

ADSORPSI MULTILOGAM UNTUK PENURUNAN KADAR Cu, Fe, Ni DAN Zn MENGGUNAKAN ARANG AKTIF DAUN PANDAN LAUT

SIMULTANEOUS ADSORPTION FOR REDUCTION OF Cu, Fe, Ni AND Zn LEVELS USING PANDANUS TECTORIUS LEAF ACTIVATED CHARCOAL

Annisa Fillaeli^{1,*}, Endang Dwi Siswani¹, Susila Kristianingrum¹, Sulistiyani¹, Ajeng Delapril Pratiwi¹

¹Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

*email korespondensi: annisa_fillaeli@uny.ac.id

ABSTRAK

Adsorpsi multilogam menggunakan arang aktif dari daun pandan laut teraktivasi NaOH 1% telah dilakukan terhadap ion Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} dan Zn^{2+} , dengan mengkondisikan variasi waktu kontak dan konsentrasi ion multilogam. Konsentrasi ion multilogam sebelum dan sesudah adsorpsi diukur dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu kontak optimum untuk adsorpsi ion multilogam Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} dan Zn^{2+} sebesar 60 menit dan konsentrasi optimum untuk adsorpsi ion multilogam Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} dan Zn^{2+} berturut-turut sebesar 100, 250, 75 dan 75 ppm dengan efisiensi adsorpsi sebesar 99,606 %, 98,871 %, 56,994 % dan 97,004 %. Kapasitas adsorpsi tertinggi karbon aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1% terhadap ion-ion logam Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} dan Zn^{2+} berturut-turut terjadi pada konsentrasi 250, 250, 125 dan 250 ppm dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2,9358 mg/g, 3,7877 mg/g, 0,8299 mg/g dan 2,3397 mg/g.

Kata kunci: adsorben, daun pandan laut, ion multilogam, efisiensi adsorpsi

Abstract

The simultaneous adsorption using activated charcoal of pandanus tectorius leaves activated 1% NaOH against multi metal ions of Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} and Zn^{2+} , which are done by conditioning the variation of contact time and multi metal ion concentration. The multi metal ion concentration before and after adsorptions were measured by Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The results showed that the optimum contact time for adsorption of multi metal ions Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} and Zn^{2+} is 60 minutes and the optimum concentration for adsorption of multi metal ions Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} and Zn^{2+} are 100, 250, 75 and 75 ppm with adsorption efficiency of each metals: 99.606%, 98.871%, 56.994%, and 97.004% respectively. The highest adsorption capacity of activated charcoal from pandanus tectorius leaves activated 1% NaOH against Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} and Zn^{2+} metal ions respectively at concentrations of 250, 250, 125 and 250 ppm with an adsorption capacity of 2.9358 mg g, 3.7877 mg/g, 0.8299 mg/g and 2.3397 mg/g.

Keywords: adsorbent, sea pandan leaves, multi metal ions, adsorption efficiency.

Pendahuluan

Salah satu masalah di dunia yaitu masalah kontaminasi logam berat di lingkungan. Beberapa contoh logam berat tersebut adalah besi (Fe), merkuri (Hg), tembaga (Cu), arsen (As), kalium (Ca), zink (Zn), nikel (Ni) dan aluminium (Al). Jika logam berat terakumulasi masuk ke dalam tubuh manusia dapat menyebabkan timbulnya kerusakan jaringan, terutama pada hati dan ginjal [1]. Jadi, diperlukan upaya menurunkan konsentrasi logam berat pada lingkungan yang tercemar untuk mencegah timbulnya masalah baru. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengurangi konsentrasi kadar ion logam berat salah satunya yaitu metode adsorpsi. Metode adsorpsi sering digunakan karena aman, tidak membahayakan kesehatan, tidak memerlukan peralatan yang rumit dan mahal, mudah pengerjaannya dan adsorben dapat didaur ulang [2].

