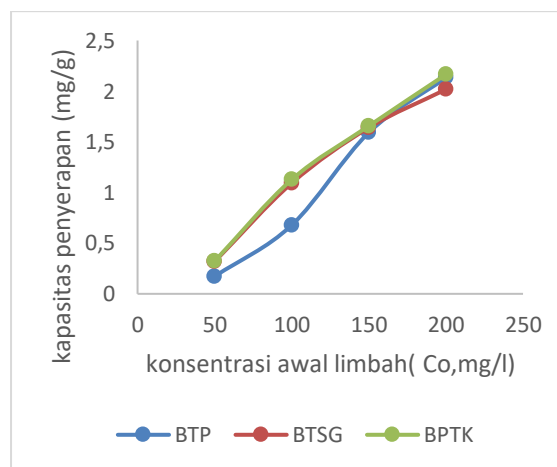
II. Pengaruh Konsentrasi Awal

Variasi konsentrasi dilakukan untuk lebih menunjang kondisi optimum setelahnya. Berguna untuk melihat pada konsentrasi berapa adsorben dapat bekerja lebih baik mengingat larutan yang digunakan adalah limbah artifisial. Konsentrasi yang divariasikan yaitu 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, dan 200 ppm. dilakukan pengadukan dengan waktu 120 menit, menggunakan tiga jenis adsorben dengan berat 3 gram. Pengaruh konsentrasi pada proses adsorpsi dapat dijelaskan dengan teori tumbukan. Penelitian oleh Nury dkk., (2023) menunjukkan bahwa laju adsorpsi metilen biru oleh karbon aktif meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi larutan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi, semakin banyak molekul adsorbat yang tersedia untuk bertumbukan dengan permukaan adsorben, yang sejalan dengan prinsip dasar teori tumbukan. Semakin banyak tumbukan yang terjadi berarti kemungkinan untuk menghasilkan tumbukan yang efektif akan semakin besar sehingga reaksi berlangsung lebih cepat. dan hubungan antar parameter dapat dilihat pada Gambar 2. Pada gambar terlihat semakin besar konsentrasi awal, penurunan konsentrasi semakin meningkat. Diantara tiga adsorben yang diuji terlihat adsorben tanpa perlakuan memperoleh penurunan konsentrasi paling kecil sementara penurunan yang besar diperoleh pada adsorben terpolimerisasi, pada konsentrasi kecil yaitu 50 mg/L, untuk BTP (Biosorben tanpa perlakuan) terjadi penurunan konsentrasi menjadi 39,7 mg/L, BTSG 30,9 mg/L dan BPTK 30,6 mg/L. Sementara itu untuk konsentrasi sedang 100 ppm, diperoleh 59,3 mg/L untuk BTP, 34,4 mg/L untuk BTSG dan 29 mg/L untuk BPTK. Penurunan konsentrasi meningkat dengan meningkatnya konsentrasi awal.



(a)

(b)



(c)

Gambar 2 Pengaruh konsentrasi adsorben terhadap (a) konsentrasi akhir Cu

mg/L, (b) Efisiensi penyerapan %, (c) Kapasitas adsorpsi (mg/g)

Pada Gambar 2 (b) dan (c) terlihat untuk BTP diperoleh pada konsentrasi optimum 150-200 mg/L dengan efisiensi sebesar 64%, kapasitas 2,13 mg/g, sedangkan pada konsentrasi 50 mg/L-100 mg/L memperoleh efisiensi 20-40%. Hasil ini lebih rendah dibandingkan yang dilaporkan Pita Rengga., (2019) menggunakan biomassa urang aring tanpa perlakuan memperoleh efisiensi 51,4%. Konsentrasi optimum ATSG diperoleh pada 150-100 mg/L dengan efisiensi 65%, kapasitas sebesar 1,64 mg/g, pada konsentrasi rendah 50 mg/l efisiensi diperoleh 38,2%. untuk BTPK konsentrasi optimum diperoleh pada 50 mg/L dengan efisiensi sebesar 77%, kapasitas 0,64 mg/g. Hasil berbeda untuk biosorben termodifikasi diperoleh pada penggunaan kitosan tersalut partikel nano magnetik serta di immobilisasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* mampu meningkatkan efisiensi penyerapan Cu pada konsentrasi 40 mg/L-60 mg/L menjadi 93.8% dan konsentrasi 100-200mg/L efisiensi 85% (Mohamad, 2013). penyerapan bervariasi untuk konsentrasi awal Cu(II) pada batasan 10-50 mg/L. Efisiensi penyerapan tertinggi terjadi pada 125 mg/L, yaitu 93,62%. (Khairani dkk., 2024). Beberapa penelitian dilaporkan oleh (Fathoni, dkk., 2024). (Fadhilah dkk., 2023), Purwiandono and Ibrahim, (2022), mengungkapkan efektifitas adsorpsi dicapai pada konsentrasi yang lebih rendah, peningkatan konsentrasi logam menurunkan efisiensi. Sementara itu efisiensi meningkat secara signifikan pada biosorben yang diberi perlakuan. Kondisi ini menunjukkan keberhasilan proses polimerisasi dan immobilisasi biosorben pada penelitian.

