PENYERAPAN ION LOGAM Pb(II), Cd(II) DALAM AIR LIMBAH MENGGUNAKAN SERBUK KULIT MANGGIS (*Garcinia Mangostana L)* YANG TELAH DITARIK ZAT WARNANYA

Indrawati, Corry Handayani, Rahmiana Zein, Refilda, Yefrida, E. Munaf
Laboratorium Kimia Lingkungan, Jurusan Kimia Universitas Andalas, Padang
*Corresponding author: +62811374344089
E-mail address: indrawati_loan@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian mengenai penyerapan ion logam Pb(II) dan Cd(II) dengan menggunakan serbuk kulit manggis (*Garcinia mangostana* L.) yang telah ditarik zat warnanya telah dilakukan. Penelitian ini menggunakan beberapa parameter,yaitu pH, ukuran partikel, konsentrasi ion logam, waktu kontak dan temperatur serta aplikasinya terhadap larutan bikomponen dan penyerapan limbah. Setiap perlakuan menggunakan serbuk kulit manggis sebanyak 0,5 g yang direndam terlebih dahulu dalam HNO_3 0,1 N selama 1 jam dan ditarik zat warnanya dengan menggunakan etanol kemudian dilanjutkan dengan n-hexan selama 1 minggu. Kondisi optimum penyerapan ion Pb(II) diperoleh pada berat serbuk kulit manggis 0,5 g adalah pH 3,0 ukuran partikel 180 μm, konsentrasi 275 ppm pada 70°C dan waktu kontak 30 menit, sedangkan ion logam Cd(II) diperoleh pada pH 5,0 ukuran partikel 250 μm, konsentrasi 125 ppm pada 50°C dan waktu kontak 60 menit. Kapasitas penyerapan optimum ion Pb(II) dan Cd(II) oleh kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya masing-masing adalah 8,6989 mg/g dan 2,3558 mg/g dan kapasitas penyerapan kulit manggis terhadap ion Pb(II) dan Cd(II) dari sampel larutan bikompoenen adalah 0.3918mg/g dan 0.1146 mg/g. Dalam aplikasinya terhadap sampel limbah laboratorium Kimia Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA UNAND, serbuk kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya mampu menyerap logam dengan kapasitas penyerapan masing-masing adalah 0,0722 mg/g dan 0,0557 mg/g.

Kata kunci: Kulit manggis, ion logam Cd dan Pb, penyerapan, zat warna

PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya laju pertumbuhan ekonomi dan industri dalam beberapa tahuan terakhir ini, maka masalah yang timbul adalah pencemaran lingkungan oleh air limbah industri yang berakibat pada menurunnya kualitas lingkungan. Limbah industri yang menyebabkan pencemaran merupakan bahan kimia yang berbahaya dan beracun seperti logam berat.

Mengingat besarnya dampak yang ditimbulkan oleh limbah industri, pencemaran lingkungan dan pengaruhnya terhadap kesehatan, maka masalah ini harus menemukan solusi dan perhatian yang serius. Untuk tujuan tersebut, pemisahan logam berat dalam limbah industri dapat dilakukan beberapa metoda seperti pertukaran ion, penyerapan oleh karbon aktif dan pengendapan secara elektrolisa yang telah berhasil digunakan. Akan tetapi hal ini merupakan cara yang relative jarang digunakan terutama pada industri-industri karena bahan material penyerap tersebut tidak mudah didapatkan dan harganya relative mahal [1]. Untuk itu perlu dicari alternative material penyerap lain yang harganya relative murah dan bisa didapatkan dengan mudah.

Indonesia merupakan daerah agraris yang banyak terdapat hasil pertanian yang mana hasil sampingnya seperti sekam padi, kulit kacang[2], lumut[3] dan sabut kelapa sawit [1] yang mengandung gugus fungsi yang mempunyai kemampuan sebagai bahan penyerap. Selain menggunakan hasil pertanian, sumber daya alam yang berasal dari laut juga dapat dilakukan untuk bahan penyerap ion logam. Pin Xin Sheng, telah melakukan percobaan dengan menggunakan ganggang laut dengan jenis *Sargassum sp* dan *Padina sp.* Nilai kapasitas penyerapan ion logam Pb(II) dan Cd(II) pada *Sargassum sp* adalah 1.16 mmol/g dan 0,76 mmol/g. Sedangkan yang menggunakan *Padina sp* diperoleh kapasitas penyerapan untuk ion logam Pb(II) dan Cd(II) : 1,25 mmol/g dan 0,75 mmol/g[4].

