

PEMANFAATAN ARANG AKTIF DARI LIMBAH TANAMAN GUMITIR (*Tagetes erecta*) TERAKTIVASI ASAM FOSFAT SEBAGAI ADSORBEN ION Pb^{2+} DAN Cu^{2+} DALAM LARUTAN

Emmy Sahara^{1*}, Ni Putu Widyana Kartini¹ dan James Sibarani^{1,2}

¹Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali-Indonesia

²Magister Kimia Terapan, Pascasarjana Universitas Udayana, Bali-Indonesia

*emmy_sahara@unud.ac.id

ABSTRAK : Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi dari arang batang tanaman gumitir (*Tagetes erecta*) yang diaktivasi asam fosfat (H_3PO_4) 15% terhadap ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} . Arang yang belum dan sudah diaktivasi dikarakterisasi luas permukaan spesifiknya dengan metode adsorpsi terhadap metilen biru dan keasaman permukaannya dengan titrasi asam-basa. Optimasi kondisi penyerapan dilakukan dengan menentukan waktu setimbang, isotherm adsorpsi dan pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi pada kedua logam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arang teraktivasi memiliki karakteristik yang lebih baik dari pada arang tanpa aktivasi. Arang teraktivasi memiliki luas permukaan dan jumlah situs aktif berturut-turut sebesar $36,4505 \text{ m}^2/\text{g}$ dan $37,1292 \times 10^{20}$ molekul/gram sedangkan arang tanpa aktivasi memiliki luas dan jumlah situs aktif berturut-turut sebesar $28,2206 \text{ m}^2/\text{g}$ dan $29,9920 \times 10^{20}$ molekul/gram. Waktu kontak terbaik untuk proses adsorpsi Pb^{2+} dan Cu^{2+} adalah 60 menit dengan nilai isotherm adsorpsi sebesar 150 mg/L. Kapasitas adsorpsi Pb^{2+} sebesar 5,0592 mg/g terjadi pada pH 3 sedangkan kapasitas adsorpsi Cu^{2+} sebesar 5,7867 mg/g terjadi pada pH 4. Proses adsorpsi arang batang gumitir teraktivasi H_3PO_4 dalam penelitian ini tergolong kemisorpsi dengan pola isotherm adsorpsi tipe Langmuir dengan nilai koefisien determinasi Pb^{2+} sebesar 0,9935 dan Cu^{2+} sebesar 0,9944.

Kata kunci: adsorben, arang aktif, batang gumitir, logam Pb^{2+} dan Cu^{2+}

ABSTRACT : The aim of this study is to find out the adsorption capacity of the phosphoric acid (H_3PO_4)-activated marigold (*Tagetes erecta*) stem carbon in reducing Pb^{2+} and Cu^{2+} from their solutions. The activated carbon was characterized by determining its specific surface area using methylene blue adsorption method and the surface acidity by acid-base titration technique. Optimization of the absorption conditions was carried out by determining the equilibrium time, isotherm adsorption and the effect of pH on adsorption capacity on both metal ions. The results showed that activated carbon has better characteristics than carbon without activation. The activated carbon have a surface area and active sites of $36,4505 \text{ m}^2/\text{g}$ and $37,1292 \times 10^{20}$ molecules/gram, respectively, while for carbon without activation of $28,2206 \text{ m}^2/\text{g}$ and $29,9920 \times 10^{20}$ molecules/gram, respectively. The equilibrium time adsorption of Pb^{2+} and Cu^{2+} was 60 min and the adsorption isotherm value was of 150 mg/L. The adsorption capacity of Pb^{2+} at pH 3 was 5.0592 mg/g while the adsorption capacity of Cu^{2+} was 5.7867 mg/g at pH 4. The adsorption process of the H_3PO_4 -activated carbon in this study was classified as chemisorption with adsorption pattern of Langmuir with determination coefficient for Pb^{2+} and Cu^{2+} are of 0.9935 and 0.9944, respectively.

