



Al-Kimia, 8-2-2020, 177 - 188

Available online at: <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/al-kimia>

Kapasitas Adsorpsi Biomassa Paku Air (*Lemna minor* Linn) Teresterifikasi Oleh Asam Sitrat Terhadap Mangan (II)

Anita, Titin Anita Zaharah*, and Ajuk Sapar

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Tanjungpura, Pontianak, Indonesia

*Corresponding author: titin.anita.zaharah@chemistry.untan.ac.id

Received: October,08,2020 /Accepted: December,27,2020

Doi: 10.24252/al-kimiav8i2.16144

Abstract: Research on the adsorption of Mn (II) ions has been carried out using biomass duckweed (*Lemna minor* linn) with the esterified by citric acid. This study aims to determine the maximum adsorption capacity of Mn (II) ions in using adsorbent biomass of duckweed esterified by citric acid. Water nail biomass adsorbents were characterized using FTIR to determine the functional groups of citric acid esterified adsorbents. The stages of this research include modification of water biomass using citric acid, followed by manganese (II) ion adsorption tests with pH variations in pH, contact time of adsorption and initial concentration variations under optimum conditions. The results showed that optimum adsorption occurred at pH 5, contact time for 10 minutes and the concentration of Mn (II) solution 15 mg / L was measured using atomic absorption spectrophotometry. The equation used in the study follows the Langmuir and Freundlich equations. Based on the Langmuir isotherm equation, the maximum adsorption capacity of Mn (II) ion using citric acid modified water nail biomass is 7,645 mg/ g, the equilibrium constant is 4,317 L/ mol and the adsorption energy is 36,84039 KJ/ mol.

Keywords: adsorption, manganese (II), water nails (*Lemna minor* linn)

PENDAHULUAN

Perkembangan industri di Indonesia sangat pesat. Kondisi ini memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dengan dihasilkannya limbah industri yang mengandung bahan-bahan kimia berbahaya. Limbah industri yang dihasilkan dapat mencemari lingkungan, karena sebagian besar limbah idustri tersebut terbawa melalui jalur air. Limbah mangan (Mn) merupakan salah satu logam berat yang banyak terdapat di lingkungan. Mangan bersifat toksik, gejala yang ditimbulkan akibat limbah Mn dalam tubuh berupa gejala susunan syaraf, insomnia, kemudian lemah pada kaki dan otot muka sehingga ekspresi muka menjadi beku dan muka tampak seperti topeng atau *mask* (Budijanto et al. 2007). Proses ini akan lebih cepat terjadi bila memasuki tubuh manusia melalui rantai makanan. Oleh karena itu, untuk mengontrol pencemaran lingkungan oleh logam berat perlu dibatasi kandungan maksimum logam dalam suatu limbah yang boleh dibuang ke lingkungan.

Metode yang dapat digunakan untuk penanganan limbah logam berat yaitu metode adsorpsi. Metode adsorpsi merupakan metode alternatif yang lebih efektif dan tidak memberikan efek samping berupa zat racun. (Miningsih et al. 2016) menjelaskan bahwa biomassa alang-alang telah berhasil digunakan sebagai adsorben untuk menyerap ion logam Pb(II) dengan metode adsorpsi dengan cara memodifikasi permukaan adsorben menggunakan asam sitrat untuk menambahkan situs aktif gugus karboksil. Menurut Mahdian (2008), biomassa apu-apu dapat digunakan sebagai adsorben karena didalamnya terkandung gugus-gugus fungsi yang terdapat pada situs aktif seperti CO dan OH.

Seperti halnya biomassa apu-apu dan alang-alang, biomassa tumbuhan paku air merupakan tumbuhan yang dapat digunakan sebagai biomassa karena memiliki kemampuan yang penting karena terdapat gugus aktif di dalamnya yang dapat mengadsorpsi ion logam (Tiemann et al. 1998). Untuk meningkatkan kemampuan dalam mengikat logam maka diperlukan modifikasi permukaan pada adsorben biomassa paku air menggunakan asam sitrat. Biomassa yang telah dimodifikasi dengan cara esterifikasi menggunakan asam sitrat diharapkan terjadi penambahan gugus karboksil pada biomassa, sehingga dapat mendorong terjadinya interaksi elektrostatik agar mempermudah terjadinya pertukaran anion (Mao et al. 2009). Penelitian yang telah dilakukan (Dwi et al. 2014) mengatakan adsorpsi logam kadmium (II) menggunakan biomassa paku air yang telah dimodifikasi dengan asam sitrat menunjukkan adanya peningkatan kapasitas adsorpsi terhadap ion logam yang cukup tinggi. Menurut (Isnaini et al. n.d.), adsorpsi ion logam berat sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, kondisi pH larutan, waktu kontak dan konsentrasi larutan. pH optimum adsorpsi ion logam berat oleh biomassa paku air terjadi pada kondisi pH 4-5 yang menunjukkan adanya peranan penting dalam mengikat ion logam kationik adalah gugus karboksil. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian dengan menggunakan biomassa paku air sebagai penyerap ion logam mangan (II).

Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh biomassa paku air yang telah diesterifikasi terhadap kemampuan adsorpsinya terhadap logam Mn (II). Esterifikasi biomassa dengan asam sitrat akan menambahkan gugus karboksil pada komponen penyusun permukaan biomassa dengan tujuan untuk meningkatkan kemampuannya sebagai adsorben melalui penambahan gugus OH dari gugus karboksil. Karakterisasi adsorben untuk mengidentifikasi adanya gugus aktif dilakukan dengan menggunakan spektrofotometri infra merah, Parameter yang akan digunakan pada proses adsorpsi Mn(II) dengan biomassa yaitu pH, waktu kontak dan konsentrasi adsorbat. Mn(II) yang teradsorpsi oleh biomassa dapat diketahui dengan analisa kuantitatif menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA), serta kapasitas adsorpsi ion logam Mn(II) dihitung menggunakan persamaan isoteremis Langmuir dan Freundlich.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah paku air (*Lemna minor* Lin) kering. Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini berderajat pro analisis (p.a) meliputi asam sitrat, akuades (H_2O), mangan klorida ($MnCl_2 \cdot 2H_2O$), asam nitrat (HNO_3) 0,1 M (65%, $b_j = 1,41$ g/mL), natrium hidroksida (NaOH) 0,1 M, dan asam klorida (HCl) 0,1 N (30% $b_j = 1,19$ g/mL).

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat gelas, ayakan 120 mesh, loyang, *oven fisher scientific*, kertas saring, pengaduk listrik (*shaker*), *sentrifuge fisher scientific*, timbangan *ohauss*, pengaduk magnet, *Fourier transform infrared* (FT-IR) Shimadzu UV-1280, spektrofotometer serap atom (AAS) Shimadzu AA-6800.

Prosedur

Pengambilan tanaman paku air

Paku air diambil dari parit jalan Hos Cokroaminoto gang Jarak, Pontianak Kota Kalimantan Barat. Sampel dibersihkan dan dilakukan determinasi di Laboratorium Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.

Preparasi adsorben biomassa paku air

Proses preparasi dilakukan berdasarkan prosedur yang telah dilakukan oleh (Purwonugroho, Sinaga, and Darjito 2015). Biomassa paku air dicuci dengan air hingga bersih, dan dikeringkan udah terbuka, kemudian biomassa dihaluskan menggunakan blender hingga halus, setelah itu diayak menggunakan ayakan berukuran 120 mesh. Partikel biomassa yang lolos pada 120 mesh merupakan biomassa yang digunakan pada penelitian ini. Biomassa kemudian dicuci menggunakan air dan disaring, dilakukan pengulangan sampai pH netral dan tidak terbentuk endapan dengan larutan HNO₃. Biomassa dikeringkan dalam oven pada temperatur 60°C

Modifikasi biomassa paku air diesterifikasi dengan asam sitrat

Proses modifikasi biomassa dilakukan berdasarkan prosedur yang telah dilakukan Harumsari (2015). Sebanyak 5gram bubuk biomassa paku air ditambahkan dengan 50 mL asam sitrat (C₆H₈O₇) 0,8 M dan diaduk selama 2 jam pada temperatur ruang (\pm 25°C) menggunakan pengaduk magnetik. Suspensi biomassa sitrat dikeringkan dalam oven pada temperatur 60 °C selama 24 jam. Kemudian dioven kembali pada temperature 120 °C selama 3,5 jam. Biomassa yang telah diesterifikasi menggunakan asam sitrat kering kemudian dicuci dengan akuades hingga pH filtrat sama dengan akuades. Biomassa yang dicuci, dikeringkan dalam oven pada temperatur 60 °C hingga massa konstan, kemudian disimpan dalam desikator.

Penentuan kondisi pH optimum adsorpsi mangan(II)

Adsorpsi biomassa esterifikasi ditimbang sebanyak 0,1 g dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL. kemudian ditambahkan larutan mangan (II) 100 mg/L pH 4,5,6,7,8 dimasukkan kedalam Erlenmeyer yang berisi biomassa termodifikasi. Larutan dikocok menggunakan pengocok listrik dengan kecepatan 125 rpm selama 60 menit. Setelah itu suspensi disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 30 menit. Konsentrasi mangan (II) dalam supernatan ditentukan menggunakan SSA.

Pengaruh waktu kontak optimum adsorpsi mangan (II)

Adsorben biomassa teresterifikasi ditimbang 0,1 g dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL. Kemudian biomassa teresterifikasi ditambahkan larutan mangan (II) 100 mg/L dengan pH optimum. Larutan dikocok menggunakan pengocok listrik dengan kecepatan 125 rpm selama 0, 10, 20, 30, 40, 50 menit. Suspense yang terbentuk disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 30 menit. Hasil yang diperoleh dipisahkan dan dimasukkan kedalam botol sampel kemudian diukur menggunakan SSA.

Penentuan kapasitas adsorpsi paku air esterifikasi

Proses optimasi waktu kontak dilakukan berdasarkan prosedur yang telah dilakukan oleh (Purwonugroho, Sinaga, and Darjito 2015). Adsorben biomassa teresterifikasi sebanyak 0,1 ditimbang dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL. Biomassa teresterifikasi ditambahkan dengan larutan mangan (II) 100 mg/L dengan pH dan waktu pengocokan optimum, dikocok menggunakan pengocok listrik dengan kecepatan 125 rpm. Suspensi yang terbentuk disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 30 menit. Konsentrasi mangan (II) dalam supernatant ditentukan dengan SSA. Perlakuan sama dilakukan untuk konsentrasi mangan (II) 5, 10, 15, 20, 25, 30 mg/L