Beberapa adsorben arang aktif terbukti mampu mengadsorpsi ion logam berat, salah satunya arang aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1%. Pada penelitian menggunakan arang aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1% efisien menurunkan kadar ion mono logam (Pb, Cu, Cd, Zn dan Fe) hingga 97% [3]. Penelitian ini difokuskan pada karbon aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1% untuk dijadikan adsorben yang bertujuan mengetahui efisiensi adsorpsinya pada larutan multilogam. Kandungan ion logam berat dalam limbah cair simulasi pada sebelum dan sesudah adsorpsi dianalisis menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA), khususnya ion logam Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} dan Zn^{2+} . Parameternya adalah kemampuan menyerap limbah simulasi ion logam Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} dan Zn^{2+} dengan memvariasikan konsentrasi dan waktu kontak adsorpsi. Diharapkan adsorben daun pandan laut dapat digunakan sebagai adsorben efisien mengadsorpsi logam.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari-Maret 2019 di Laboratorium Penelitian FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta. Alat yang digunakan meliputi Spektroskopi Serapan Atom (AAS), labu takar, gelas beaker, erlenmeyer, kaca arloji, pipet tetes, pipet volume, pengaduk kaca, timbangan analitik, mechanical stirer, botol semprot, kertas saring dan spatula. Bahan yang digunakan meliputi karbon aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1%, akuades, Fe(NO₃)₃.9H₂O, Cu(NO₃)₂.3H₂O, Ni(NO₃)₂.6H₂O, Zn(NO₃)₂.4H₂O.

Prosedur Kerja

Pembuatan Larutan Sampel Multilogam

Penelitian ini diawali dengan pembuatan larutan induk Fe, Cu, Ni, dan Zn 1000 ppm, kemudian pembuatan larutan standar setiap logam. Setiap larutan induk Cu, Fe, Ni, dan Zn 1000 mg/L digunakan untuk membuat variasi konsentrasi sebesar 75, 100, 125, 150, 200, dan 250 mg/L dengan menggunakan rumus:

$$M \text{ Campuran} = \frac{V1.M1 + V2.M2 + V3.M3 + V4.M4}{V1 + V2 + V3 + V4} \quad (1)$$

Penentuan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Larutan Multilogam dengan Absorben Karbon Aktif Daun Pandan Laut

Timbang sebanyak 0,5 gr adsorben karbon aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1%, masukkan larutan multilogam dengan konsentrasi 100 ppm sebanyak 25 mL ke dalam beaker glass, larutan diaduk menggunakan mechanical stirer selama 15 menit dengan kecepatan pengadukan sebesar 62 rpm, larutan disaring dengan kertas saring untuk dipisahkan dengan filtratnya, filtrat diukur menggunakan spektroskopi serapan atom (SSA), pengulangan kembali untuk variasi waktu kontak 60, 120, dan 240 menit.

Penentuan Konsentrasi Optimum Adsorpsi Larutan Multilogam dengan Absorben Karbon Aktif Daun Pandan Laut

Timbang sebanyak 0,5 gr adsorben karbon aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1%, masukkan larutan multilogam dengan konsentrasi 75 ppm sebanyak 25 mL ke dalam beaker glass, larutan diaduk menggunakan mechanical stirer selama 60 menit dengan kecepatan pengadukan

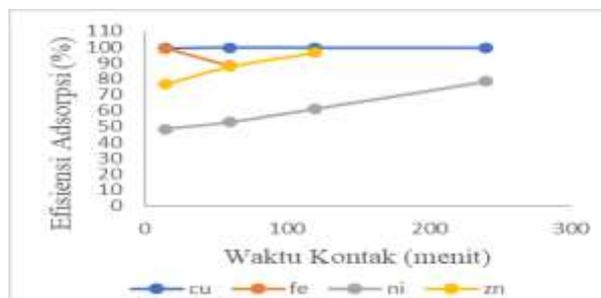
sebesar 62 rpm, larutan disaring dengan kertas saring untuk dipisahkan dengan filtratnya, filtrat diukur menggunakan spektroskopi serapan atom (SSA), pengulangan kembali untuk variasi konsentrasi 100, 125, 150, 200, dan 250 menit.