Keywords: adsorbent, activated carbon, marigold stem bark, Pb^{2+} and Cu^{2+}

1. PENDAHULUAN

Tanaman gumitir (*Tagetes erecta*) merupakan salah satu tanaman budidaya yang pemanfaatannya masih sangat

terbatas yakni sebagai salah satu sarana persembahyangan bagi umat Hindu khususnya di Bali [1] dan sebagai hiasan. Pada proses pembudidayaan, setelah masa panen tanaman ini menyisakan limbah

pertanian berupa batang yang keberadaannya dapat mencemari dan merusak nilai estetika lingkungan. Batang tanaman gumitir merupakan suatu biomassa yang dapat diubah menjadi materi dengan nilai ekonomis tinggi apabila ditangani dengan tepat yaitu dijadikan adsorben dalam bentuk arang aktif. Batang tanaman gumitir ini berpotensi sebagai bahan dasar pembuatan arang aktif karena mengandung karbohidrat (selulosa, hemiselulosa dan lignin) yang merupakan biopolimer efektif dalam pemisahan ion logam berat [2].

Logam berat itu sendiri merupakan komponen alamiah lingkungan yang mendapatkan perhatian ekstra akibat bahaya yang ditimbulkan jika terpapar pada makhluk hidup dan lingkungan [3]. Logam berat yang mencemari lingkungan berasal dari banyak sumber seperti kegiatan industri, pertanian, limbah rumah sakit, perhotelan dan sebagainya [4]. Komponen logam berat sulit terurai (*non degradable*) akan tetapi mudah teradsorpsi oleh organisme diantaranya adalah Hg, Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Cu dan Zn [4].

Untuk meningkatkan kemampuan dalam penyerapan ion logam maka arang harus diaktivasi. Aktivasi pada arang dapat dilakukan secara kimia maupun fisika. Aktivasi secara kimia dapat dilakukan dengan penambahan asam, basa, garam, diantaranya $ZnCl_2$, H_3PO_4 dan KOH [5] sedangkan secara fisika dapat dilakukan dengan pemanasan pada suhu tinggi tanpa oksigen. Proses aktivasi bertujuan untuk memperluas permukaan arang dengan menghilangkan hidrokarbon dan senyawa pengotor dipermukaan pori sehingga setelah proses aktivasi porositas dan situs aktif arang dapat meningkat [6].

Arang aktif yang dihasilkan dari limbah batang gumitir (*Tagetes erecta*) yang diaktivasi dengan asam fosfat (H_3PO_4) sekaligus saat pirolisis menghasilkan arang aktif dengan struktur pori yang lebih baik [7]. Penelitian terdahulu [8] menyebutkan bahwa pirolisis batang tanaman gumitir pada suhu $300^\circ C$

selama 90 menit dengan aktivator asam fosfat 15% menghasilkan arang dengan karakteristik yang memenuhi standar SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis [9].

Penelitian ini mempelajari tentang bagaimana kondisi optimum adsorben arang batang gumitir teraktivasi asam fosfat terhadap kapasitas adsorpsinya pada ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} dalam larutan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu batang tanaman gumitir (*Tagetes erecta*) yang diperoleh dari Perkebunan Bali Gumitir di daerah Mayungan (Baturiti-Tabanan), akuades, asam fosfat 85,30% (Merck), metilen biru, $NaOH$ 0,1 M (Merck), HNO_3 69,02% (Merck), HCl 0,1 M (Merck), indikator phrnlphtalein, larutan Pb^{2+} dari padatan $Pb(NO_3)_2 \cdot 8H_2O$ (Merck) dan Cu^{2+} dari padatan $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (Merck), kertas saring whatman no.12.

Peralatan yang digunakan yaitu cawan porselin, kaca arloji, gelas beker, *hot plate*, gelas ukur, pipet volume, pipet mikro, pengaduk magnet, bola hisap, buret, labu Erlenmeyer, timbangan analitik, kertas saring, corong, batang pengaduk, ayakan antara 200-100 *mesh*, mortar, botol semprot, oven, tanur, desikator dan peralatan instrumen berupa spektrofotometer UV-VIS *double beam* Shimatzu type UV 1800 dan spektrofotometr serapan atom (SSA) Shimatzu.

2.2 Cara Kerja

Karbonisasi batang gumitir

Arang aktif dari limbah batang tanaman gumitir dibuat dengan proses karbonisasi dari bahan mentah pada suhu $300^\circ C$ selama 90 menit.

Aktivasi arang batang gumitir

Arang hasil karbonisasi selanjutnya dihaluskan dengan mortar dan diayak dengan ayakan ukuran antara 200-100 *mesh*, kemudian diaktivasi menggunakan aktivator asam fosfat (H_3PO_4) 15% selama 24 jam lalu disaring dan dicuci dengan akuades hingga pH netral.