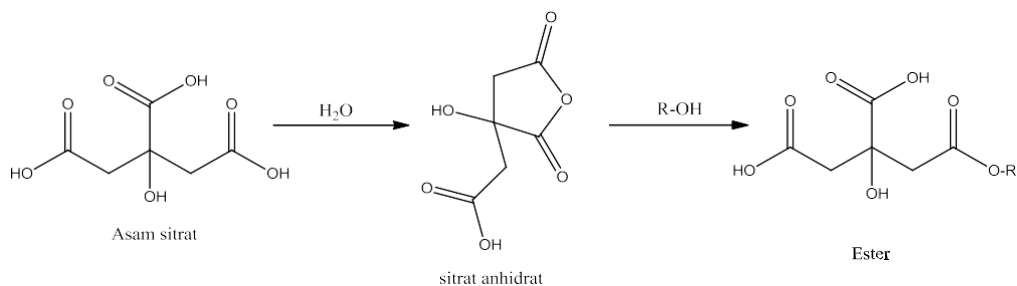
HASIL DAN PEMBAHASAN

Adsorben termodifikasi dan teraktifasi asam sitrat

Tanaman paku air yang digunakan sebagai sampel, dibersihkan dari kotoran hingga bersih. Tanaman paku air dikeringkan di bawah sinar matahari untuk menghilangkan kadar air dan mempermudah proses penghalusan sampel paku air menjadi adsorben. Adsorben dihaluskan untuk mempermudah dan meningkatkan interaksi dalam proses aktivasi.

Aktivasi terhadap 5 gram adsorben berukuran 120 mesh dilakukan untuk meningkatkan kapasitas adsorpsinya terhadap logam yang ditargetkan. Aktivasi secara kimia dilakukan melalui penambahan asam nitrat dan secara fisika melalui pemanasan. Tujuan pengasaman agar dapat menurunkan konsentrasi mineral seperti Ca, Na, K dan Pb yang berinteraksi dengan gugus fungsi pada paku air secara alami.

Esterifikasi terhadap biomassa paku air dilakukan untuk menambahkan gugus karboksilat pada komponen penyusun biomassa sehingga dapat meningkatkan interaksinya dengan ion logam mangan(II). Esterifikasi pada adsorben diawali dengan mensuspensikan bubuk adsorben paku air berukuran 120 mesh asam sitrat 0,8 M dilakukan pengadukan selama 2 jam menggunakan pengaduk magnetik dengan suhu ruang dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam dengan suhu 60 °C. Pengadukan campuran menghasilkan interaksi antara adsorben paku air dengan asam sitrat. Hal ini dilakukan agar ketika suspensi adsorben dikeringkan, air yang terkandung dalam asam sitrat akan menguap sehingga asam sitrat terdistribusi secara merata pada permukaan biomassa dan akan membentuk anhidrat asam yang bersifat reaktif. Anhidrat asam yang terbentuk akan meningkatkan reaktivitas asam sitrat terhadap reaksi esterifikasi dengan gugus hidroksil pada adsorben. Gugus karboksil pada asam sitrat akan bereaksi dengan gugus hidroksil dari selulosa adsorben paku air ketika adsorben dan asam sitrat dipanaskan pada suhu 120 °C selama 3 jam. Pemilihan suhu 120 °C didasarkan pada penelitian (Isnaini et al. n.d.) yang menyatakan bahwa suhu optimum untuk esterifikasi terjadi pada suhu 120 °C. Adsorben yang awalnya berwarna hitam setelah dilakukan esterifikasi berubah menjadi warna coklat. Reaksi adsorben paku air dengan asam sitrat ditunjukkan pada gambar 1.



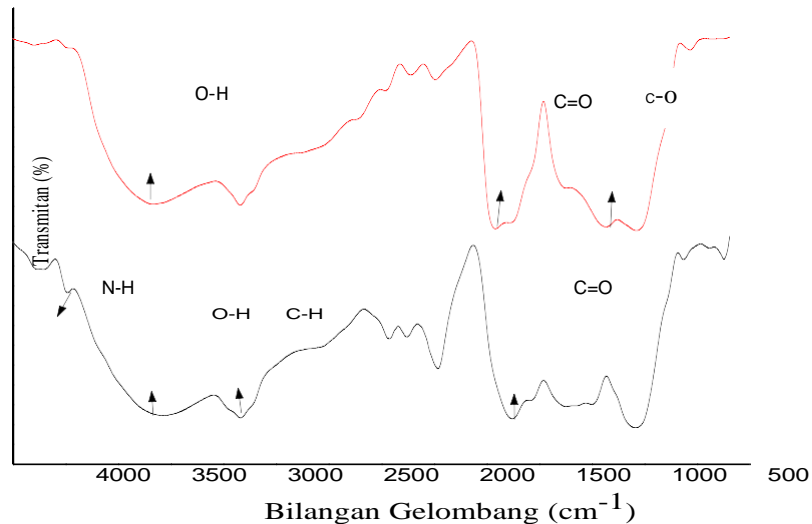
Gambar 1. Reaksi Esterifikasi Paku Air menggunakan Asam Sitrat

Karakterisasi adsorben paku air teresterifikasi asam sitrat

Hasil uji pada adsorben dari spektroskopi FTIR diperoleh spektra permukaan adsorben esterifikasi dan adsorben tanpa esterifikasi. Gugus fungsi ditentukan pada adsorben dengan dilakukan perbandingan spektra IR adsorben esterifikasi dan adsorben tanpa esterifikasi. Spektra FTIR paku air esterifikasi dan tanpa esterifikasi ditunjukkan pada Gambar 2.

