

Pemanfaatan Gulma Siam (*Chromolaena odorata L.*) Sebagai Adsorben Logam Timbal

Emi Mohamad¹, Intan J. Oputu¹, Julhim S. Tangio¹

¹Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Prof. Dr. Ing. B.J Habibie, Bone Bolango, Gorontalo

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan gulma siam (*Chromolaena odorata L.*) sebagai adsorben logam timbal. Metode pembuatan arang aktif yang digunakan adalah dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi. Karbon aktif yang diperoleh di karakterisasi untuk mendapatkan arang aktif yang bisa diaplikasikan, selanjutnya dioptimasi. Hasil karakterisasi karbon aktif yang diperoleh memenuhi syarat mutu karbon aktif berdasarkan Standar Industri Indonesia (SII No.0258-88) Uji adsorpsi didapat pH optimum ion Pb^{2+} . ($Pb(NO_3)_2$ dalam aquades) arang gulma siam teraktivasi NaOH 0,2 M pada variasi pH (2,3,4,5,6) adalah pada pH 5 dengan penyerapan 69,00%. Waktu kontak optimum yang dibutuhkan Waktu kontak optimum yang dibutuhkan terhadap adsorpsi ion Pb adalah 4 jam pada variasi (1-5 jam) dengan penyerapan 70,19%. Konsentrasi optimum pada variasi (konsentrasi 20; 40; 60; 80; 100 ppm) pada adsorpsi ion Pb adalah 100 ppm dengan penyerapan 76,15%. Lama pemanasan optimum pada variasi 1,5; 2; 2,5; dan 3 jam adsorpsi ion Pb adalah satu jam tiga puluh menit dengan penyerapan sebesar 65,95%. Berdasarkan hasil optimasi maka karbon aktif dari gulma siam yang dibuat dapat digunakan sebagai bahan adsorpsi terhadap cemaran logam berat timbal(Pb)

Kata Kunci : arang aktif; adsorben; gulma siam

ABSTRACT

*This study aims to utilize (*Chromolaena odorata L.*) as a metal adsorbent. The methods used to make activated charcoal are dehydration, carbonization, and activation. The activated carbon is then characterized to obtain activated charcoal that can be applied, then optimized. The results of activated carbon characterization obtained have reached the activated carbon quality requirements based on the Indonesian Industry Standard (SII No. 0258-88). Based on the adsorption test, the optimum pH of Pb^{2+} ($Pb(NO_3)_2$ in distilled water) *Chromolaena odorata L.* charcoal activated by NaOH 0.2 M under varying pH (2,3,4,5,6) is at pH 5 with 69.00% absorption. The optimum contact time required for Pb ion adsorption is 4 hours at variation (1-5 hours) with 70.19% absorption. The optimum concentration at variation (concentration 20; 40; 60; 80; 100 ppm) on Pb ion adsorption is 100 ppm with 76.15% absorption. The optimum heating time is a variation of 1.5; 2; 2.5; and 3 hours of Pb ion adsorption is one hour 30 minutes with an absorption of 65.95%. Based on the optimization results, the activated carbon from the *Chromolaena odorata L.* can be used as an adsorption material against the contamination of lead heavy metals (Pb).*

Keywords: activated charcoal; adsorbent; siam wee

Received: 19-02-2020, Accepted: 07-07-2020, Online: 08-07-2020

PENDAHULUAN

Perkembangan dalam bidang industri di Indonesia pada saat ini cukup pesat. Hal ini ditandai dengan semakin banyaknya industri yang memproduksi berbagai jenis kebutuhan manusia seperti industri kertas, tekstil, penyamak kulit, dan sebagainya. Seiring dengan

*Corresponding author:
ernimohomad@gmail.com

perkembangan industri tersebut, maka semakin banyak pula limbah (hasil sampingan yang diproduksi sebagai limbah). Salah satu limbah tersebut logam berat yang dibuang sebagai limbah. Logam yang dimaksud adalah timbal (Pb), kromium (Cr), kadmium (Cd) dan tembaga (Cu). Limbah ini akan menyebabkan pencemaran serius terhadap lingkungan jika kandungan logam berat yang terdapat didalamnya melebihi ambang batas serta mempunyai sifat racun yang sangat berbahaya dan akan menyebabkan penyakit serius bagi manusia apabila terakumulasi di dalam tubuh.