Hasil

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan efisiensi adsorpsi dengan menggunakan arang aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1%, menentukan waktu kontak, dan konsentrasi yang paling optimum terhadap efisiensi adsorpsi larutan limbah simulasi ion multilogam.

Adsorpsi Arang Aktif terhadap Larutan Limbah Simulasi Multilogam untuk Variasi Waktu Kontak Adsorpsi

Adsorpsi variasi waktu kontak digunakan untuk mengetahui waktu kontak optimum adsorpsi larutan multilogam yang digunakan untuk mencari konsentrasi optimum larutan multilogam. Diperoleh konsentrasi akhir larutan multilogam. Konsentrasi digunakan untuk menghitung efisiensi adsorpsi pada variasi waktu kontak dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 dapat disajikan grafik berikut.



Gambar 1. Grafik hubungan efisiensi adsorpsi dengan waktu kontak

Tabel 1. Data efisiensi adsorpsi larutan limbah simulasi multilogam pada variasi waktu kontak

Logam	Waktu Kontak (menit)	Konsentrasi (ppm)		Efisiensi Penyerapan (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
		Awal	Akhir		
Cu	15	28,131	0,162	99,423	1,3985
	60	28,131	0,111	99,606	1,4010
	120	28,131	0,118	99,580	1,4007
	240	28,131	0,123	99,560	1,3504
Fe	15	182,108	1,998	98,900	9,0055
	60	20,972	2,423	88,227	0,9275
	120	-	-	-	-
Ni	15	31,120	16,088	48,305	0,7516
	60	31,120	14,737	52,644	0,8192
	120	31,120	12,115	61,069	0,9503
	240	31,120	6,755	78,292	1,2183
Zn	15	28,884	6,872	76,708	1,1006
	60	28,884	3,537	87,755	1,2674
	120	28,884	1,029	96,438	1,3928
	240	-	-	-	-

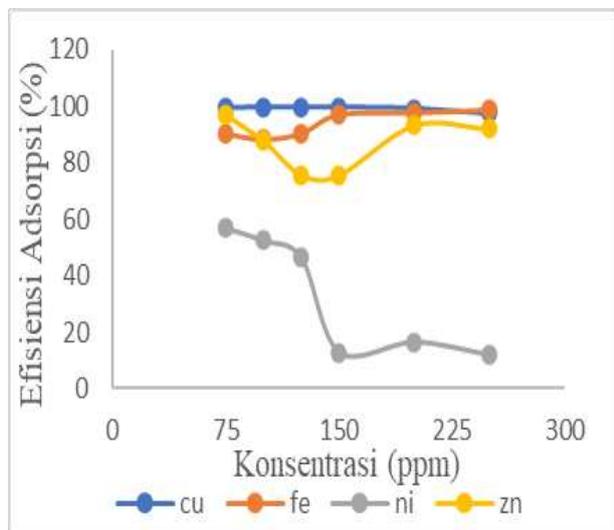
Adsorpsi Arang Aktif terhadap Larutan Limbah Simulasi Multilogam untuk Variasi Konsentrasi Larutan Ion Multilogam dan Waktu Kontak Optimum

Dari hasil analisis diperoleh konsentrasi akhir pada larutan multilogam. Konsentrasi digunakan untuk menghitung efisiensi adsorpsi pada variasi konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data efisiensi adsorpsi larutan limbah simulasi multilogam pada variasi konsentrasi dan waktu kontak optimum

Logam	Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi (ppm)		Efisiensi Penyerapan (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
		Awal	Akhir		
Cu	75	17,138	0,101	99,411	0,8519
	100	28,131	0,111	99,606	1,4010
	125	27,174	0,135	99,502	1,3520
	150	32,648	0,138	99,578	1,6255
	200	48,112	0,400	99,168	2,3856
Fe	75	60,237	1,522	97,473	2,9358
	100	13,184	1,290	90,215	0,5947
	125	20,972	2,423	88,227	0,9275
	150	21,680	2,069	90,458	0,9806
	200	41,122	1,148	97,207	1,9987
Ni	200	66,707	1,432	97,853	3,2638
	250	76,619	0,865	98,871	3,7877
	75	23,492	10,103	56,994	0,6695
	100	31,120	14,737	52,644	0,8192
	125	35,790	19,192	46,377	0,8299
Zn	150	39,341	34,343	12,704	0,2499
	200	58,742	49,140	16,346	0,4801
	250	67,554	59,597	11,779	0,3979
	75	18,561	0,556	97,004	0,9003
	100	28,884	3,537	87,754	1,2674
Zn	125	24,529	5,954	75,728	0,9288
	150	27,889	0,937	96,641	1,3476
	200	42,515	2,801	93,412	1,9857
	250	50,827	4,034	92,063	2,3397