Spektra pada Gambar 2 menunjukkan adanya perbedaan pita serapan antara adsorben paku air tanpa esterifikasi (a) dengan adsorben paku air esterifikasi (b). Pada

adsorben tanpa esterifikasi terdapat bilangan gelombang $3738,95\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya regangan N-H, kemudian serapan bilangan $3286,03\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus hidroksil (-OH). Kemudian serapan pada bilangan gelombang $2918,60\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya regangan -CH₃, -CH₂- dan C-H.



Gambar 2. Hasil Analisis IR paku air tanpa esterifikasi (a) dan paku air setelah esterifikasi (b)

Pita serapan pada bilangan $1630,63\text{ cm}^{-1}$ merupakan regangan C=C, C=N dan C=O (Apriyanti, Candra, and Elvinawati 2018). Seperti pada penelitian (Azhari, Saleh, and Yusuf 2017), spektra adsorben enceng gondok memperlihatkan adanya gugus -OH pada bilangan gelombang $3410,15\text{ cm}^{-1}$, pada panjang gelombang $1246,02\text{ cm}^{-1}$, $1722,43\text{ cm}^{-1}$ merupakan regangan C-O dan C=O, dan vibrasi tekuk N-H pada frekuensi $1631,78\text{ cm}^{-1}$. Hasil spektra IR pada biomassa enceng gondok terlihat mirip dengan hasil spektra pada biomassa paku air.

Adsorben teresterifikasi asam sitrat, pola serapan terlihat mirip dengan spektrum dari paku air tanpa esterifikasi namun mengalami pergeseran bilangan gelombang ke arah yang lebih besar. Selain itu, pada spektrum IR paku air teresterifikasi ditemukan serapan C≡C pada bilangan gelombang $2111,20\text{ cm}^{-1}$, vibrasi tekukan gugus C-O pada bilangan $1186,33\text{ cm}^{-1}$ dan tajam C=O pada bilangan gelombang $1710,64\text{ cm}^{-1}$. Adapun pergeseran bilangan gelombang dapat dirangkum dalam Tabel 1 dibawah ini.

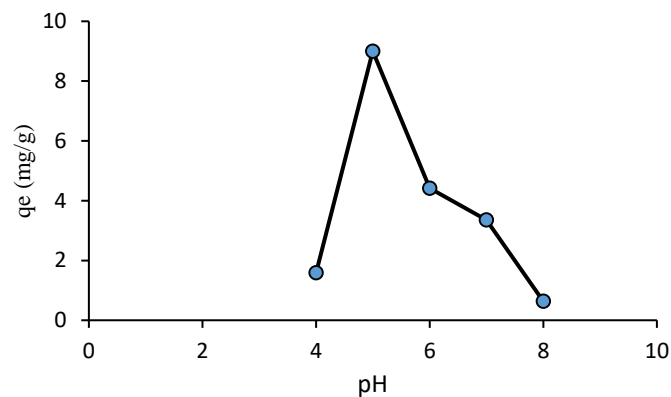
Table 1 Vibrasi IR paku air esterifikasi dan paku air tanpa esterifikasi

No	Gugus Fungsi	Vibrasi IR Paku Air Esterifikasi	Vibrasi IR Paku Air Tanpa Esterifikasi
1	C=O	1701,64 cm^{-1}	1630,63 cm^{-1}
2	C-O	1186,33 cm^{-1}	1179,03 cm^{-1}
3	O-H	3342,46 cm^{-1}	3286,03 cm^{-1}

Hasil interpretasi terhadap spektrum IR pada adsorben dari paku air (*Lemna minor* Linn) menunjukkan bahwa terdapat gugus-gugus hidroksil (-OH), N-H, -CH₃, -CH₂-, C-H, C=C, C-O, dan C=O. Proses esterifikasi tersebut dapat meningkatkan sisi aktif dari adsorben yaitu gugus C-O, C=O, dan OH yang ditandai dengan pergeseran bilangan gelombang dari adsorben sebelum dan setelah diesterifikasi. Gugus-gugus aktif tersebut terdapat pada selulosa yang terkandung dalam paku air.

Pengaruh pH terhadap adsorpsi mangan(II)

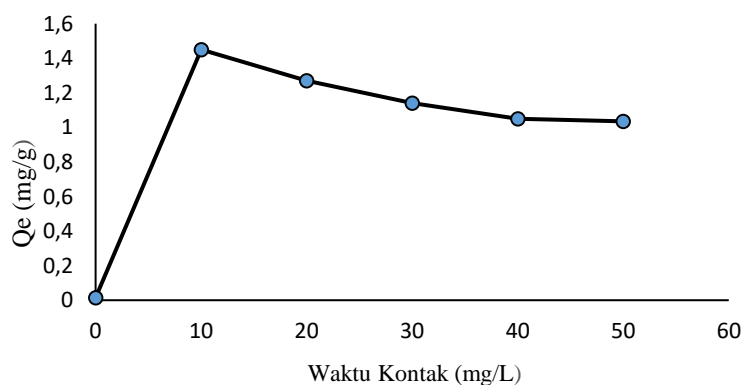
Proses adsorpsi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah pH larutan. pH larutan dapat mempengaruhi kapasitas peningkatan logam karena mempengaruhi keadaan ionik gugus fungsi pada dinding sel paku air atau muatan permukaan adsorben. Selain itu, pH atau tingkat keasaman media terkait dengan distribusi spesies-spesies ion logam dalam larutan (S.Tangio 2012). Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi pH terhadap adsorben Mn(II) pada biomassa paku air bertujuan untuk mengetahui variasi pH larutan terhadap adsorpsi Mn(II) oleh biomassa paku air, sehingga dapat menentukan kondisi optimum pH larutan agar dapat menghasilkan kapasitas adsorpsi ion Mn(II). pH optimum didapatkan dari kondisi pH dengan kapasitas adsorpsi yang tinggi. Penelitian ini dilakukan dengan cara memvariasikan pH larutan Mn(II) 4, 5, 6, 7, dan 8 dengan menggunakan metode *batch*. Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi pada adsorben paku air teresterifikasi ditentukan menggunakan spektroskopi serapan atom. Hasil pengaruh pH terhadap adsorben teresterifikasi dapat dilihat pada Gambar 3.