Beberapa metode kimia maupun biologis telah dicoba untuk mengambil logam berat yang terdapat di dalam limbah, diantaranya adsorpsi, pertukaran ion (ion exchange), dan pemisahan dengan membran. Proses adsorpsi lebih banyak dipakai dalam industri karena mempunyai beberapa keuntungan, yaitu lebih ekonomis dan juga tidak menimbulkan efek samping yang beracun serta mampu menghilangkan bahan-bahan organik (Setyaningtyas, 2005). Menurut Ahmad (2001), adsorpsi adalah proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Interaksi yang terjadi pada molekul adsorbat dengan permukaan kemungkinan diikuti lebih dari satu interaksi, tergantung pada struktur kimia masing-masing komponen.

Kebanyakan adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi adalah alumina, karbon aktif, silika gel, dan zeolit. Adsorben tersebut mempunyai kemampuan adsorpsi yang baik tetapi tidak ekonomis. Dewasa ini sedang digalakkan penelitian mengenai penggunaan adsorben alternatif yang berasal dari alam, dimana selain memiliki kemampuan adsorpsi yang baik juga bersifat lebih ekonomis (Jalali *et al.*, 2002).

Timbal merupakan salah satu unsur kimia yang terdapat dalam unsur periodik, unsur logam ini memiliki simbol Pb yang berasal dari bahasa latin Plumbum. Dalam bahasa Indonesia lead biasa disebut dengan timbal. Timbal memiliki sifat fisik, lembut dan mudah dibentuk namun juga berat dan beracun. Unsur akan berwarna putih jika langsung dipotong namun akan tidak berwarna sampai keabu-abuan jika terkena udara. Timbal juga terdapat dari sisa berbagai kegiatan seperti pertambangan, industri dan transportasi merupakan limbah yang tergolong dalam kelompok B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) yang sering ditemukan dalam air, tanah dan udara (Yoma, 2010). Unsur ini juga logam berat yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup karena bersifat neurotoksin, yaitu racun yang menyerang saraf dan bersifat karsinogenik, dapat menyebabkan mutasi, terurai dalam jangka waktu yang lama dan toksisitasnya yang tidak berubah (Novem, 2010).

Masuknya Pb ke dalam tubuh manusia melalui air minum, makanan atau udara dapat menyebabkan gangguan pada organ seperti gangguan neurologi (syaraf), ginjal, sistem reproduksi, sistem hemopoetik serta sistem syaraf pusat (otak) terutama pada anak yang dapat menurunkan tingkat kecerdasan. Sumber masuknya timbal diperairan yang paling utama berasal dari Pb di udara yang terbawa oleh angin dan hujan, serta limbah buangan Industri (Ahmad, 2001).

Salah satu adsorben yang menjanjikan adalah limbah organik seperti limbah tanaman jagung, padi, pisang, dan lain-lain. Di antara beberapa limbah organik tersebut yang menarik adalah penggunaan gulma siam. Hal ini disebabkan sifat gulma siam yang rendah nilai gizinya, tahan terhadap pelapukan, memiliki kandungan abu yang tinggi, bersifat abrasif, menyerupai kandungan kayu, serta memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi (Danarto, 2007).

Karbon aktif adalah suatu bahan yang berupa karbon amorf yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta mempunyai kemampuan daya serap (adsorpsi) yang baik. Karbon aktif digunakan sebagai bahan pemucat (penghilang zat warna), penyerap gas, penyerap logam, dan sebagainya. Dari bahan tersebut yang paling sering dipergunakan sebagai bahan adsorben adalah *activated carbon* (Rahayu, 2004). Pemilihan bahan baku dari karbon aktif ditentukan berdasarkan

besarnya kandungan karbon pada bahan tersebut. Pembuatan karbon aktif berlangsung tiga tahap yaitu proses dehidrasi, proses karbonisasi dan proses aktivasi (Aisah, 2010).