Penentuan luas permukaan

Sebanyak 0,1 gram adsorben (arang dengan aktivasi fosfat dan tanpa aktivasi) dimasukkan ke dalam gelas beker 250 mL kemudian ditambahkan dengan 20,0 mL larutan metilen biru 50 mg/L, diaduk dengan pengaduk magnet pada waktu kontak 5, 10, 15, 20, 40 dan 60 menit. Larutan selanjutnya disaring dan filtratnya diukur absorbansinya dengan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang maksimum 664,70 nm.

Penentuan keasaman permukaan

Penentuan keasaman permukaan adsorben dilakukan dengan mencampurkan 0,1 gram adsorben dengan NaOH 0,1 M sebanyak 15,0 mL dengan penambahan 2-3 tetes indikator phenolphthalein kemudian dititrasi dengan HCl 0,1 M.

Penentuan waktu setimbang

Disiapkan 6 buah Erlenmeyer 250 mL, masing-masing erlenmeyer diisi dengan 0,25 gram adsorben, kemudian masing-masing Erlenmeyer ditambahkan 25,0 mL campuran larutan Pb^{2+} dan Cu^{2+} 50 mg/L. Campuran diaduk dengan pengaduk magnet pada variasi waktu kontak 10, 20, 40, 60, 90 dan 120 menit pada suhu kamar. Campuran kemudian disaring dan filtratnya diukur dengan spektrofotometer serapan atom (SSA) pada panjang gelombang maksimum. Waktu setimbang adsorben diketahui dengan membuat grafik antara banyaknya Pb^{2+} dan Cu^{2+} yang teradsorpsi per gram adsorben dengan variasi waktu.

Penentuan isoterm adsorpsi

Dalam penentuan nilai isoterm adsorpsi, disiapkan 6 buah Erlenmeyer,

masing-masing diisi dengan 0,25 gram adsorben kemudian pada setiap Erlenmeyer ditambahkan 25,0 mL campuran larutan Pb^{2+} dan Cu^{2+} dengan konsentrasi berbeda-beda yakni 50, 100, 150, 200, 250 dan 300 mg/L. Campuran diaduk selama waktu setimbang pada suhu kamar, kemudian disaring dan filtratnya diukur dengan spektrofotometri serapan atom (SSA). Isoterm adsorpsi diketahui dengan membuat grafik antara banyaknya Pb^{2+} dan Cu^{2+} yang teradsorpsi per gram adsorben dengan variasi konsentrasi.

Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi

Dalam penentuan pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi disiapkan 7 buah Erlenmeyer 250 mL, ke dalam masing-masing Erlenmeyer ditambahkan 0,25 gram sampel arang batang gunitir teraktivasi fosfat, kemudian ditambahkan 25,0 mL campuran larutan Pb^{2+} dan Cu^{2+} dengan variasi pH yakni 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan 11 pada konsentrasi isoterm adsorpsi, kemudian diaduk dengan pengaduk magnet selama waktu setimbang, filtrat selanjutnya disaring dan diukur dengan spektrofotometer serapan atom (SSA). Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi diketahui dengan membuat grafik antara banyaknya Pb^{2+} dan Cu^{2+} yang teradsorpsi per gram adsorben dengan variasi pH

3. HASIL dan PEMBAHASAN

Penentuan luas permukaan

Luas permukaan merupakan faktor penting dalam proses adsorpsi, besarnya luas permukaan sangat mempengaruhi kapasitas adsorpsi suatu adsorben. Pada penelitian ini penentuan luas permukaan dilakukan dengan menggunakan metode metilen biru pada panjang gelombang maksimumnya (664,70 nm). Banyaknya metilen biru yang teradsorpsi oleh suatu adsorben sebanding dengan luas permukaannya (Tabel 1).