Kulit manggis *(Garcinia mangostana L.)* merupakan salah satu diantara sampah padat yang masih sedikit diketahui kegunaannya, yang kandungan kimianya termasuk pada kelompok biomaterial. Selain berfungsi sebagai material penyerap logam, kulit manggis juga mengandung zat warna alami. Kebutuhan akan zat warna sangat berperan pada industri makanan, obat-obatan, tekstil, kosmetik dan sebagainya.

Pada dasarnya, tujuan pemakaian zat warna dalam berbagai jenis produk ini adalah untuk meningkatkan nilai estetika dari produk tersebut sehingga dapat menarik minat konsumen untuk mengkonsumsinya. Pada saat ini telah banyak zat warna sintetik yang dapat dibuat, akan tetapi pada jumlah tertentu dapat memberikan pengaruh yang kurang baik bagi kesehatan manusia.

Menurut Earnesly,F kulit manggis dapat digunakan sebagai biosorbent untuk penyerapan ion logam Pb(II) dan Cd(II) dengan kapasitas penyerapan optimum 1,715mg/g dan 0,192 mg/g [5].

Maka dalam penelitian ini dilakukan penarikan zat warna yang terdapat pada kulit manggis yang dapat dimanfaatkan sebagai zat warna alami yang aman dan apakah serbuk kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya masih dapat digunakan sebagai penyerap ion logam Pb (II) dan Cd dengan mempelajari pengaruh pH, ukuran partikel, waktu kontak, konsentrasi logam dan suhu pemanasan untuk kondisi penyerapan optimum. Dengan mengetahui seberapa besar daya serap kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya ini diharapkan dapat bermanfaat dalam pengembangan suatu bahan penyerap baru, dan dapat membantu dalam penanganan limbah padat dan cair yang mengandung ion logam Pb(II), Cd(II) dengan penggunaan material yang murah dan mudah didapatkan.

METODA PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Lingkungan Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas, Padang.

Peralatan dan Bahan

Spektrofotometer Serapan Atom (Model ALFA-4 London Inggris), pengayak (Octagon 200, Endcots, London, Inggris), Neraca Analitik (AA-200, Denver Instrument Company), pH meter (Denver Instrument Company), *magnetic stirer*, *shaker*, oven listrik, botol semprot, kertas saring, cawan penguap, dan peralatan gelas lainnya.

Kulit manggis (*Garcinia mangostana* L.), $Pb(NO_3)_2$, $CdCl_2$, HNO_3 65 %, aquades, ethanol, amoniak , n-heksan, asam sitrat dan sodium sitrat.

Perlakuan awal buah kulit manggis

Kulit manggis dibersihkan dari kotoran-kotoran dan dicuci dengan air sampai bersih. Kemudian dikeringkan, dan kulit tersebut dihaluskan. Setelah halus kulit manggis direndam dalam HNO_3 selama satu jam. Kemudian disaring, dilanjutkan dengan perendaman dengan akuades. Dan serbuk kulit manggis dikeringanginkan.

Penarikan zat warna serbuk kulit manggis.

Serbuk kulit manggis yang telah halus, direndam dengan ethanol dan dilanjutkan dengan n-hexan selama satu minggu sampai zat warna tertarik. Serbuk kulit manggis di keringkan kemudian di ayak dengan ukuran partikel 150, 180, 250, 425 μm dan biosorben siap digunakan. Tiap perlakuan menggunakan 0,5 gram raw material kulit manggis.

Penentuan kondisi optimum penyerapan

Dilakukan masing-masing untuk ion logam. Untuk setiap perlakuan menggunakan 0,5 g kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya.