Pada Gambar 2 (b) dan (c) terlihat untuk BTP diperoleh pada konsentrasi optimum 150-200 mg/L dengan efisiensi sebesar 64%, kapasitas 2,13 mg/g, sedangkan pada konsentrasi 50 mg/L-100 mg/L memperoleh efisiensi 20-40%. Hasil ini lebih rendah dibandingkan yang dilaporkan Karthika dkk.,(2010) menggunakan biomassa urang aring tanpa perlakuan memperoleh efisiensi 51,4%. Konsentrasi optimum BTSG diperoleh pada 150-100 mg/L dengan efisiensi 65%, kapasitas sebesar 1,64 mg/g, pada konsentrasi rendah 50 mg/l efisiensi diperoleh 38,2%. untuk BPTK konsentrasi optimum diperoleh pada 50 mg/L dengan

efisiensi sebesar 77%, kapasitas 0,64 mg/g. Hasil berbeda untuk biosorben termodifikasi diperoleh pada penggunaan kitosan tersalut partikel nano magnetik serta di immobilisasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* mampu meningkatkan efisiensi penyerapan Cu pada konsentrasi 40 mg/L-60 mg/L menjadi 93.8% dan konsentrasi 100-200mg/L efisiensi 85% (Peng dkk.,2010). Beberapa penelitian dilaporkan oleh Karthika, (2010) Rifiah, Astasagita and Irawanto, (2023) ,Rahman dkk., (2024) mengungkapkan efektifitas adsorpsi dicapai pada konsentrasi yang lebih rendah, peningkatan konsentrasi logam menurunkan efisiensi. Sementara itu efisiensi meningkat secara signifikan pada biosorben yang diberi perlakuan. Kondisi ini menunjukkan keberhasilan proses polimerisasi dan immobilisasi biosorben pada penelitian.

4. KESIMPULAN

1. Ukuran partikel yang ideal untuk proses penjerapan umumnya berkisar antara -100/+200 mesh, yang memastikan area permukaan cukup untuk interaksi adsorpsi yang efektif.
2. Peningkatan konsentrasi awal meningkatkan frekuensi tumbukan antar molekul, yang berpotensi meningkatkan laju adsorpsi pada permukaan adsorben
3. Karakteristik biosorben limbah daun akasia mangium memenuhi standar SNI dan SII.
4. Semakin tinggi konsentrasi maka efisiensi dan kapsitas penyerapan logam berat Cu (II) semakin meningkat.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bello, O. S., Ojo, O. S., Dan Adefunmi, O. M. (2022). Heavy Metals Contamination In Effluent From Copper Industries: Health Effects And Management Strategies. *Journal Of Environmental Management*, 305, 114-120.
- Fadhilah, N. F. *Et Al.* (2023) ‘Pemanfaatan Eceng Gondok Sebagai Adsorben