Tabel 1 Karakteristik Permukaan Adsorben Arang

Adsorben	S (m ² /g)	Jumlah situs aktif (molekul/gram)	Keasaman permukaan (mmol/gram)
Arang tanpa aktivasi	28,2206	29,9920 x 10 ²⁰	4,9804 ± 0,0461
Arang dengan aktivasi	36,4505	37,1292 x 10 ²⁰	6,1656 ± 0,0235

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa arang batang gunitir yang diaktivasi dengan asam fosfat 15% memiliki luas permukaan 29,16% lebih besar dibandingkan dengan arang batang gunitir tanpa aktivasi. Peningkatan luas permukaan ini disebabkan oleh kemampuan aktivator asam fosfat dalam melarutkan pengotor-pengotor yang menutupi pori arang sehingga permukaan arang semakin luas dan pori arang menjadi homogen.

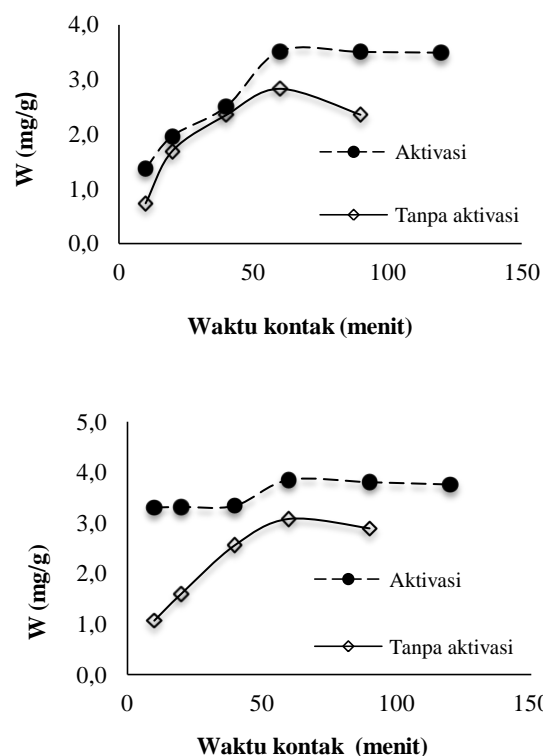
Penentuan keasaman permukaan

Penentuan keasaman permukaan dan situs aktif merupakan faktor penting lain yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi dari suatu adsorben. Pada penentuan keasaman permukaan dan situs aktif, masing-masing adsorben direaksikan dengan NaOH dan dititrasi dengan HCl melalui reaksi penetralan. Jumlah situs aktif dan keasaman permukaan dari adsorben dihitung dari selisih jumlah HCl untuk mentitrasi blanko dengan jumlah HCl untuk titrasi adsorben.

Dari Tabel 1 di atas dapat dilihat bahwa arang batang gunitir yang diaktivasi dengan H₃PO₄ 15% memiliki jumlah situs aktif dan keasaman permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan arang batang gunitir tanpa aktivasi. Kenaikan jumlah situs aktif dan keasaman permukaan disebabkan oleh kemampuan aktivator fosfat dalam melarutkan pengotor yang menghambat proses adsorpsi, dengan demikian pori adsorben menjadi homogen dan kemampuan dalam mengadsorpsi adsorbat meningkat.

Penentuan waktu setimbang

Waktu setimbang merupakan waktu minimum yang dibutuhkan oleh adsorbat untuk menyerap adsorben secara maksimal sampai tercapai keadaan jenuh. Keadaan jenuh tercapai apabila adsorben yang direaksikan dengan adsorbat tidak mampu lagi menyerap adsorbat [10]. Semakin lama waktu interaksi antara adsorben dan adsorbat maka semakin besar kesempatan partikel adsorben untuk bersinggungan dengan adsorbat [11].



Gambar 1 Pengaruh waktu kontak adsorben arang dengan larutan ion Pb²⁺ 50 mg/L (atas) dan Cu²⁺ 50 mg/L (bawah).

Dari hasil dapat diketahui waktu interaksi dari adsorben arang aktivasi H₃PO₄ maupun arang tanpa aktivasi