Pengaruh pH larutan logam terhadap penyerapan logam

Ke dalam erlenmeyer dimasukkan serbuk kulit manggis yang telah ditarik zat warnannya dengan ukuran tertentu, kemudian ditambahkan 25mL larutan ion logam ke dalam erlenmeyer tersebut dengan konsentrasi tertentu dengan variasi pH, 3, 4, 5, dan 6. Kemudian campuran di aduk selama waktu tertentu. Setelah selesai pengadukan, ambil larutan dengan cara penyaringan. Filtrat dianalisis dengan SSA.

Pengaruh ukuran partikel kulit manggis terhadap penyerapan ion logam

Ke dalam erlenmeyer yang berbeda masukkan kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya dengan ukuran partikel 150, 180, 250, dan 425μm. Kemudian ditambahkan 25ml larutan logam Pb (II), Cd (II), ke dalam erlenmeyer tersebut dengan konsentrasi tertentu dan pH optimum. Kemudian campuran diaduk selama waktu tertentu. Setelah selesai pengadukan, ambil larutan dengan cara penyaringan. Filtrat dianalisis dengan SSA.

Pengaruh konsentrasi ion logam terhadap penyerapan logam

Ke dalam erlenmeyer dimasukkan kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya dengan ukuran partikel optimum. Kemudian ditambahkan 25 mL larutan logam ke dalam erlenmeyer tersebut dengan variasi konsentrasi 25 – 300ppm untuk logam Pb(II) dan 25 – 150ppm untuk logam Cd(II) dengan pH optimum. Kemudian campuran diaduk selama waktu tertentu. Setelah selesai pengadukan, ambil larutan dengan cara penyaringan. Filtrat dianalisis dengan SSA.

Pengaruh lama pengadukan terhadap penyerapan logam

Ke dalam erlenmeyer dimasukkan kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya ukuran partikel optimum. Tambahkan 25 mL larutan logam dengan konsentrasi optimum dan pH optimum. Kemudian campuran di aduk masing-masing selama 0, 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Setelah selesai pengadukan , ambil larutan dengan cara penyaringan. Filtrat dianalisis dengan SSA.

Pengaruh suhu pemanasan terhadap penyerapan logam

Ke dalam erlenmeyer dimasukkan kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya dengan ukuran optimum. Panaskan kulit manggis dengan variasi suhu 27, 50, 70, 90 dan 105 ^{o}C. Kemudian tambahkan 25 mL larutan logam dengan konsentrasi optimum dan pH optimum. Campuran di aduk selama waktu optimum. Setelah selesai pengadukan, ambil larutan dengan cara penyaringan. Filtrat dianalisis dengan SSA.

Aplikasi kondisi optimum terhadap penyerapan larutan bikomponen

Kedalam erlenmeyer dimasukkan kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya dengan ukuran optimum. Panaskan kulit manggis dengan suhu optiumum. Kemudian masukkan ke dalam erlenemeyer, tambahkan 25 ml larutan bikomponen (Pb dan Cd). Kemudian diaduk selama waktu optimum. Setelah selesai pengadukan, ambil larutan dengan cara penyaringan. Filtrat di analisis dengan SSA.

Aplikasi kondisi optimum terhadap penyerapan limbah

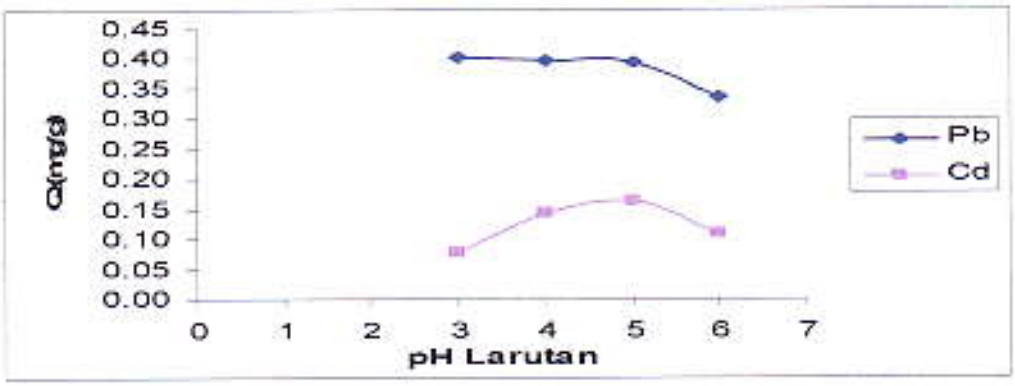
Air limbah yang digunakan diambil dari limbah Laboratorium Kimia Lingkungan UNAND. Limbah disaring terlebih dahulu untuk memisahkan partikel-partikel padat. Ambil 25 mL air limbah tersebut yang telah diatur pH optimum penyerapannya,

masukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya dan telah diatur kondisi optimumnya untuk penyerapan ion logam. Kemudian campuran diaduk dengan lama pengadukan optimum. Setelah selesai pengadukan, ambil larutan dengan cara penyaringan. Filtrat dianalisis dengan SSA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh pH Larutan terhadap Penyerapan Ion Logam Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd)

Penentuan pH optimum merupakan parameter yang sangat penting dalam proses biosorpsi ion logam karena dapat mempengaruhi kelarutan ion logam serta menentukan jumlah ion logam yang akan berikatan dengan gugus fungsi pada dinding sel biomassa. Hasil pengukuran pengaruh pH larutan terhadap kapasitas penyerapan terlihat pada Gambar 3



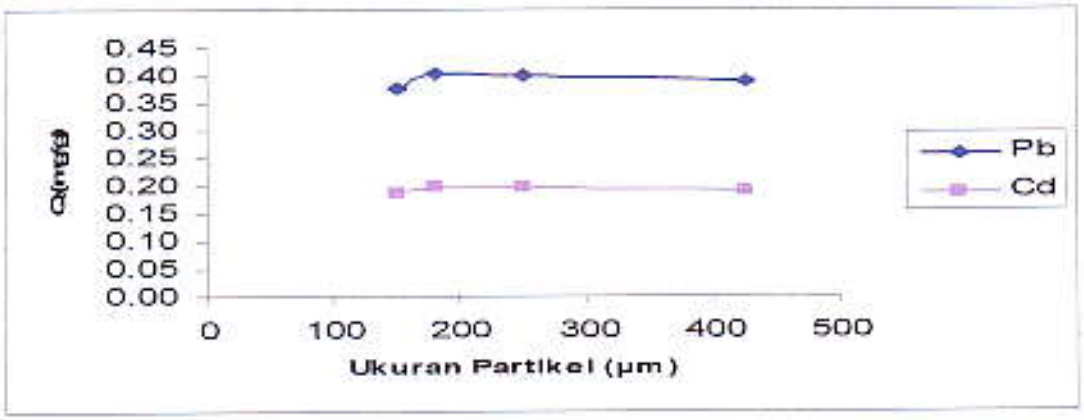
Gambar 3: Pengaruh pH larutan terhadap kapasitas penyerapan ion logam Pb(II) dan Cd (II) dalam serbuk kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya, lama perendaman 60 menit untuk konsentrasi 10mg/L, ukuran 150 µm (berat *raw* material kulit manggis 0,5 g).

Dari Gambar 3 dapat dilihat serapan ion logam oleh serbuk kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya dipengaruhi oleh pH larutan. Penyerapan optimum ion logam Pb(II) terjadi pada pH 3 dengan kapaistas serapannya 0,4009 mg/g. Sedangkan untuk ion logam Cd(II) serapan optimum berada pada pH 5 dengan kapasitas serapannya 0,1625 mg/g. Pada penelitian sebelumnya, dengan menggunakan serbuk kulit manggis yang tidak ditarik zat warnanya serapan optimum untuk ion logam Pb(II) terjadi pada pH 5 dengan kapasitas penyerapan 1,769 mg/g dan ion logam Cd(II) pada pH 4 dengan kapasitas 1,624 mg/g [5]. Apabila pH larutan melewati pH optimumnya, penyerapan cenderung berkurang

karena pada pH yang lebih tinggi terdapat lebih banyak ion OH^- sehingga ion-ion logam akan mulai mengendap yang mengakibatkan lebih sukar terjadinya penyerapan oleh serbuk kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya. Penyerapan juga berkurang di bawah pH optimum, hal ini disebabkan oleh konsentrasi H^+ yang terlalu tinggi sehingga gugus fungsi negatif bereaksi dengan H^+ dan menghalangi terikatnya ion logam pada gugus fungsi material tersebut[9]. Pada proses adsorpsi yang menggunakan logam dalam bentuk ion biasanya penyerapan optimum berada pada pH yang rendah yaitu berkisar kecil dari 4,5. Dimana terjadi peningkatan yang sangat tinggi pada pH2 hingga mencapai pH 4,5 [4].