- Dengan Perlakuan Awal Untuk Menurunkan Kadar Logam Berat Cu', *Chempro*, 2(1), Pp. 7–12.
- Farida, H. *Et Al.* (2023) 'The Effect Of 1% Povidone Iodine Mouthwash On The Surface Roughness Of Zirconia Reinforced Glass Ionomer Cement', *Journal Of Indonesian Dental Association*, 6(1), P. 1.
- Hasfita, F. (2012) 'Jurnal Teknologi Kimia Unimal Jurnal Teknologi Kimia Unimal Study Pembuatan Biosorben Dari Limbah Daun Akasia Mangium (Acacia Mangium Wild) Untuk Aplikasi Penyisihan Logam', *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 1, Pp. 36–48.
- Hussain, A., Abbas, M., Dan Ahmed, R. (2023). *Bioaccumulation And Toxicity Of Heavy Metals In Aquatic Organisms: A Review. Environmental Science And Pollution Research*, 30(5), 4567-4581.
- Ikawati Dan Melati (2010) : *Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Singkong UKM Tapioka Kabupaten Pati*, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- Istighfarini, L., Wati, R. K., Dan Adi, S. (2021). "Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Dari Kulit Singkong Terhadap Larutan Iodium." *Indonesian Journal Of Chemical Science And Technology*, 4(2), 74-78.
- Khairani, S., Rahmadini, K. And Muslim, A. (2024) 'Efisiensi Adsorpsi Ion Logam Cu (II) Menggunakan Biosorben Jarum Cemara Teraktivasi Naoh', 5(1), Pp. 6–9.
- Mohamad, E. (2013) 'Pengaruh Variasi Waktu Kontak Tanaman Bayam Duri Terhadap Adsorpsi Logam Berat Kadmium (Cd)', *Jurnal Entropi*, 8(1), Pp. 562–571.
- Muliaty, E. (2010) *Imobilisasi Asam Humat Oleh Kitosan Sebagai Adsorben Ion Logam Fe(II)*, Skripsi.
- Murugan , M. Dan Subramanian, E. (2006) : *Studies On Defluoridation Of Water By Tamarind Seed, An Unconventional Biosorbent*, Journal Of Water And Health, **4.4**.
- Murugan , M. Dan Subramanian, E. (2006) : *Studies On Defluoridation Of Water By Tamarind Seed, An Unconventional Biosorbent*, Journal Of Water And Health, **4.4**.
- Mustafa, A., Noor, N. M., & Zakaria, Z. (2022). *The Role Of Tannins In Environmental Remediation: Mechanisms And Applications. Environmental Science And Pollution Research*, 29(6), 8484-8495.
- Nury, Y., Huda, I., Dan Yulitaningtyas, R. (2023). "Pengaruh Konsentrasi Larutan Terhadap Proses Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Karbon Aktif Dari Kulit Durian." *Iontech*, 4(2), 55-67.
- Nwankwo, I. E., Chime, S. A., Dan Alagbe, O. (2023). *Assessment Of Heavy Metal Pollution In The Effluent From Electroplating Industries: Implications For Human Health. Chemosphere*, 294, 133-141.
- Pita Rengga, W. D. *Et Al.* (2019) 'Kesetimbangan Adsorpsi Isotermal Logam Pb Dan Cr Pada Limbah Batik Menggunakan Adsorben Tongkol Jagung (Zea Mays)', *Journal Of Chemical Process Engineering*, 4(2), Pp. 56–62.
- Pujiarti, R. dan Sutapa, G. J. P. (2005) : *Mutu Arang Aktif dari Limbah Kayu*

- Mahoni (Swietenia macrophylla King) sebagai Bahan Penjernih Air, Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, **3** (2)
- Purwiandono, G. And Ibrahim, S. (2022) ‘Adsorpsi Logam Cu(II) Menggunakan Adsorben Kulit Buah Salak Teraktivasi HNO₃’, *Indonesian Journal Of Chemical Research*, 7(1), Pp. 1–7.
- Rahman, A. A. *Et Al.* (2024) ‘Identifikasi Potensi Limbah Kulit Pinang Sebagai Absorben Logam Berat Cu (II)’, 5 (September), Pp. 1–8.
- Rif’an Fathoni, Karmila, Dwi Arum Nitami, M. A. F. And Simanjuntak (2024) ‘The Effect Of Time And Concentration Of Corn Peel Adsorbents On Decreasing Heavy Metal Concentrations’, *Jurnal Chemurgy*, (152), Pp. 98–102.
- Riyanto, C. A. *Et Al.* (2024) ‘Selektivitas Adsorpsi Campuran Biner Fe(II)/Cu(II) Menggunakan Karbon Aktif Dari Sekam Padi Dan Serbuk Gergaji Kayu Jati’, *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 10(1), Pp. 58–68.
- Wahi, R., Ngaini, Z. Dan Jok, V. U. (2009) : *Removal Of Mercury, Lead And Copper From Aqueous Solution By Activated Carbon Of Palm Oil Empty Fruit Bunch*, *World Applied Sciences Journal*, 84-91
- Wibowo, D., Yudiana, R., Dan Ismail, M. (2021). *Effects Of Plant Secondary Metabolites On The Growth Of Rumen Protozoa. Journal Of Applied Microbiology*, 130(4), 1131-1140.