Berdasarkan Tabel 2 dapat disajikan grafik hubungan antara waktu kontak dengan efisiensi adsorpsi yaitu sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik hubungan efisiensi adsorpsi dengan waktu kontak

Pembahasan

Adsorpsi Arang Aktif terhadap Larutan Limbah Simulasi Multilogam untuk Variasi Waktu Kontak Adsorpsi

Berdasarkan hasil analisis diperoleh kurva hubungan antara waktu kontak dengan efisiensi adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil grafik menunjukkan untuk ion Fe³⁺ hanya menunjukkan 2 titik, dikarenakan hasil analisis AAS konsentrasi berada dibawah limit batas deteksi dimungkinkan karena ion Fe³⁺ sudah mengendap pada pH diatas 3. pH larutan sebelum adsorpsi sudah dijaga pada pH 2, namun setelah diadsorpsi pH naik hingga mencapai pH 6,2, sehingga ion Fe³⁺ sudah mengendap bersama adsorben yang sudah tersaring sehingga tidak terukur dengan AAS. Pada data absorbansi hasil analisis dengan SSA ion logam Fe memiliki harga absorbansi negatif, ini dikarenakan konsentrasi t dibawah limit deteksi. Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi dapat dilihat semakin lama waktu kontak maka makin tinggi ion logam berat yang terserap. Pada jumlah ion Cu²⁺, Fe³⁺, Ni²⁺ dan Zn²⁺ yang teradsorpsi oleh adsorben semakin meningkat sebanding dengan waktu.

Waktu kontak optimum pada ion logam Cu²⁺ dan Fe³⁺ diperoleh pada waktu kontak optimum sebesar 60 menit dengan efisiensi adsorpsi sebesar 99,58% dan 99,64%. Untuk ion logam Ni²⁺ diperoleh efisiensi adsorpsi terbesar pada waktu kontak sebesar 240 menit sebesar 78,292 %, pada waktu kontak 240 menit grafik hubungan antara waktu kontak dengan efisiensi masih dapat mengalami kenaikan sehingga dapat dikatakan bahwa waktu kontak 240 menit belum mencapai kondisi optimum yang sebenarnya. Sedangkan untuk ion logam Zn²⁺ diperoleh waktu kontak optimum sebesar 120 menit dengan efisiensi adsorpsi sebesar 96,438 %.

Pada ion logam Cu²⁺ dan Fe³⁺ yang teradsorpsi cenderung tidak menunjukkan peningkatan signifikan ketika melewati waktu kontak lebih dari 60 menit, dan pada ion logam Zn²⁺ tidak menunjukkan peningkatan signifikan ketika melewati waktu kontak 120 menit, yang disebabkan permukaan sel aktif adsorben semakin sedikit karena sebagian besar telah mengikat ion logam tersebut. Adsorpsi ion logam dapat kembali menurun dengan bertambahnya waktu setelah mencapai titik maksimum. Hal ini menunjukkan terjadinya peristiwa desorpsi yaitu terlepasnya kembali ion logam yang terikat pada adsorben [4]. Pada ion logam Zn²⁺ waktu kontak 60 menit menunjukkan efisiensi adsorpsi sebesar 87,755 %.

Dapat dikatakan bahwa efisiensi adsorpsi sebesar 87,755% arang aktif juga sangat signifikan menyerap ion logam Zn^{2+} karena mampu menghilangkan lebih dari 80% kandungan Zn dalam larutan simulasi limbah multilogam [5].