Pengaruh Ukuran Partikel terhadap Penyerapan Ion Logam Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd)

Variasi ukuran partikel serbuk kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya untuk penyerapan larutan logam adalah 150, 250, dan 425 μm. Gambar 4 memperlihatkan pengaruh variasi ukuran partikel terhadap penyerapan logam Pb(II) dan Cd (II).



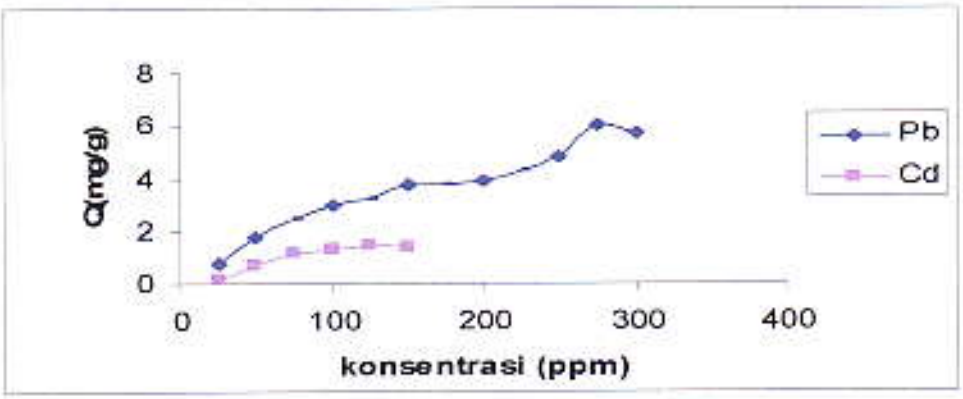
Gambar 4 :Pengaruh ukuran partikel raw material (μm) kulit manggis terhadap kapasitas penyerapan ion logam Pb(II) pH 3 dan Cd(II) pH 5, konsentrasi 10 mg/L, berat *raw* material kulit manggis yang telah ditarik zat warna 0,5 g, waktu kontak 60 menit.

Penyerapan ion logam akan dipengaruhi oleh luas permukaan sorben. Semakin luas permukaan sorben maka makin banyak tempat terjadi interaksi antara sorben dengan ion logam, sehingga jumlah ion logam yang terserap semakin banyak. Dengan bertambahnya luas permukaan maka gugus fungsi semakin banyak yang aktif karena terbuka. Dari

Gambar 4 terlihat bahwa ukuran partikel raw material sangat sedikit berpengaruh dalam proses penyerapan ion-ion logam. Dari grafik terlihat bahwa penyerapan optimum dari logam Pb(II) terjadi pada ukuran partikel 180 μm dengan kapasitas penyerapan 0,4039 mg/g. Sedangkan untuk logam Cd(II) ukuran partikel dengan penyerapan optimum adalah 250 μm dengan kapasitas penyerapan 0,1969 μm. Ukuran partikel yang sama didapatkan untuk ion logam Pb(II) yaitu 180μm tetapi pada ion logam Cd(II) penyerapan optimumnya pada ukuran partikel 150μm pada penelitian dengan menggunakan serbuk kulit manggis yang tidak ditarik zat warnanya [5].

Pengaruh Konsentrasi terhadap Penyerapan Ion Logam Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd)

Konsentrasi ion logam berat hubungannya dengan jumlah sisi aktif yang terdapat pada permukaan sorben, yang mampu mengikat ion logam tersebut. Bila jumlah sisi aktif cukup besar dibanding jumlah ion logam maka kapasitas penyerapan akan tinggi. Namun pada kondisi tertentu kapasitas penyerapan akan konstan bahkan terjadi penurunan karena telah terjadi kejenuhan pada material penyerap[3].