**Gambar 3.** Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi

Kapasitas adsorpsi (q_e) merupakan jumlah ion Mn (II) yang teradsorpsi pada adsorben. Pada paku air teresterifikasi, kapasitas adsorpsi ion Mn (II) meningkat pada pH 4-5. Kemudian mengalami penurunan kapasitas adsorpsi pada pH 6-8. Terjadi penurunan pH setelah diadsorpsi menggunakan paku air teresterifikasi asam sitrat pada kondisi asam, akibat hadirnya H^+ pada pH rendah atau suasana asam, gugus-gugus fungsi yang terdapat di dalam paku air akan mengalami protonasi dan memiliki muatan positif yang sangat reaktif terhadap spesi anion. Hal ini menyebabkan pada pH rendah yaitu pH 4, hanya sedikit logam Mn (II) yang dapat diadsorpsi. Pada pH yang lebih tinggi, hadirnya OH^- menyebabkan gugus-gugus fungsi yang dimiliki adsorben paku air mengalami deprotonasi sehingga memiliki muatan negatif. Gugus fungsi negatif sangat reaktif terhadap spesi ion logam dalam bentuk kation (Wardatul Rahma 2015) Seperti halnya Mn(II) teradsorpsi oleh paku air pada saat gugus-gugus aktif pada biomassa paku air mengalami deprotonasi. Selanjutnya pada pH 6-8 kapasitas adsorpsi semakin menurun karena diatas pH 5 dapat terjadi pengendapan $Mn(NO_3)^+$ kemudian, menurut Anis & Gusrizal (2006), tingginya adsorpsi pada pH rendah mengindikasikan bahwa mekanisme adsorpsi Mn(II) didominasi oleh interaksi elektrostatik atau pertukaran kation dengan ion H^+ pada gugus aktif adsorben.

Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi mangan(II)

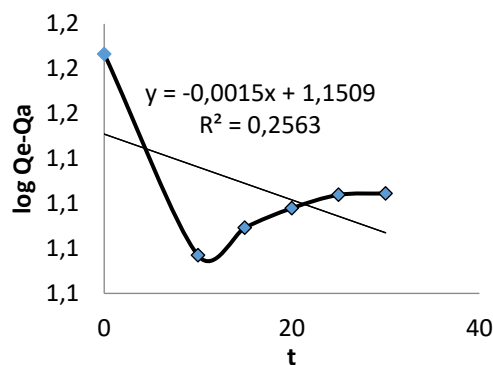
Waktu kontak optimum diperoleh dari waktu kontak dengan kapasitas adsorpsi tinggi. Penentuan waktu kontak terhadap adsorpsi managan (II) dilakukan pada variasi 0, 10, 20, 30, 40, dan 50 menit menggunakan metode *batch* pada pH 5 (pH optimum) dengan konsentrasi larutan mangan (II) yang digunakan sebesar 100 mg/L dengan kecepatan pengadukan 125 rpm. Pengadukan bertujuan untuk mendistribusikan adsorben secara merata ke seluruh larutan. Selain itu pengadukan dilakukan untuk memberikan kesempatan pada adsorben untuk berinteraksi dengan larutan logam. Pengadukkan menyebabkan terjadinya kenaikan reaksi dan interasi antara larutan dengan adsorben (Khoramabadi, Jafari, and Jamshidi 2008). Pengaruh waktu kontak adsorpsi terhadap kapasitas adsorpsi pada adsorben biomassa paku air dapat dilihat pada Gambar 4



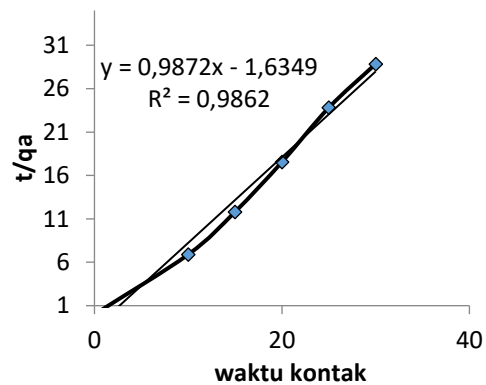
Gambar 4. Pengaruh Waktu Kontak Kapasitas Adsorpsi Mn(II)

Kondisi waktu kontak 0 menit adsorben belum jenuh sehingga masih mengalami proses adsorpsi, dimana gugus-gugus fungsi pada paku air sebagian masih berinteraksi dengan ion H^+ dan belum mengalami pertukaran ion secara sempurna. Sedangkan pada waktu kontak 10 menit adsorben mengalami kejenuhan

untuk berinteraksi dengan adsorbat ion Mn (II) sehingga pada waktu kontak 10 menit diperoleh kapasitas adsorpsi paling maksimum pada adsorben paku air teresterifikasi asam sitrat. Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi mangan (II) dapat diketahui lebih lanjut dengan kinetika adsorpsi mangan (II) pada biomassa paku air. Kinetika adsorpsi menggambarkan laju pengikatan solut pada perubahan waktu suatu reaksi. Korelasi yang baik antara data percobaan dengan persamaan matematika yang digunakan. Persamaan Lagergen pseudo orde satu dan dua disajikan pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Persamaan Pseudo Orde satu