Kondisi pH larutan multilogam pada kondisi awal sebelum adsorpsi sebesar 2,6 dan pada kondisi sesudah adsorpsi sebesar 6,2. pH larutan sangat mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi [6]. Pada kenaikan pH larutan mengindikasikan jumlah dan aktifitas ion OH semakin bertambah. Pada ion logam Fe^{3+} kenaikan pH sangat berpengaruh pada konsentrasi larutannya karena interaksi ion besi dan hidroksida semakin tinggi sehingga larutan Fe^{3+} menyebabkan larutan akan mengendap. Pembentukan endapan besi dengan kenaikan nilai pH dapat terjadi pada pH mulai dari 3 [7].

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh pada waktu kontak optimum 60 menit adsorben arang aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1% dapat mengadsorpsi ion logam Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} dan Zn^{2+} dalam limbah simulasi multilogam secara optimum. Waktu kontak 60 menit digunakan sebagai acuan untuk mencari konsentrasi optimum adsorpsi ion logam Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} dan Zn^{2+} dalam air limbah simulasi multilogam.

Adsorpsi Arang Aktif terhadap Larutan Limbah Simulasi Multilogam untuk Variasi Konsentrasi Larutan dan Waktu Kontak Optimum

Kondisi optimum penyerapan pada logam Cu^{2+} dicapai pada konsentrasi 100 ppm dengan efisiensi adsorpsi sebesar 99,606 %, untuk logam Fe^{3+} terjadi penyerapan optimum pada konsentrasi 250 ppm dengan efisiensi adsorpsi sebesar 98,871% dan dilakukan pengulangan pada Fe dengan konsentrasi 1000 ppm diperoleh hasil efisiensi adsorpsi sebesar 99,64%, untuk logam Ni^{2+} dan Zn^{2+} konsentrasi optimum terjadi pada konsentrasi 75 ppm yang setiap menghasilkan efisiensi adsorpsi sebesar 56,994% dan 97,004%. Pada logam Cu^{2+} , Ni^{2+} dan Zn^{2+} konsentrasi larutan dapat diserap arang aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1% pada konsentrasi rendah.

Dengan meningkatnya konsentrasi ion logam, maka efisiensi adsorpsi semakin berkurang. Hal ini disebabkan pada konsentrasi yang lebih tinggi, jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah partikel arang aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1% yang tersedia sehingga permukaan arang akan mencapai titik jenuh dan kemungkinan akan terjadi proses desorpsi atau

pelepasan kembali antara adsorben dan adsorbat. Sedangkan pada ion logam Ni^{2+} arang aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1% kurang maksimal melakukan penyerapan, sehingga efisiensi adsorpsi kurang signifikan karena tidak mampu menghilangkan lebih dari 80% kandungan ion logam Ni^{2+} dalam limbah simulasi multilogam [8].

Dapat disimpulkan adsorpsi ion multilogam dengan arang aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1% optimum melakukan penyerapan pada waktu kontak 60 menit. Konsentrasi optimum pada ion logam Cu^{2+} dicapai pada konsentrasi 100 ppm dengan efisiensi adsorpsi sebesar 99,606%, untuk logam Fe^{3+} terjadi penyerapan optimum pada konsentrasi 250 ppm dengan efisiensi penyerapan sebesar 98,871%, dan untuk logam Ni^{2+} dan Zn^{2+} konsentrasi optimum terjadi pada konsentrasi optimum 75 ppm dengan efisiensi penyerapan setiap sebesar 56,994% dan 97,004%. Data kapasitas adsorpsi pada konsentrasi yang sama untuk semua logam menunjukkan angka pada rentang 0,7-1,4 mg/g, konsentrasi dinaikkan secara signifikan pada ion logam Fe^{3+} hingga 1000 ppm maka kapasitas adsorpsi mencapai 9 mg/g. Kapasitas tertinggi pada ion logam Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} dan Zn^{2+} berturut-turut terjadi pada konsentrasi 250, 250, 125 dan 250 ppm dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2,9358 mg/g, 3,7877 mg/g, 0,8299 mg/g dan 2,3397 mg/g dengan hasil tersebut masih ada kemungkinan kapasitas adsorpsi masih meningkat karena batas terbesar pengukuran pada penelitian hanya sampai 250 ppm.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan dengan mensintesis daun pandan laut teraktivasi NaOH 1% yang dianalisis menggunakan SAA (*Surface Area Analyzer*) untuk mengetahui karakter permukaan arang aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1% [9]. Hasil menunjukkan jari-jari pori arang aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1% sebesar 26,2 Å ($26,2 \times 10^{-10}$ m). Berdasarkan literatur ukuran jari-jari ion logam Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} dan Zn^{2+} berturut-turut sebesar 0,96 Å ($0,96 \times 10^{-10}$ m) [10]; 0,69 Å ($0,69 \times 10^{-10}$ m); 0,70 Å ($0,70 \times 10^{-10}$ m) dan 0,78 Å ($0,78 \times 10^{-10}$ m) [11]. Dari data tersebut, volume jari-jari arang aktif lebih besar dari pada jari-jari ion logam. Sehingga dari data tersebut menimbulkan terjadinya kompetisi antara ion logam Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} dan Zn^{2+} .