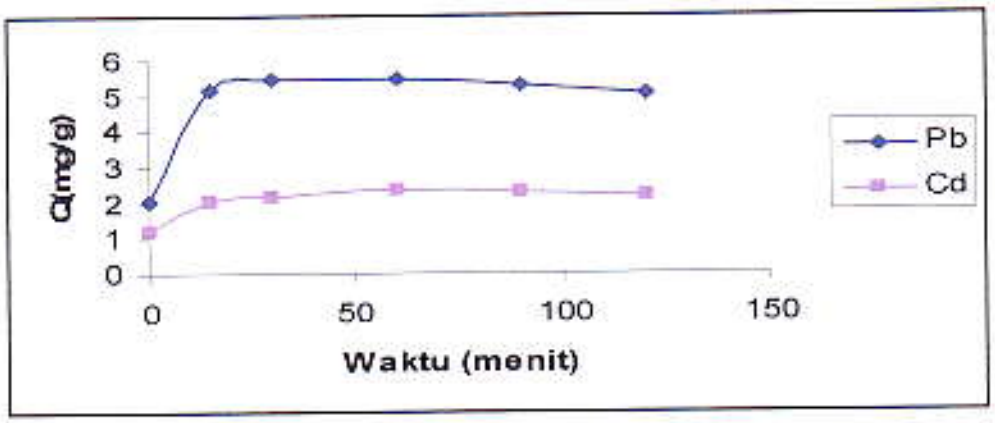
Gambar 5: Pengaruh konsentrasi ion logam terhadap kapasitas penyerapan ion logam Pb(II) pH 3, ukuran partikel 180μm dan Cd(II) pH 5, ukuran partikel 250μm , berat *raw* material kulit manggis 0,5 g, waktu kontak 60 menit.

Dari grafik diatas terlihat bahwa terjadi peningkatan kapasitas serapan seiring dengan meningkatnya konsentrasi dari ion logam yang di mulai dari 25 ppm - 300 ppm untuk logam Pb(II) dan 25 ppm – 150 ppm untuk logam Cd(II). Untuk ion logam Pb(II) konsntrasi optimum berada pada 275 ppm dengan kapasitas serapan 5,9901 mg/g

sedangkan penyerapan optimum untuk ion logam Cd(II)pada konsentrasi 125 ppm dengan kapasitas 1,4632 mg/g.

Pengaruh Waktu kontak terhadap Penyerapan Ion Logam Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd)

Kapasitas penyerapan dari ion logam untuk berikatan dengan biosorben juga dipengaruhi oleh lamanya waktu kontak. Gambar 6 memperlihatkan pengaruh waktu pengadukan terhadap penyerapan logam Pb(II) dan Cd(II).



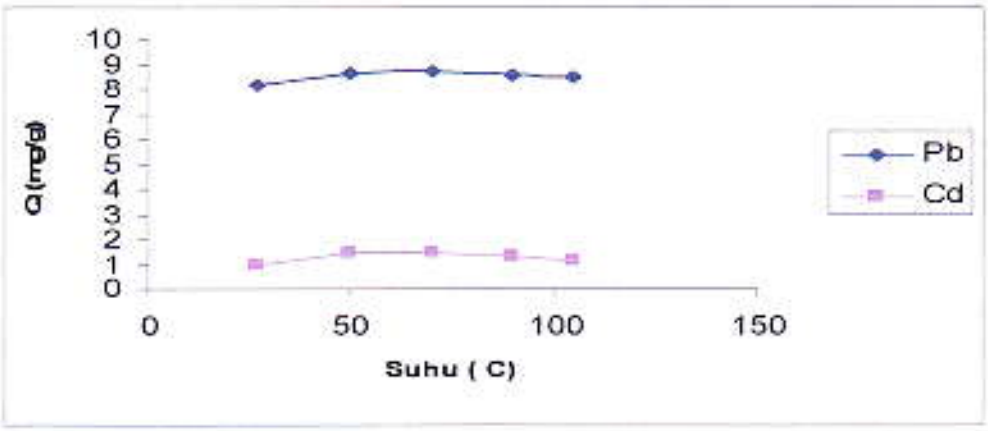
Gambar 6: Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan ion logam Pb(II) pH 3, ukuran partikel 180μm, konsentrasi 275ppm dan Cd (II) pH 5, ukuran 250μm, konsentrasi 125ppm berat *raw* material kulit manggis 0,5 g.