Menurut Sukardjo bahwa molekul-molekul pada permukaan zat padat atau zat cair, mempunyai gaya tarik ke arah dalam, karena tidak ada gaya-gaya yang mengimbangi. Adanya gaya-gaya ini menyebabkan zat padat dan zat cair, mempunyai gaya adsorpsi. Adsorpsi berbeda dengan absorpsi. Pada absorpsi zat yang diserap masuk ke dalam adsorben sedang pada adsorpsi, zat yang diserap hanya pada permukaan (Sukardjo, 2002:190).

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu ada bukti yang mendukung terkait potensi gulma siam sebagai penyerap logam berat. Selain itu, potensi gulma siam sebagai penyerap logam berat belum pernah dilakukan. Olehnya itu peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yaitu: “Pemanfaatan gulma siam *Chromolaena odorata L.*) sebagai adsorben pada logam Pb”.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian adalah di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Gorontalo dan waktu penelitian selama 2 bulan.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah zat aktivator, NaOH, $Pb(NO_3)_2$, HNO_3 (p.a), larutan buffer, aquadest. Bahan analisa: Amilum, Natrium tiosulfat, Iodium, *Metilen blue*.

Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah gelas piala, gelas ukur, corong, Erlenmeyer, batang pengaduk, pH meter, neraca analitik, cawan porselin, Kaca arloji, kertas saring, mikro pipet, pipet ukur, pipet tetes, pipet *volumetric*, *furnace*, buret, *shaker*, *centrifuge*, *deksikator*, ayakan *vibrator Screen*, oven, vial polietilen ukuran 5 ml dan spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer serapan atom (SHIMADZU-AA-6200).

Prosedur Kerja

Variasi Waktu Kontak

Variasi ukuran luas media permukaan adsorben dan variasi kecepatan pengadukan, hanya saja waktu kontak yang divariasikan yaitu 1, 2, 3, 4, dan 5 jam. Karbon aktif gulma siam 0,5 g diinteraksikan dengan 50 mL larutan Pb secara individual dengan konsentrasi awal 20 ppm. Ukuran luas permukaan dan kecepatan pengadukan yang digunakan merupakan hasil yang terbaik yang didapat dari prosedur sebelumnya untuk didapatkan waktu kontak yang terbaik. Kemudian filtrat yang diperoleh dianalisis konsentrasi logam Pb dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Variasi pH

Larutan timbal 25 mL dengan konsentrasi 20 mg/L (Radyawati, 2011) dibuat dengan mengencerkan larutan induk, kemudian pH diatur sebesar 2, 3, 4, 5, 6, atau sampai keruh untuk larutan timbal dengan menambahkan HNO_3 atau NH_4OH . Kemudian larutan timbal dicampurkan dengan 0,5g arang hayati aktif (Radyawati, 2011) dalam tabung Erlenmeyer 100 mL, selanjutnya ditutup dengan kertas aluminium foil, diikat dengan karet dan dikocok dalam shaker berputar selama 1 jam. Filtrat yang diperoleh kemudian dianalisis konsentrasi logam Pb dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Variasi Konsentrasi

Adsorben dengan ukuran partikel 212 μm ditimbang masing-masing 0.5 gram, lalu ditambahkan larutan ion logam sebanyak 10 mL dengan variasi konsentrasi 20, 40, 60, 80, dan 100 ppm. Variasi ini, kemudian dishaker selama 30 menit dengan kecepatan putaran 180 rpm. Setelah itu disaring dan filtrat dihasilkan ditampung dan ditepatkan volumenya 10 mL dengan aquadest, ditambah 1 tetes asam nitrat dan diukur dengan AAS.