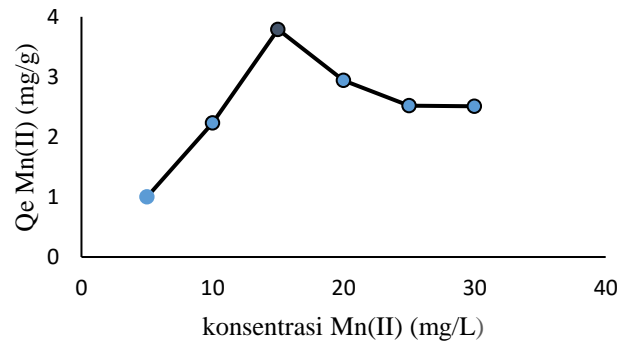


Gambar 6. Persamaan Pseudo Orde dua

Pada gambar 5 dan 6 menunjukkan bahwa koefisien korelasi untuk pseudo orde satu tidak terlalu bagus dengan nilai regresi linier (R^2) 0,2563 jika dibandingkan dengan pseudo orde dua yang memiliki nilai regresi linier (R^2) sebesar 0,9862. Oleh karena itu, adsorpsi ion logam Mn (II) menggunakan paku air bukanlah reaksi yang mengikuti pseudo orde satu, hal ini dibuktikan dari perhitungan koefisien korelasi untuk persamaan pseudo orde dua lebih tinggi dengan nilai regresi percobaan mendekati nilai perhitungan secara teori yakni nilai koefisien korelasi yang mendekati satu, sehingga adsorpsi yang terjadi mengikuti persamaan pseudo orde dua. Berdasarkan asumsi bahwa tingkat pembatas kecepatan kemungkinan adalah sorpsi kimia, yang meliputi gaya valensi melalui pembagian satu pertukaran antara adsorben dan adsorbat, serta korelasi data yang lebih baik (Darmayanti, Notodarmodjo, and Damanhuri 2018).

Pengaruh konsentrasi terhadap mangan (II)

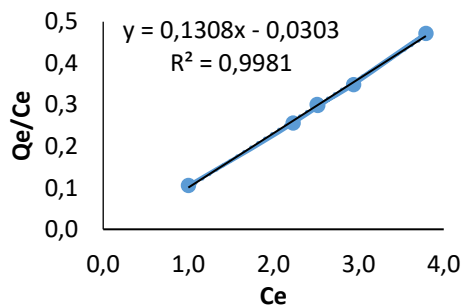
Penentuan kapasitas adsorpsi mangan (II) oleh adsorben biomassa paku air dilakukan agar dapat mempengaruhi adsorpsi karena berhubungan dengan ketersediaan situs aktif pada adsorben sehingga dapat digunakan untuk menyerap ion mangan. Adsorpsi Mn(II) oleh adsorben paku air dilakukan pada variasi konsentrasi mangan (II) yaitu 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 mg/L pada pH 5 dengan waktu kontak 10 menit menggunakan metode *batch* kemudian dilakukan pengukuran menggunakan spektrofotometri serap atom. Berdasarkan kapasitas adsorpsi yang diperoleh pada variasi konsentrasi larutan Mn (II), didapatkan hasil konsentrasi optimum pada konsentrasi larutan 15 mg/L. Isotermis adsorpsi merupakan hubungan yang menunjukkan distribusi adsorben antara fase teradsorpsi pada permukaan adsorben dengan fase ruah saat kesetimbangan pada temperatur tertentu. Berikut grafik pengaruh konsentrasi terhadap adsorpsi mangan (II) oleh biomassa paku air ditunjukkan pada gambar 7.



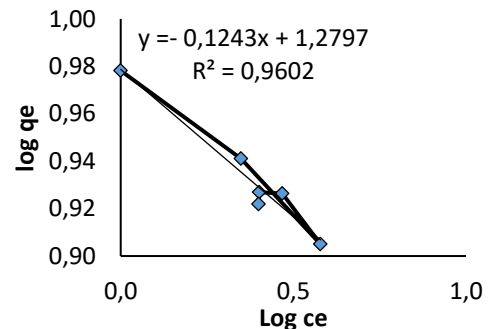
Gambar 7. Pengaruh konsentrasi terhadap adsorpsi mangan(II)

Gambar 7 menjelaskan bahwa variasi konsentrasi mangan (II) berpengaruh terhadap jumlah mangan (II) yang teradsorpsi (Q_e) oleh biomassa paku air. Adsorpsi terhadap mangan (II) oleh biomassa paku air mengalami peningkatan pada variasi konsentrasi 5 mg/L hingga 15 mg/L dan mengalami penurunan hingga 25 mg/L kemudian konstan hingga 30 mg/L. Penurunan kemampuan adsorpsi dikarenakan pada permukaan adsorben telah mengalami kejenuhan dan mencapai kesetimbangan antara konsentrasi Mn (II) dengan biomassa.