Dari grafik terlihat bahwa waktu kontak mempengaruhi kapasitas penyerapan, karena semakin lama waktu yang digunakan maka semakin lama interaksi antara ion logam dengan sorbent. Jika waktu yang digunakan singkat, maka sorbent dan ion logam tidak mempunyai waktu yang cukup untuk berinteraksi. Hal ini dapat dilihat pada waktu kontak 10 detik dimana kapasitas penyerapannya sangat rendah.

Untuk ion logam Pb(II) waktu kontak optimum terjadi pada 30menit dengan kapasitas 5,4598 mg/g. Dan untuk ion logam Cd(II) pada 60 menit dengan kapasitas penyerapan 2,3558 mg/g. Sedangkan dengan menggunakan serbuk kulit manggis yang tidak ditarik zat warnanya waktu kontaknya sangat singkat yaitu 15menit, berarti sorbent yang digunakan lebih cepat mengalami kejenuhan [5].

Pengaruh Temperatur terhadap Penyerapan Ion Logam Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd)

Dalam proses biosorpsi temperatur juga berpengaruh terhadap kapasitas penyerapan ion logam, tetapi pengaruhnya terbatas pada suatu rentang temperatur, yang mengindikasikan bahwa mekanisme pertukaran ion (*ion exchange*) terjadi pada proses biosorpsi. Jika temperatur yang digunakan terlalu tinggi mengakibatkan kapasitas penyerapan menurun, hal ini disebabkan karena struktur atau gugus fungsi sorbent rusak dan terbentuknya karbon [1].



Gambar 7:Pengaruh temperatur terhadap kapasitas penyerapan ion logam Pb(II) pH 3, ukuran partikel 180μm, konsentrasi 275ppm, waktu kontak 30 menit dan Cd(II) pH 5, ukuran partikel 250μm, konsentrasi 125 ppm, waktu kontak 60 menit berat *raw* material kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya 0,5 g.

Dari grafik dapat dilihat temperatur optimum untuk ion logam Pb(II) adalah 70°C dengan kapasitas penyerapan 8,6989 mg/g, sedangkan Cd(II) pada temperatur 50°C dengan kapasitas penyerapan 1,4382 mg/g. Tetapi untuk penggunaan sorbent serbuk kulit manggis yang tidak ditarik zat warnya pada 27°C sudah mencapai penyerapan optimum[5].

Aplikasi kondisi optimum terhadap larutan bikomponen

Hasil kapasitas penyerapan ion Pb(II) dan Cd(II) dalam larutan multikomponen dimana kedua logam tersebut dicampurkan dapat dilihat pada Tabel 1 dengan pH 5, ukuran partikel 250 μm, waktu kontak 60 menit, dan suhu 70°C:

Dalam penelitian sebelumnya dengan menggunakan serbuk kulit manggis yang tidak ditarik zat warnanya kapasitas penyerapan ion logam Pb(II) dalam larutan bikomponen 0,6367mg/g sedangkan untuk ion logam Cd(II) 0,110 mg/g.

Tabel 1: Data kapasitas penyerapan Pb(II) dan Cd(II) dalam sampel larutan bikomponen

Konsentrasi	Pb(II)	Cd(II)
$[logam]_{awal}$ (ppm)	9,8351	8,1859
$[logam]_{akhir}$ (ppm)	2,0000	5,8942
Q (mg/g)	0,3918	0,1146

Aplikasi kondisi optimum terhadap penyerapan limbah

Tabel 2 : Data kapasitas penyerapan Pb(II) dan Cd(II) dalam sampel air limbah laboratorium Kimia Lingkungan

Konsentrasi	Pb(II)	Cd(II)
$[logam]_{awal}$(ppm)	1,7938	7,5609
$[logam]_{akhir}$(ppm)	0,3505	6,4471
Q (mg/g)	0,0722	0,0557

Dari data diatas dapat dilihat bahwa aplikasi kondisi optimum kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya memberikan hasil kapasitas penyerapan jauh lebih kecil daripada hasil yang didapatkan pada larutan standar dimana hanya terdapat satu ion logam. Hal ini disebabkan karena air limbah mengandung ion logam lain, senyawa serta matriks-matriks lain, maka kompetisi akan terjadi dalam menempati sisi aktif permukaan sel kulit manggis tersebut. Penurunan kapasitas penyerapan ini juga terjadi dalam penggunaan serbuk kulit manggis yang tidak ditarik zat warnanya yaitu dengan kapasitas penyerapan ion logam Pb(II) 0,040 mg/g dan Cd(II) 0,1349 mg/g.