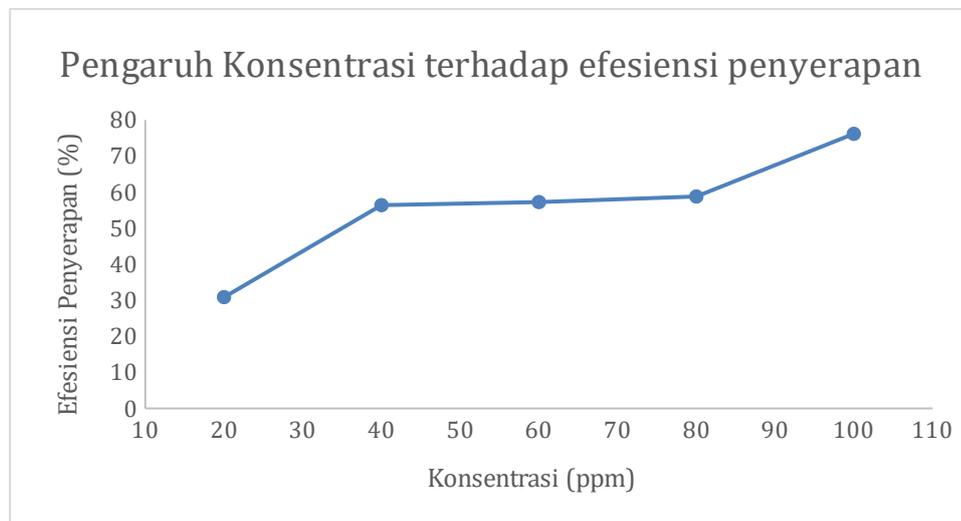
Variasi Lama Pemanasan

Ditimbang masing-masing 0,5 gram gulma siam dengan ukuran partikel 212 μm , lalu dipanaskan pada suhu 250°C dengan variasi lama pemanasan:1; 1,5; 2; 2,5; dan 3 jam. Lalu ditambahkan larutan ion logam dengan konsentrasi 20 ppm. Kemudian dishaker selama 30 menit dengan kecepatan putaran 180 rpm. Setelah itu disaring, dan filtrat yang dihasilkan ditampung dan ditepatkan volumenya 10 mL dengan aquades. Lalu ditambah 1 tetes asam nitrat p.a dan diukur dengan AAS (SHIMADZU-AA-6200).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyerapan

Variasi waktu kontak dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu optimum yang dibutuhkan oleh adsorben abu gulma siam untuk mengadsorpsi logam Pb hingga keadaan kesetimbangan. Waktu kontak merupakan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk berinteraksi pada proses adsorpsi gulma siam sebagai adsorben dan logam Pb sebagai adsorbat. Semakin lama waktu kontak dapat memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik (Pujiana, 2014). Gambar 1 menunjukkan pengaruh waktu kontak terhadap efesinsi penyerapan terhadap logam timbal.