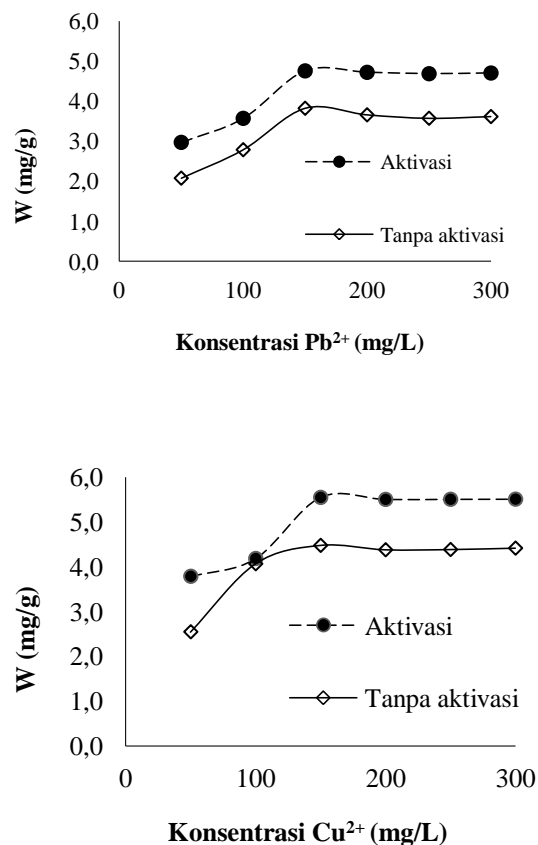
terhadap ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} mengalami peningkatan pada menit-menit awal yang disebabkan oleh besarnya interaksi antara adsorben dan adsorbat, akan tetapi setelah menit ke 60 terjadi penyerapan ion logam (adsorbat) oleh adsorben secara konstan yang menandakan sudah terjadi kejenuhan pada situs aktif adsorben sehingga adsorben tidak mampu lagi mengadsorpsi logam. Waktu interaksi optimum dari adsorben baik yang tidak diaktivasi maupun yang diaktivasi terhadap kedua logam terjadi pada menit ke 60 dengan kapasitas adsorpsi terhadap ion Pb^{2+} berturut-turut sebesar 2,8190 mg/g dan 3,5069 mg/g sedangkan untuk Cu^{2+} berturut-turut sebesar 3,0695 mg/g dan 3,8410 mg/g. Kurva waktu setimbang ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} ditampilkan pada Gambar 1.

Penentuan isoterm adsorpsi

Perubahan konsentrasi adsorbat dalam proses adsorpsi sesuai dengan mekanisme adsorpsinya dipelajari melalui penentuan isoterm adsorpsi. Isoterm adsorpsi yang bisa digunakan adalah isoterm adsorpsi tipe Langmuir dan Freundlich. Penentuan isoterm adsorpsi dilakukan dengan mengubah persamaan isoterm adsorpsi tipe Langmuir dan Freundlich menjadi kurva kesetimbangan garis lurus. Penentuan model kesetimbangan tergantung pada harga koefisien determinasi (R^2) dengan harga yang tinggi.

Penentuan isoterm adsorpsi bertujuan untuk menentukan banyaknya ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} yang dapat diadsorpsi oleh adsorben arang batang gemitir dengan aktivasi maupun tanpa aktivasi. Isoterm adsorpsi pada penelitian ini ditentukan dengan memvariasikan konsentrasi awal larutan campuran ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} yang diadsorpsi oleh adsorben pada waktu setimbangnya yaitu 60 menit. Hasil analisis campuran ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} yang teradsorpsi selama waktu setimbang pada beberapa konsentrasi dalam penentuan isoterm adsorpsi dapat dilihat pada Gambar

2 sedangkan koefisien determinasi masing tipe isoterm ditampilkan pada Tabel 2.



Gambar 2 Isoterm adsorpsi ion logam Pb^{2+} (atas) dan Cu^{2+} (bawah).

Tabel 2 Nilai Koefisien Determinasi

Sampel	Tipe isoterm adsorpsi Langmuir	
	Ion logam Pb^{2+}	Ion logam Cu^{2+}
Tanpa aktivasi	$R^2 = 0,9889$	$R^2 = 0,9961$
Aktivasi	$R^2 = 0,9935$	$R^2 = 0,9944$
Sampel	Tipe isoterm adsorpsi Freundlich	
	Ion logam Pb^{2+}	Ion logam Cu^{2+}
Tanpa aktivasi	$R^2 = 0,8103$	$R^2 = 0,7424$
Aktivasi	$R^2 = 0,8635$	$R^2 = 0,8254$

Gambar 2 menunjukkan bahwa jumlah logam yang teradsorpsi berbanding lurus dengan naiknya konsentrasi awal baik pada adsorpsi ion logam Pb^{2+} maupun Cu^{2+} dimana terjadi peningkatan adsorpsi yang

signifikan pada konsentrasi 50 – 150 mg/L. Peningkatan ini disebabkan oleh belum jenuhnya situs aktif pada permukaan adsorben, sehingga semakin tinggi konsentrasi ion logam maka semakin banyak pula molekul ion logam yang teradsorpsi [12] hingga pada konsentrasi > 150 mg/L daya adsorpsi arang menjadi konstan. Ini menandakan bahwa permukaan adsorben sudah mencapai titik jenuh.