Sifat adsorpsi yang terjadi dapat diketahui dengan pengujian terhadap persamaan linier isoterm adsorpsi Langmuir dan persamaan isoterm Freundlich. Penentuan isoterm Langmuir dapat diperoleh dengan membuat hubungan antara C_e dengan Q_e/C_e sedangkan penentuan isoterm Freundlich dapat diperoleh hubungan antara $\log Q_e$ dan $\log C_e$. Kurva linier isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich pada adsorben paku air asam sitrat ditunjukkan pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Kurva adsorpsi isoteremis Langmuir



Gambar 9. Kurva Adsorpsi Isoteremis Freundlich

Berdasarkan persamaan data kurva hasil persamaan isoterm Langmuir dan juga persamaan Freundlich diperoleh hasil analisis regresi linier (R^2) mendekati angka 1. Dari gambar 8 dan 9 terlihat bahwa persamaan adsorpsi ion Mn (II) oleh paku air teresterifikasi asam sitrat memenuhi persamaan isoteremis Langmuir dengan nilai R^2 0,9982 dan juga persamaan isoteremis Freundlich dengan R^2 sebesar 0,9602. Hal ini menentukan bahwa persamaan isoteremis Langmuir dan Freundlich dapat diterapkan pada proses adsorpsi ion Mn (II) oleh paku air teresterifikasi asam sitrat dikarenakan adsorpsi ion Mn (II) menggunakan paku air teresterifikasi asam sitrat dapat berlangsung secara kemisorpsi dan secara fisorpsi. Menurut (Apriyanti, Candra, and Elvinawati 2018), model isoterm ditentukan dari hasil analisis regresi linier sederhana yaitu dengan melihat nilai koefisien

korelasinya (R^2). Jika R^2 mendekati nilai 1 maka dapat dikatakan bahwa terdapat pengaruh yang semakin besar dan keterkaitan antara variabel semakin kuat, serta nilai konstanta dari kedua persamaan tersebut terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Konstanta isoterm untuk adsorpsi Mn(II) menggunakan paku air

Isoterm	Konstanta	Nilai
Langmuir	qm	7,645
	K_L	4,317
Freundlich	n	8,045
	K_f	1,2797

Nilai koefisien adsorpsi K_f secara umum dapat digunakan sebagai indikator kapasitas adsorpsi dan nilai n merupakan intensitas adsorpsi. Secara umum, semakin tinggi nilai K_f maka semakin tinggi juga kapasitas adsorpsi. Sementara itu, nilai n memberikan indikasi yang mendukung adsorpsi, nilai $n > 1$ merupakan adsorpsi yang disukai (Fakhrudin, Nurdiana, and Wijayanti 2017). Nilai kapasitas maksimum isoterm Freundlich yang dihasilkan pada adsorpsi ion logam Mn (II) menggunakan biomassa paku air yakni 1,2797 mg/L. Model persamaan Freundlich mengasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan dan bersifat heterogen, yakni adanya perbedaan energi pengikat pada tiap-tiap sisi adsorpsi dimana proses adsorpsi mengikuti isotermis Langmuir. Oleh karena itu penentuan daya adsorpsi maksimum biomassa paku air pada proses penyerapan ion logam Mn (II) dihitung dengan menggunakan persamaan adsorpsi Langmuir karena dilakukan terhadap lapisan tunggal zat yang teradsorpsi dari ion logam Mn (II) pada setiap permukaan biomassa paku air dalam satuan mg ion logam Mn (II) yang teradsorpsi biomassa paku air.

Analisis regresi dari persamaan adsorpsi Langmuir dilakukan untuk menentukan kapasitas adsorpsi, konstanta kesetimbangan dan energi adsorpsi, dimana energi adsorpsi dapat ditentukan melalui persamaan Eads = - RT ln K. Persamaan kurva isotermis Langmuir pada gambar 8 maka diperoleh kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 7,645 mg/L dan nilai Konstanta kesetimbangan sebesar 4,3165 L/mol dan nilai energi adsorpsi ion mangan (II) sebesar 36,840 KJ/mol. Nilai kapasitas maksimum menggambarkan ikatan antara adsorben dan ion logam mangan (II) yang mampu membentuk lapisan monolayer dalam jumlah besar.

Penentuan nilai kapasitas adsorpsi maksimum, konstanta kesetimbangan dan energi adsorpsi ion mangan (II)

Data yang diperoleh dari konsentrasi mangan (II) setelah adsorpsi, maka jumlah mangan (II) yang teradsorpsi oleh biomassa paku air teresterifikasi asam sitrat dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{w} \times V \quad (1)$$

Adapun Q_e merupakan jumlah mangan (II) teradsorpsi (mg/g), C_0 adalah konsentrasi mangan (II) sebelum adsorpsi (ppm), C_e adalah konsentrasi mangan (II) setelah adsorpsi (ppm), V adalah volume larutan total mangan (II) (mL) dan W adapun berat adsorben (g)

Penentuan kapasitas adsorpsi maksimum, menggunakan persamaan pada kurva isoterm Langmuir dengan memasukkan data C_e (*vs* $\frac{C_e}{q_e}$). Persamaan isoterm Langmuir yang digunakan yaitu:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{XmK} = \frac{C_e}{Xm} \quad (2)$$

Slop isotern Langmuir yaitu $\frac{1}{Xm}$ dan intersepnya yaitu $\frac{1}{XmK}$ dari C_e *vs* C_e/q_e . Adapun C_e adalah Konsentrasi larutan sampel kesetimbangan (mol/L), q_e adalah Kapasitas adsorpsi (mol/g), K adalah Kostanta Langmuir (L/mol) dan Xm adalah kapasitas adsorpsi maksimum (mol/g)

Nilai kapasitas maksimum dapat diperoleh dari slop dan konstanta kesetimbangan diperoleh dari nilai intersep pada persamaan kurva linier isoterm Langmuir, sehingga kemudian nilai energi adsorpsi dapat ditentukan.