Gambar 1. Hasil variasi waktu kontak terhadap efisiensi penyerapan ion logam Pb

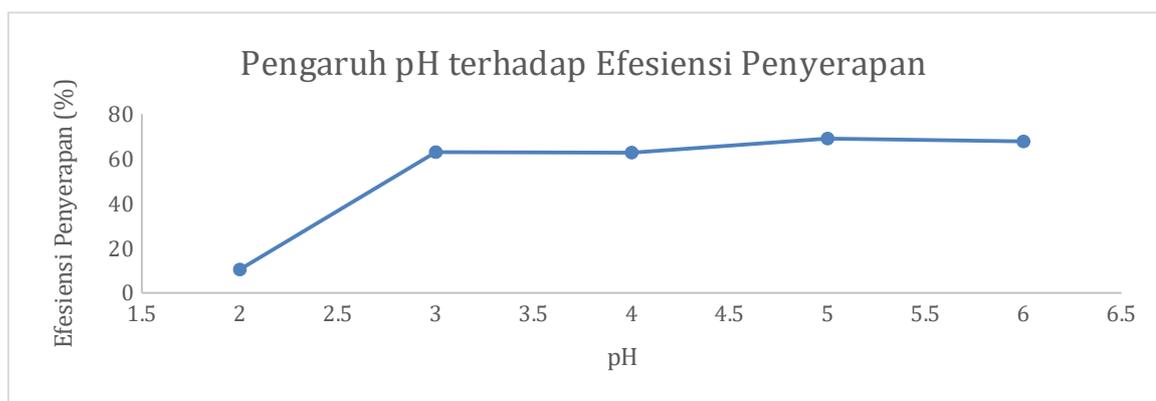
Variasi waktu kontak yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 1, 2, 3, 4, dan 5 jam. Penelitian ini dilakukan pada konsentrasi adsorbat 20 ppm dengan massa adsorben 0,5 g dan kecepatan pengadukan 100 rpm yang digunakan merupakan hasil yang terbaik yang didapat dari prosedur penelitian Falahiyah. Variasi waktu kontak dilakukan karena waktu kontak mempengaruhi kesetimbangan adsorpsi. Waktu kontak dapat mempengaruhi gaya tarik-menarik atau interaksi antara adsorben dan adsorbat seperti gaya Van Der Waals dan gaya elektrostatis.

Dari data yang dihasilkan, kondisi optimum untuk waktu kontak adsorpsi logam Pb oleh adsorben gulma siam adalah selama 4 jam dengan persentase terserapnya logam Pb sebesar

70,19 %. Pada waktu kontak 1 sampai 4 jam presentase adsorpsi mengalami kenaikan karena waktu kontak lebih lama menyebabkan interaksi antara arang aktif gulma siam dengan logam Pb menjadi lebih besar. Penurunan persentase adsorpsi logam Pb terjadi pada waktu kontak 5 jam karena pada konsentrasi ini logam Pb yang terserap pada permukaan arang aktif lebih besar daripada konsentrasi iogam Pb yang tetap berada dalam larutan, sehingga pada waktu kontak tersebut menyebabkan logam Pb yang sudah terserap pada arang aktif akan lepas kembali dalam larutan.

Pengaruh pH terhadap Penyerapan logam Timbal(Pb)

Nilai pH merupakan salah satu parameter terpenting dalam proses adsorpsi dan dapat mempengaruhi kesetimbangan kimia pada adsorbat maupun pada adsorben. Dalam variasi pH ini kemungkinan terjadi ikatan kimia antara adsorben dengan adsorbat. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Hasil variasi pH terhadap efisiensi penyerapan logam Pb