Gambar 2 menunjukkan bahwa konsentrasi maksimum penyerapan ion logam baik ion logam Pb^{2+} maupun Cu^{2+} oleh arang batang tanaman gunitir yang teraktivasi H_3PO_4 terjadi pada konsentrasi 150 mg/L dengan daya adsorpsi terhadap ion logam Pb^{2+} sebesar 4,7603 mg/g dan untuk ion logam Cu^{2+} sebesar 5,5459 mg/g. Daya serap terhadap ion Pb^{2+} dan Cu^{2+} oleh arang yang tidak diaktivasi berturut-turut sebesar 3,8276 mg/g dan 4,4737 mg/g.

Tabel 2 menunjukkan bahwa proses adsorpsi arang batang gunitir teraktivasi H_3PO_4 terhadap ion logam baik ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} cenderung mengikuti pola isoterm adsorpsi Langmuir yang dapat dilihat dari nilai koefisien determinasinya (R^2) yaitu untuk ion logam Pb^{2+} sebesar 0,9935 dan Cu^{2+} sebesar 0,9944. Ini menunjukkan bahwa pori-pori yang terbentuk pada arang batang gunitir teraktivasi H_3PO_4 bersifat homogen sehingga adsorpsi ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} membentuk lapisan monolayer dan situs pada permukaannya bersifat homogen sehingga masing-masing situs aktif pada permukaannya hanya mampu mengadsorpsi satu molekul. Jika konsentrasi ion semakin meningkat maka kompetisi pada situs adsorpsi semakin tinggi, sehingga jumlah adsorben yang terserap mengalami peningkatan [13]. Dengan demikian bahwa penyerapan tidak melebihi situs aktif dari adsorbennya sehingga proses adsorpsi oleh adsorben bisa terjadi selama belum tercapai kejenuhan dari situs aktif pada permukaannya.

Pada isoterm adsorpsi tipe Langmuir, proses adsorpsi terjadi dengan mekanisme pertukaran ion pada

permukaan, oleh sebab itu perbedaan ukuran pori adsorben dengan molekul adsorbat sangat mempengaruhi efisiensi pertukaran ion. Apabila ukuran pori adsorben sama atau lebih besar dari ukuran molekul adsorbat yang akan dipertukarkan pada proses adsorpsi maka proses pertukaran ionnya akan semakin mudah, sebaliknya jika ukuran pori adsorben dengan molekul adsorbat lebih kecil maka pertukaran ionnya akan semakin sulit.

Berdasarkan kurva isoterm adsorpsi maka diperoleh nilai kapasitas adsorpsi optimum dari logam Pb^{2+} oleh arang yang diaktivasi dengan asam fosfat dan tidak diaktivasi berturut-turut sebesar 5,0592 mg/g dan 3,9896 mg/g sedangkan kapasitas adsorpsi optimum logam Cu^{2+} oleh arang yang diaktivasi dengan asam fosfat dan tidak diaktivasi berturut-turut yaitu 5,7867 mg/g dan 4,6762 mg/g. Diketahui bahwa nilai kapasitas adsorpsi ion logam $Cu^{2+} > Pb^{2+}$ hal ini dikarenakan ukuran molekul ion Cu^{2+} yang lebih kecil dari Pb^{2+} sehingga ion logam Cu^{2+} dapat lebih mudah dipertukarkan dengan ion H^+ pada permukaan adsorben.