SIMPULAN

Kondisi optimum adsorpsi Mn (II) dalam larutan menggunakan adsorben paku air (*Lemna minor* linn) teresterifikasi asam sitrat yaitu pada pH 5, waktu kontak selama 10 menit dan konsentrasi maksimum mangan (II) yang dapat teradsorpsi sebesar 15 mg/L. Proses adsorpsi ion logam Mn(II) oleh biomassa paku air memenuhi persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Penentuan kapasitas adsorpsi terhadap Mn (II) yang paling sesuai yaitu menggunakan persamaan adsorpsi Langmuir dibandingkan dengan Freundlich. Kapasita adsorpsi maksimum biomassa paku air terhadap logam mangan (II) adalah 7,645 mg/L.

DAFTAR PUSTAKA

- Anis, Sofiyani and Gusrizal. 2006. "Deternation Of pH Effect And Capacity Of Heavy Metals Adsorption By Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes*) Biomass Pengaruh pH Dan Penentuan Kapasitas Adsorpsi Logam Berat." *Langmuir* 6(1): 56–60.
- Apriyanti, Hesti, I Nyoman, C., and Elvinawati. 2018. "Karakteristik Isoterm Adsorpsi Dari Ion Logam Besi (Fe) Pada Tanah Di Kota Bengkulu." *ALOTROP Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia* 2(1): 14–19.
- Azhari, Mayasari, Chairul, S., Bohari, Y., 2017. "Pemanfaatan Serbuk Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Teraktivasi Dengan Sistem Kantong Celup Sebagai Adsorben Penjerap Ion Logam Kadmium (Cd)." *Jurnal Atomik* 02(2): 197–203.
- Budiajanto, Slamet, Hasbullah, R., Setyadjid, P., Sulusi. 2007. "Pengembangan Dan Pemanfaatan Asap Cair Tempurung Kelapa Untuk Pengawetan Produk Buah-Buahan." *Ringkasan Eksekutif Hasil-hasil Penelitian*: 3.
- Darmayanti, Lita, Suprihatno N., and Enri, D., 2018. "Penyisihan Logam Cu (II) Dari Larutan Dengan Fly Ash Batu Bara." *Jurnal Neo Teknika* 4(1): 30–38.
- Dwi, Latifah, Kartika, N., Danar, P., and Mohammad. M. K., 2014. "Modifikasi Gugus Aktif Permukaan Biomassa." 2(2): 527–33.
- Fakhrudin, Juli, N., and Dyah, W. W., 2017. "Analisis Penurunan Kadar Cr (Chromium), Fe (Besi) Dan Mn (Mangan) Pada Limbah Cair Laboratorium Teknologi

- Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Mulawarman Samarinda Dengan Menggunakan Metode Elektrolisis.” *Prosiding Seminar Nasional Teknologi IV* (November): 10–15.
- Isnaini, Yulia, Nur., et al. “Adsorpsi Kadmium (II) Menggunakan Biomassa Azolla Microphylla Diesterifikasi Dengan Asam Sitrat: Kajian Pengaruh Konsentrasi Asam Sitrat dan Temperatur Esterifikasi Pendahuluan Logam Kadmium (Cd) Merupakan Salah Satu Logam Berat Yang Dalam Kadar Tert.” 1(1): 697–703.
- Khoramabadi, Gh Shams, A. Jafari, and Hasanvand, J., 2008. “Biosorption of Mercury (II) from Aqueous Solutions by Zygnema Fanicum Algae.” *Journal of Applied Sciences* 8(11): 2168–72.
- Mao, Juan., et al. 2009. “Surface Modification of the Corynebacterium Glutamicum Biomass to Increase Carboxyl Binding Site for Basic Dye Molecules.” *Biochemical Engineering Journal* 46(1): 1–6.
- Miningsih, Nanik, A., et al. 2016. “Adsorpsi Timbal (Pb) Dalam Larutan Menggunakan Adsorben Radix Alang-alang (Imperata Cylindrica) Termodifikasi Asam Sitrat.” *Prosiding SNST 7*: 23–27.
- Purwonugroho, Danar, Ria, S., Sinaga., Darjito. 2015. “Adsorpsi Seng(Ii) Oleh Biomassa Azolla Microphylla Diesterifikasi Dengan Asam Sitrat: Kajian Desorpsi Menggunakan Larutan HCl.” *Kimia Student Journal Universitas Brawijaya* 1(1): 629–35.
- S.,Tangio, Julhim. 2012. “Laporan Penelitian Dosen Pemula Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (Eichhornia Crassipes).” *Laporan Penelitian*: 1–25.
- Tiemann, K. J., et al. 1998. “Investigation of Metal Binding in Alfalfa Biomass through Chemical Modification of Amino and Sulfhydryl Ligands.” *Proceedings of the 1998 Conference on Hazardous Waste Research* (915): 111–21.
- Wardatul, R., Diana, V. W., Zulhadjri, S. A. 2015. “Adsorpsi Pb (II) Menggunakan Biomassa Genjer (Limnocharis Flava).” *Prosiding Semitara* (2): 710–18.