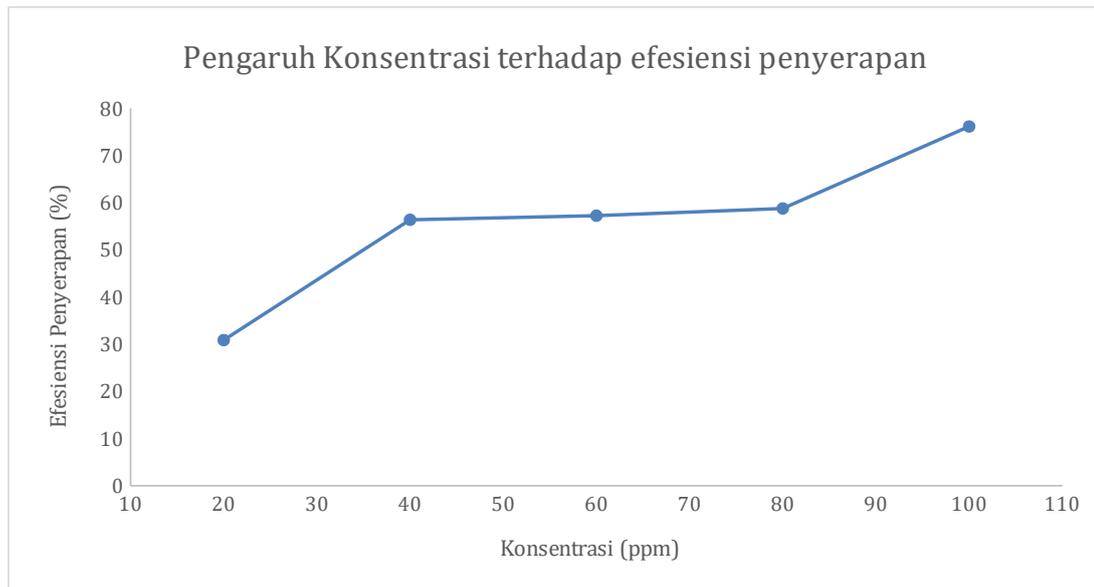
Dari gambar 2 di atas dapat dilihat proses adsorpsi mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya pH, tetapi mengalami penurunan setelah melewati titik optimum yang dicapai, dimana pada pH rendah ketersediaan ion H^+ meningkat. Jumlah ion H^+ lebih banyak dibandingkan dengan ion Pb pada pH rendah, yang menyebabkan ion H^+ teradsorpsi lebih dahulu dibandingkan ion Pb sehingga ion H^+ yang lebih reaktif terhadap arang aktif akan merebut tempat ion Pb pada saat proses adsorpsi berlangsung. Pada pH 5 terjadi peningkatan adsorpsi hingga mencapai kondisi pH optimum dimana ketersediaan ion H^+ berkurang, yang menyebabkan ion Pb lebih dahulu teradsorpsi. Pada keadaan ini semua sisi aktif pada permukaan arang telah berikatan dengan ion Pb, sedangkan pada pH 6 terjadi penurunan daya adsorpsi. Hal ini dikarenakan, arang aktif telah mencapai titik jenuh dimana pori-pori arang aktif sudah terisi penuh atau terikat seluruhnya dengan ion logam Pb sehingga tidak dapat mengikat ion logam Pb.

Dari penjelasan di atas dapat diketahui bahwa pH optimum untuk arang aktif gulma siam adalah pH 5, Nilai pH optimum arang aktif gulma siam yang menunjukkan konsentrasi ion logam Pb yang teradsorpsi adalah sebesar 69,00 %.

Pengaruh Konsentrasi Terhadap Penyerapan Logam Pb

Pengaruh konsentrasi terhadap penyerapan logam timbal dapat dilihat pada gambar 3. Dapat dilihat konsentrasi ion logam terhadap efisiensi penyerapan gulma siam. Dari gambar tersebut terlihat bahwa kondisi optimum penyerapan dicapai pada konsentrasi 100 ppm, dengan efisiensi penyerapan untuk ion logam Pb sebesar 76,15 %. Dengan meningkatnya konsentrasi ion logam, efisiensi penyerapan pun menjadi berkurang, dikarenakan kemampuan

menyerap gulma siam terhadap ion logam berat Pb sudah maksimum. Dengan kata lain kapasitas serap maksimum gulma siam telah tercapai pada konsentrasi 100 ppm.



Gambar 3. Konsentrasi ion logam terhadap efisiensi penyerapan ion logam Pb

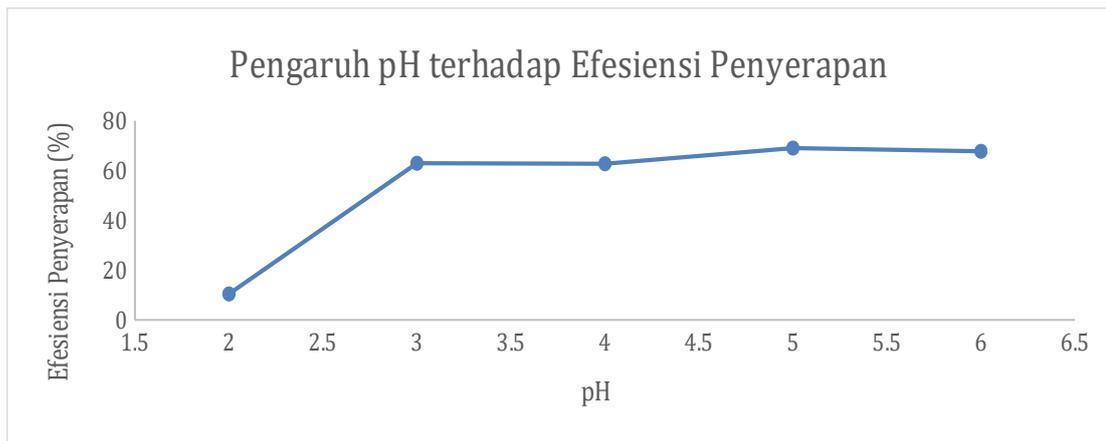
Menurut Refilda *et al.*, (2001), penurunan efisiensi penyerapan disebabkan karena pada konsentrasi yang lebih tinggi, jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah partikel gulma siam yang tersedia sehingga permukaan gulma siam akan mencapai titik jenuh dan efisiensi penyerapan pun menjadi menurun.