Adanya isoterm adsorpsi model Langmuir juga dapat dibuktikan dengan melihat energi adsorpsi yang diperoleh saat proses adsorpsi terjadi. Isoterm adsorpsi tipe Langmuir memiliki energi adsorpsi yang besar yakni lebih dari atau sama dengan 20 kJ/mol, hal ini dikarenakan molekul yang teradsorpsi tertahan pada permukaan oleh gaya valensi yang kuat yang membentuk ikatan kimia sehingga dibutuhkan energi yang besar untuk memutuskan ikatan [14]. Energi adsorpsi merupakan energi yang dihasilkan oleh satu mol ion logam teradsorpsi (adsorbat) pada suatu adsorben. Energi adsorpsi ini dapat dijadikan sebagai tolok ukur dalam menentukan proses adsorpsi yang terjadi apakah termasuk adsorpsi kemisorpsi atau fisisorpsi, hasil penentuan energi adsorpsi ditampilkan pada Tabel 3.

Besarnya energi adsorpsi dari adsorben batang tanaman gunitir teraktivasi H_3PO_4 terhadap ion logam Pb^{2+}

Tabel 3 Energi Adsorpsi Ion Pb^{2+} dan Cu^{2+}

Adsorben	Energi adsorpsi	
	Ion Pb^{2+} (kJ/mol)	Ion Cu^{2+} (kJ/mol)
Arang tanpa aktivasi	22,8921	21,3075
Arang aktivasi	23,6885	21,7237

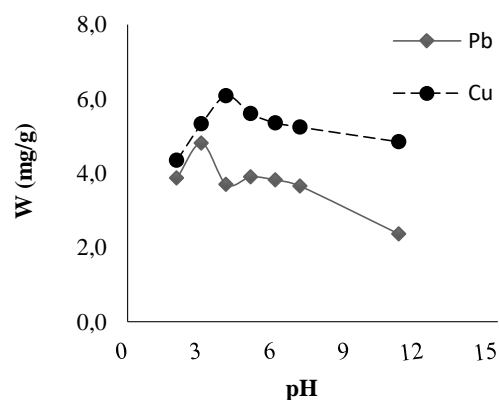
yakni sebesar 23,6885kJ/mol dan Cu^{2+} sebesar 21,7237 kJ/mol. Energi adsorpsi adsorben arang aktif tersebut tergolong tinggi karena lebih dari 20 kJ/mol sehingga berdasarkan energi adsorpsinya, proses adsorpsi ini dikategorikan sebagai kemisorpsi. Kemisorpsi terjadi karena adanya reaksi pembentukan ikatan kimia antara adsorbat dan adsorben yang bersifat ireversibel dan energi yang dihasilkan cukup tinggi sehingga sulit untuk memutuskan ikatannya.

Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi

Penentuan pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi bertujuan untuk mengetahui besarnya pH yang memberikan kapasitas adsorpsi maksimum terhadap ion Pb^{2+} dan Cu^{2+} . Kurva kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan kapasitas adsorpsi ion logam Pb^{2+} pada pH 2,00-3,00 yang selanjutnya mengalami penurunan pada pH 4,00-11,00. Kapasitas adsorpsi arang aktif terhadap ion logam Pb^{2+} yang optimum yaitu 4,8030 mg/g diperoleh pada pH 3,00, sedangkan kapasitas adsorpsi arang aktif terhadap ion logam Cu^{2+} mengalami peningkatan pada pH 2,00-4,00 dengan kapasitas adsorpsi optimum terjadi pada pH 4,00 dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 6,0778 mg/g. Rentang terjadinya adsorpsi pada logam adalah pada pH 1,00-6,00 sedangkan adsorpsi pada pH tinggi ($pH > 6$) lebih cenderung memberikan hasil yang kurang sempurna karena terbentuk senyawa kompleks yang akan menutupi permukaan adsorben sehingga menghalangi proses

penyerapan partikel-partikel terlarut dalam adsorben [15]. Adsorpsi Pb^{2+} dan Cu^{2+} pada pH rendah ($pH < pH$ optimum) cenderung kecil disebabkan oleh terjadi persaingan antara H^+ dan ion logam (Pb^{2+} dan Cu^{2+}) untuk berinteraksi dengan permukaan arang aktif, permukaan arang aktif yang merupakan asam (H^+) dapat menghalangi ion logam untuk berinteraksi dengan permukaan arang sehingga terjadi penolakan terhadap ion logam karena H^+ pada larutan cenderung membentuk kesetimbangan [16].