Berdasarkan besarnya jari-jari ionnya maka $Cu^{2+} > Zn^{2+} > Ni^{2+} > Fe^{3+}$. Pada adsorpsi secara simultan, proses retensi masing-masing dari ion-ion logam terhadap adsorben arang aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1% tergantung dari jari-jari ion logam karena adanya kompetisi antar ion logam [12]. Dalam bentuk terhidrat, interaksi elektrostatik

antara ion logam dengan H₂O menyebabkan jari-jari hidrasi menjadi kecil [13], sehingga secara teoritis urutan kemampuan adsorpsi berturut-turut yaitu Fe³⁺>Ni²⁺>Zn²⁺>Cu²⁺. Pada ion logam Fe³⁺ ukuran ionnya lebih kecil daripada ion logam lainnya sehingga mobilitas dalam air lebih cepat, maka memiliki kemampuan adsorpsi lebih besar.

Urutan kemampuan adsorpsi pada penelitian ini berturut-turut yaitu Cu²⁺>Zn²⁺>Fe³⁺>Ni²⁺. Urutan konsentrasi optimum pada ion logam Cu²⁺, Fe³⁺ dan Zn²⁺ yaitu pada konsentrasi 100 ppm, 250 ppm dan 75 ppm dengan efisiensi adsorpsi sebesar 99,606 %; 98,871 %; dan 97,004 % dapat dikatakan bahwa ion logam tersebut memiliki karakter ion yang mirip karena efisiensi adsorpsi tidak jauh berbeda dan signifikan pada 90%. Hasil analisis dengan menggunakan SAA (*Surface Area Analyzer*) menunjukkan karakteristik arang aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1% memiliki ukuran luas permukaan adsorben yang cukup besar yaitu sebesar 19,667 m²/g, sehingga penggunaan adsorben dalam adsorpsi multilogam mampu mereduksi ion logam dan memberikan efisiensi adsorpsi yang tinggi hingga 90%. Secara teoritis urutan kemampuan adsorpsi pada ion logam Cu²⁺ dan Zn²⁺ lebih kecil dari pada ion logam Ni²⁺, pada penelitian ini ion logam Ni²⁺ terjadi deviasi terbesar sehingga memiliki efisiensi adsorpsi yang lebih rendah dari pada efisiensi adsorpsi ion logam Cu²⁺ dan Zn²⁺, sehingga perlu dikaji lebih dalam mengenai pengaruh ukuran jari-jari ion logam terhadap efisiensi adsorpsi dengan adsorben arang aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1%.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan Waktu kontak optimum terhadap efisiensi adsorpsi oleh arang aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1% terhadap ion logam Cu²⁺, Fe³⁺, Ni²⁺ dan Zn²⁺ adalah 60 menit. Konsentrasi optimum penyerapan ion logam Cu²⁺ terjadi pada konsentrasi 100 ppm, Fe³⁺ pada konsentrasi 250 ppm, dan Ni²⁺, Zn²⁺ pada konsentrasi 75 ppm. Efisiensi adsorpsi terbesar karbon aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1% terhadap ion-ion logam Cu²⁺, Fe³⁺, Ni²⁺ dan Zn²⁺ berturut-turut sebesar 99,606 %; 98,871 %; 99,64 %, 56,994 %, dan 97,004%. Kapasitas adsorpsi tertinggi karbon aktif daun pandan laut teraktivasi NaOH 1% terhadap ion-ion logam Cu²⁺, Fe³⁺, Ni²⁺ dan Zn²⁺ berturut-turut terjadi pada konsentrasi 250, 250, 125 dan 250 ppm dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2,9358 mg/g, 3,7877 mg/g, 0,8299 mg/g dan 2,3397 mg/g.