Kedua pendapat tersebut sesuai dengan teori Langmuir yang menjelaskan bahwa pada permukaan adsorben terdapat situs aktif yang jumlahnya sebanding terhadap luas permukaan adsorben, sehingga bila situs aktif pada permukaan dinding sel adsorben telah jenuh oleh ion logam, maka penambahan konsentrasi tidak lagi dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dari adsorben tersebut. Oleh sebab itu, pada konsentrasi lebih dari 20 ppm, adsorpsi ion logam mengalami penurunan (Sembiring *et al.*, 2008).

Menurut Wijayanti (2009) bila permukaan sudah jenuh atau mendekati jenuh terhadap adsorbat, dapat terjadi dua hal: 1. Terbentuk lapisan adsorpsi kedua dan seterusnya di atas adsorbat yang telah terikat di permukaan, gejala ini disebut adsorpsi multilayer. 2. Tidak terbentuk lapisan kedua dan seterusnya sehingga adsorbat yang belum teradsorpsi berdifusi keluar pori dan kembali ke arus fluida.

Pengaruh Lama Pemanasan Ion Logam Terhadap Penyerapan Ion Logam Pb

Pemanasan adsorben dapat meningkatkan kemampuan penyerapan terhadap adsorbat. Pemanasan yang dilakukan dapat memperbesar pori-pori adsorben sehingga akan meningkatkan efisiensi penyerapan (Nurhasni, 2002). Diketahui bahwa suhu karbonisasi berpengaruh terhadap keaktifan adsorben, semakin tinggi suhu makin rendah daya serapnya. Hasil penelitian menunjukkan karbonisasi gulma siam suhu di atas 250°C diperoleh adsorben dengan daya adsorpsi yang sangat rendah. Hal ini dapat dijelaskan karena pada suhu di atas 250°C sebagian besar gulma siam diubah menjadi abu gulma siam. Abu gulma siam banyak mengandung senyawa silika. Senyawa ini memiliki daya serap rendah dibandingkan karbon karena kurang pori pada permukaan partikel (Asyar *et al.*, 1996). Lama pemanasan ion logam terhadap penyerapan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 pengaruh lama pemanasan terhadap efisiensi penyerapan ion logam Pb.

Pada penelitian ini dilakukan proses karbonisasi pada suhu 250⁰C dengan variasi lamanya pemanasan. Dari gambar 4 terlihat bahwa kondisi optimum penyerapan gulma siam rata-rata dicapai pada 3 jam. Sedangkan untuk pemanasan lebih lama lagi efisiensinya mulai menurun, hal ini disebabkan karena terjadinya perubahan struktur dari gulma siam tersebut.