Adsorpsi ion logam pada $pH > pH$ optimum tidak efektif karena kecenderungan ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} membentuk senyawa hidroksida seperti $Pb(OH)^+$, $Pb_3(OH)_4^{2+}$, $Pb(OH)_2$, $Pb(OH)_3$, $Cu(OH)^+$ dan $Cu(OH)_2$



Gambar 5 Hubungan pH dengan kapasitas adsorpsi Pb^{2+} dan Cu^{2+}

4. KESIMPULAN dan SARAN

Kondisi optimum penyerapan ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} oleh arang batang gunitir teraktivasi fosfat (H_3PO_4) terjadi pada waktu kontak (waktu setimbang) 60 menit dengan konsentrasi isoterm adsorpsi 150 mg/L yang terjadi pada pH 3 untuk ion logam Pb^{2+} sedangkan untuk ion logam Cu^{2+} terjadi pada pH 4. Kapasitas adsorpsi maksimum arang batang gunitir teraktivasi fosfat pada kondisi optimumnya yaitu

5,0592 mg/g terhadap ion logam Pb^{2+} dan 5,7867 mg/g terhadap ion logam Cu^{2+} .

5. . DAFTAR PUSTAKA

- [1] Vasudevan, P., Kashyap, S., and Sharma, S., 1997, *Tagetes* : A Multipurpose Plant, Elsevier Science Limited. *Bioresource Technology*, 62: 29-35
- [2] Pino, G. H., Mesquita, L. M. S., Torem, M. L., and Pinto, G. A. S., 2005, Biosorption of Cadmium by Green Coconut Shell Powder. *Metallurgy and Material*, Rio de Janeiro-RJ, Brazil
- [3] Sudarmaji, Mukono, J., Corie, I.P., 2006. Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan, *Journal Kesehatan Lingkungan*, 2 (2): 129 – 142
- [4] Hubeey, J. E., Keiter, E. A., and Keiter, R. L., 1993, *Inorganic Chemistry: Orinciple of Structure and Reaktivty (4th ed)*, Harper Collins College, New York
- [5] Mars, H., dan Reinoso, F. R., 2006, *Activated Carbon*, University of Alicante, Elsevier Science and Technology Books
- [6] Cooney, D. O., 1980, *Activated Charcoal, Antidotal, and Other Medical Uses*, Marcel Dekker, New York
- [7] Qin C., Yao C., and Jian M.G., 2004, Manufacture and Characterization of Activated Carbon From Marigold Straw (*Tagetes erecta* L) by H_3PO_4 Chemical Reaction, *Materials Letters*, 135: 123-126
- [8] Siaka, I.M., 2016, Pembuatan Dan Karakterisasi Arang Aktif Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes erecta*) Pada Berbagai Suhu Dan Waktu Pirolisis, *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 4 (2) : 168-177
- [9] Sahara, E., 2016, Pembuatan Dan Karakterisasi Arang Aktif Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes erecta*) Yang Diaktivasi Dengan H_3PO_4 , *Jurnal Kimia*, 11 (1) : 1-9
- [10] Castellan, G. W., 1982, *Physical Chemistry*, Third Edition, General Graphic Servies, New York
- [11] Gultom., E. M. dan Lubis, M. T., 2014. Aplikasi Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivator H_3PO_4 Untuk Penyerapan Logam Cd dan Pb, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3 (1): 5 – 10
- [12] Cool, P., and Vansant, E. F., *Pillared Clays: Preparation, Characterization and Applications*, Laboratory of Inorganic Chemistry, University of Antwerp, USA
- [13] Bhattacharyya, KG and Gupta, S.S., 2007, Adsorptive Accumulation of Cd(II), Cu(II), Pb(II) and Ni(II) from Water On Montmorillonite, Influence of Acid Activation. *Journal Of Colloidand Interface Science*, 310: 411-424
- [14] Atmoko, R.D., 2012. Pemanfaatan Karbon Aktif Batubara Termodifikasi TiO_2 pada Proses Reduksi Gass Karbon Monoksida (CO) dan Penjernihan Asap Kebakaran, (*Skripsi*) Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
- [15] Sukardjo., 1990, *Kimia Anorganik*, Rineka Cipta, Jakarta
- [16] Tumin, N. D., Chuah, A. L., Zawani, Z., dan Rasid, S. A., 2008. Adsorption of Copper from Aqueous Solution by Elais Guineenis Kernel Activated Carbon. *Journal of Engineering, Science and Technology*, 3 (2): 180 – 189