Pustaka

- [1] Darmono. (1995). *Logam dalam sistem biologi makhluk hidup*. UI Press.
- [2] Erdawati. (2008). Kapasitas adsorpsi kitosan dan nanomagnetik kitosan terhadap ion Ni (II), *Prosiding, Seminar Nasional Sains dan Teknologi Universitas Lampung*, Lampung.
- [3] Fitri, D., P. (2018). Identifikasi karbon aktif hasil sintesis dari daun pandan laut teraktivasi NaOH untuk adsorpsi ion-ion logam berat (Pb, Fe, Cd, Cu, Zn). *Skripsi*. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY.
- [4] Arifin, Z., Irawan, D., Rahim, M., & Ramantiya, F. (2012). Adsorpsi zat warna direct black 38 menggunakan kitosan berbasis limbah udang delta Mahakam. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 6(1), 35-45.
- [5] Nunik, P., & Okayadnya, D. G. (2013). Penyisihan logam besi (Fe) pada air sumur dengan karbon aktif dari tempurung kemiri. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(2), 33-41.
- [6] Putranta, H., Permatasari, A. K., Sukma, T. A., & Dwandaru, W. S. B. (2019). The effect of pH, electrical conductivity, and nitrogen (N) in the soil at Yogyakarta special region on tomato plant growth. *TEM Journal*, 8(3), 860-867.
- [7] Reddy, L., Preston, S. P., Shipway, P. H., Davis, C., & Hussain, T. (2018). Process parameter optimisation of laser clad iron based alloy: Predictive models of deposition efficiency, porosity and dilution. *Surface and Coatings Technology*, 349(1), 198-207.
- [8] Costa, C. S. D., Bertagnoli, C., Boos, A., da Silva, M. G. C., & Vieira, M. G. A. (2020). Application of a dealginated seaweed derivative for the simultaneous metal ions removal from real and synthetic effluents. *Journal of Water Process Engineering*, 37(2), 101-109.
- [9] Kristianingrum, S., Fillaeli, A., & Siswani, E. D. (2019). Adsorption pattern on the optimization of interaction time for the reduction of phenol with charcoal activated ZnCl₂. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1397, No. 1, p. 012023). IOP Publishing.
- [10] Kundari, N. A., & Wiyuniati, S. (2008). Tinjauan kesetimbangan adsorpsi tembaga dalam limbah pencuci PCB dengan zeolit. In *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*.

- Yogyakarta (pp. 25-26).
- [11] Saidah, I. N., & Zainuri, M. (2012). Pengaruh variasi pH pelarut HCl pada sintesis barium M-Heksaferrit dengan doping Zn ($BaFe_{11}O_{19}$, $4ZnO$, $6O_{19}$) menggunakan metode kopresipitasi. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1), 41-46.
- [12] Indriyanti, N. Y., Manuhutu, J. B., & Shunitz, T. (2013). Sorption of Au (III) and Ag (I) on Amino-and Mercapto-silica hybrid columns. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 17(2), 244-254.
- [13] Liu, L., Li, C., Bao, C., Jia, Q., Xiao, P., Liu, X., & Zhang, Q. (2012). Preparation and characterization of chitosan/graphene oxide composites for the adsorption of Au (III) and Pd (II). *Talanta*, 93(1), 350-357.