SIMPULAN

Karakterisasi arang gulma siam t dapat dijadikan sebagai bahan adsorben pada logam Pb. Dengan melihat syarat mutu karbon aktif telah memenuhi Standar Industri Indonesia (SII No. 0258-88). pH optimum adsorpsi ion Pb oleh arang gulma siam teraktivasi NaOH 0,2 M terjadi pada pH 5 dengan penyerapan 69 %. Waktu kontak yang dibutuhkan terhadap adsorpsi ion Pb oleh arang gulma siam teraktivasi NaOH 0,2 M adalah 4 jam dengan penyerapan 70,19 %. Konsentrasi Pb optimum pada adsorpsi ion Pb oleh arang gulma siam teraktivasi NaOH adalah 100 ppm dengan penyerapan 76,15 %. Lama pemanasan optimum pada adsorpsi ion Pb oleh arang gulma siam teraktivasi NaOH 0,2 M sebesar 65,95 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M, 2001, *Kesetimbangan Adsorpsi Optimal Campuran Biner Cd(II) dan Cr(III) dengan Zeolit Alam Terinpregnasi 2-merkaptobenzotiazol*. *Jurnal Natur Indonesia.*, 6(2): 111-117
- Asyar, Rayandra., M. Saleh Arif., M. Rusdi., 1996, *Diversifikasi Pemanfaatan Padi Sebagai Adsorben β -karoten pada Pemurnian Minyak Sawit Mentah*. Skripsi., Jambi: Universitas Jambi.
- Danarto, 2007, *Adsorpsi Limbah Logam BeratMultikomponen dengan Karbon dari Sekam Padi*, Skripsi., Surakarta:Universitas Sebelas Maret.
- Jalali, R., Ghafurian, H., Davarpanah, S.J., and Sepehr, S., 2002, *Removal and Recovery of Lead Using Non Living Biomass of Marine Algae*, *Journal of Hazardous Material B92.*, 253-262.
- Novem N. 2010. *Studi Proses Adsorpsi–Desorpsi Ion Logam Pb(II), Cu(II), dan Cd(II) Terhadap Pengaruh Waktu dan Konsentrasi pada Biomassa “Nannochloropsis, sp” yang Terenkapsulasi Aqua-Gel Silika dengan Metode Kontinyu*. *Prosiding. Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II.*, Bandar Lampung: Universitas Lampung

- Nurhasni, 2002, *Penggunaan Genjer (Limnocharis Flava) Untuk Menyerap Ion Kadmium, Kromium, dan Tembaga Dalam air Limbah*, Tesis., Padang: Universitas Andalas.
- Pujiana, 2014, *Penentuan Waktu Kontak dan pH Optimum Penyerapan Metilen Biru Menggunakan Abu Sekam Padi*. *J. Molekul*. 1(1): 41-44.
- Radyawati. (2011). *Pembuatan biocharcoal dari kulit pisang kepok untuk penyerapan logam timbal(Pb) dan logam seng(Zn)*. Palu: UNTAD – Press.
- Refilda., Rahmiana Zein., Rahmayeni, 2001, *Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Penyerap Sintetik Logam-logam Berat Pada Air Limbah*, Skripsi., Padang: Universitas Andalas.
- Rahayu, T. 2004 *Karbon Aktif Terhadap Penurunan Kadar Mangan*. (Mn)
- Sembiring, Zipora., Suharso., Regina., Faradila Marta dan Murniyarti. 2008. *Studi Proses Adsorpsi–Desorpsi Ion Logam Pb(II), Cu(II), dan Cd(II) Terhadap Pengaruh Waktu dan Konsentrasi pada Biomassa “Nannochloropsis, sp” yang Terenkapsulasi Aqua-Gel Silika dengan Metode Kontinyu*. Prosiding. Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II., Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Setyaningtyas, Tien., Zufahair., dan Suyata, 2005. *Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Adsorben Kadmium (II) dalam Pelarut Air*. *Majalah Kimia Universitas Jenderal Soedirman.*, 31(1): 33-41.
- Sukardjo., 2002, *Arang Aktif dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas*. Skripsi., Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Wijayanti, Ria., 2009, *Arang Aktif dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas*. Skripsi., Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Yoma K, 2010, *Penggunaan Genjer(Limnocharis Flava) Untuk Menyerap Ion Kadmium, Kromium, dan Tembaga Dalam air Limbah*, Tesis., Padang: Universitas Andalas. Riapanitra, Anung., T. Setyaningtyas dan K.