KESIMPULAN

Serbuk kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya berpotensi digunakan sebagai biosorben logam berat yang baik karena daya serapnya yang cukup tinggi dan ketersedian material yang cukup banyak serta proses pengerjaan yang relative mudah.

Serbuk kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya mempunyai kemampuan yang lebih baik untuk menyerap ion logam dibanding dengan yang belum ditarik zat warnanya

Kondisi optimum penyerapan untuk ion logam Pb(II) diperoleh dengan berat raw material 0,5 g, pH 3, ukuran partikel 180μm, konsentrasi 275ppm, waktu kontak 30 menit dan suhu 70°C dengan kapasitas 8,6989 mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

1. R. Zein. *Penyerapan Ion Logam dengan Menggunakan Biomaterial sabut Kelapa sawit* .Laboratorium Kimia Lingkungan. Universitas Andalas.2001
2. E. Munaf, R. Zein, dkk. *Penyerapan ion kromium dalam air limbah oleh biosorben kulit kacang dengan pendeteksi spektrofotometri serapan atom.* Laboratorium kimia Lingkungan. Universitas Andalas
3. Deswati, E. Munaf, dkk. *Pemanfaatan Lumut (music) sebagai penyerap ion logam besi, cadmium, tembaga, kromium dan seng dalam air limbah.* Laboratorium kimia analisa Lingkungan. Universitas Andalas.2000
4. P.X Sheng, Y. P. Ting,J. P. Chen, and L. Hong. *Sorption of lead, copper, cadmium, zinc, and nickel by marine algal biomass : characterization of biosorptive capacity and investigation of mechanisms.*Journal of Colloid and Interface Science.2004
5. F. Earnestly, *Pemanfaatan Kulit Manggis (Garcinia mangostana L.) sebagai bahan penyerap ion Pb(II), Ni(II), Cd(II) dan Cr(V).*Tesis, Universitas Andalas.2007
6. D. Juanda, B. Cahyono. *Manggis budidaya dan analisis usaha tani.* Kanisius. Yogyakarta 2000
7. Palar, Heryanto.*Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat.* Rineka Cipta. Jakarta, 1994.
8. Vijayaraghavan, K,J.Jegan, K.Palanivelu, M. Velan. *Biosorption of copper, cobalt, and nickel by marine green alga Ulva reticulate in packed column.* Chemosphere.2005
9. A. L. Delgado, A.M. Anserlmo, J.M. Novais. 1998. *Heavy Metal Biosorption by Dried Powdered Mycelium of Fusarium falciparum. J. Water Res.* 70 (**3**): 370-374
10. W.R.Novia. *Penanggulangan ion logam Timbal dalam air Limbah dengan Serbuk gergaji kayu timbalum.* Skripsi sarjana kimia, Universitas Andalas.2006
11. T. Chasteen,. *Atomic Absorption Spectroscopy.* Department of Chemistry, Sam Houston State University Huntsville. Texas.2000
12. A. Shigyo, S. Miki, T. Kaneta, and T. Imasaka. *Absorption Spektrometry Using a Diffractive optical element constructed by gel electrophoresis.*The Japan Society for Analytical Chemistry.2003
13. R. Zein. *Mekanisme Biosorpsi ion Tembaga, Kadmium danm Kromium oleh Gangga Coklat.*Lembaga Penelitian Universitas Andalas.2001
14. D. Liping, Y. Su, X. Wang, X. Zhu. Sorption and desorption of Lead (II) from wastewater by greean algae *Cladophora fascicularis.*Journal of Hazardous Material.2006.